

**ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԳՐԱԴԻԵՆՏԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍԵՆՔԵՐՈՒՄ  
ՋԵՌՈՒՑՄԱՆ ՏԱՐԲԵՐ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՀԱՄԱՏԵՂ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ**

**Սերգեյ Աշոտի Մինասյան\*, Աննա Կառլենի Քարամյան, Տիգրան Դավիթի Մանուկյան**

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

*\*sergey.minasyan@yahoo.com*

*Հողվածի նպատակն է գնահատել, թե ինչպես է ջերմաստիճանային գրադիենտը փոփոխվում սենյակում, կախված ջեռուցման աղբյուրի տեսակից՝ միայն ջեռուցման մարտկոցի, միայն կասետային տիպի օդորակիչի կամ երկու սարքերի համատեղ շահագործման պայմաններում: Կատարված փորձի նպատակն է ուսումնասիրել, թե ինչպես է այս երկու համակարգերի համակցումն ազդում ջերմային բաշխման համաչափության և հարմարավետության մակարդակի վրա: Այս նպատակին հասնելու համար իրականացվել են մի շարք չափումներ, կիրառելով տարբեր ջերմաստիճանային պայմաններ և չափիչ սարքեր: Կատարվել են սենյակում օդի ջերմաստիճանի, խոնավության չափումներ տարբեր բարձրությունների վրա, ջեռուցման տարբեր աղբյուրների գործարկման ժամանակ: Փորձերի արդյունքում ստացվել է, որ ստատիկ ջեռուցման աղբյուրի (ջեռուցման մարտկոց) և օդի շրջանառությամբ ջեռուցիչի (կասետային տիպի օդորակման ներքին բլոկ) համակցումը նպաստում է սենքում ջերմաստիճանային գրադիենտի հավասարակշռված ուղղահայաց բաշխմանը, ապահովելով ջերմային հարմարավետության բարձր մակարդակ: Արդյունքները կարող են օգտագործվել ինչպես ջեռուցման և հովացման համակարգերի նախագծման, այնպես էլ դրանց կիրառման նպատակահարմարության գնահատման համար:*

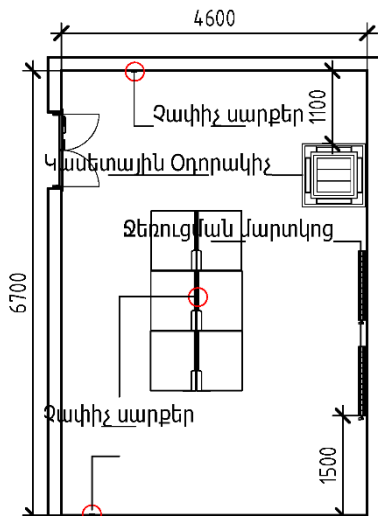
***Բանալի բառեր.** ջերմաստիճանային գրադիենտ, ջեռուցման մարտկոց, օդային ջեռուցում, ջերմային հարմարավետություն, էներգաարդյունավետություն*

### **Ներածություն**

Ջերմաստիճանային բաշխումը փակ տարածքներում հանդիսանում է ինչպես հարմարավետության, այնպես էլ էներգաարդյունավետության հիմնական գործոններից մեկը: Միջազգային փորձը ցույց է տալիս, որ տարբեր տեսակի ջեռուցման և օդորակման համակարգերի օպտիմալ համադրումը հնարավորություն է տալիս բարելավել ջերմային հարմարավետության մակարդակը, նվազեցնելով էներգիայի սպառումը [1-3]: Հարմարավետության ապահովումը հատկապես կարևոր է մարդկանց մշտական գտնվելու վայրերում, քանի որ մարդկանց կենսաբանական ռիթմերը զգայուն են ջերմաստիճանային տատանումների նկատմամբ: Սենյակում ջերմաստիճանային գրադիենտը բնութագրում է ջերմաստիճանի փոփոխությունը բարձրության և տարածության վրա: Ավանդական ջեռուցման մարտկոցները հիմնականում ապահովում են ջերմության ուղղահայաց բաշխումը, որը կարող է հանգեցնել այնպիսի իրավիճակների, երբ հատակի մոտ

սառն է, իսկ առաստաղի մոտ՝ տաք: Կասետային տիպի օդորակման ներքին բլոկի կիրառումը կարող է լուծել այս խնդիրը՝ օժանդակելով օդի հոսքի հավասարաչափ բաշխմանը:

Տվյալ հետազոտությունն իրականացվել է Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի (ՃՇՀԱՀ) Ջերմագազամատակարարման և օդափոխության ամբիոնի (ՋԳՍՕ) հովացման և ջեռուցման ֆրեոնային կենտրոնացված մուլտիզոնային համակարգերի լաբորատոր սենքում (երկ. 6,7 մ, լայն. 4,6 մ, բարձ. 3,8 մ): Փորձը կատարվել է ջեռուցման սեզոնին, մի քանի օրերի ընթացքում: Ջերմային աղբյուրների և չափիչ սարքերի դիրքը պատկերված է նկ. 1 և նկ. 2-ում:



Նկ. 1. Լաբորատոր սենքի հատակագիծ



Նկ. 2. Լաբորատոր սենք

Որպես չափիչ սարքեր օգտագործվել են՝ կոնտակտային ջերմաչափեր, խոնավաչափեր և ինֆրակարմիր ջերմացույց, որոնց վերաբերյալ տվյալները ներկայացված են աղ. 1-ում: Սարքավորումների այս համալիրը հնարավորություն է տալիս գրանցել ջերմաստիճանային տվյալներ ինչպես օդի, այնպես էլ հատակի և պատի մակերևույթների վերաբերյալ: Օգտագործելով այս միջոցները՝ հնարավոր է գնահատել ոչ միայն ջերմային բաշխման հավասարաչափությունը, այլև դրա ազեցությունը սենյակի ընդհանուր ջերմային հարմարավետության վրա [4-6]:

Աղյուսակ 1

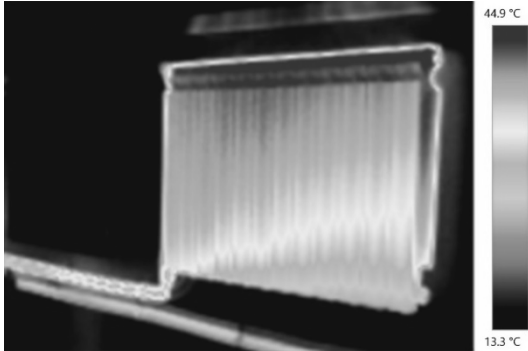
Փորձերում օգտագործված չափիչ սարքերի տեխնիկական տվյալները

| Անվանումը              | Տեսակը      | Սարքի մակնիշը | Չափման տիրույթը |
|------------------------|-------------|---------------|-----------------|
| Ջերմաչափ               | կոնտակտային | техноак TK-5  | -20...+50 °C    |
| Խոնավաչափ              | կոնտակտային | -             | 0...100 %       |
| Ինֆրակարմիր ջերմացույց | -           | Testo 876     | -               |

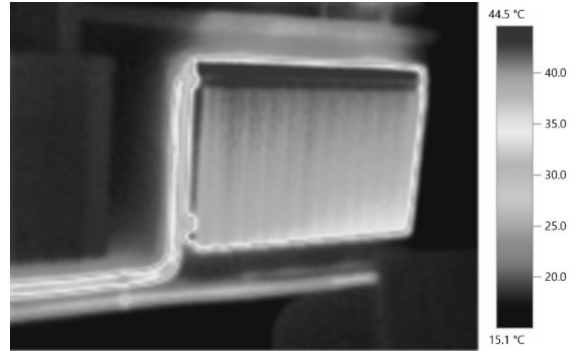
### Նյութեր և մեթոդներ

Փորձը կատարվել է նախապես չջեռուցված, փակ սենքում՝ բացառելով ջերմային այլ աղբյուրների առկայությունը: Փորձերի տևողությունը 6 օր է, 6...8 ժամ՝ յուրաքանչյուրը: Ուղղահայաց ջերմաստիճանային բաշխումը գնահատելու համար կատարվել են չափումներ՝ հատակից 0,1 մ,

1,5 ս, 2,2 ս բարձրությամբ մակարդակների վրա կոնտակտային ջերմաչափերի միջոցով: Ինֆրակարմիր ջերմացույցի կիրառումը հնարավորություն է տվել չափել պատերի, հատակի և առաստաղի մակերեսների ջերմաստիճանը, ինչը կարևոր է ջերմային ճառագայթման ազդեցությունը հասկանալու համար [7, 8]: Ստացված տվյալներն օգտագործվել են ջերմաստիճանային դաշտերի պատկերավոր ներկայացման համար (նկ. 3, 4):



Նկ. 3. Ինֆրակարմիր ջերմացույցի պատկեր 1



Նկ. 4. Ինֆրակարմիր ջերմացույցի պատկեր 2

Փորձը ներառում է հետևյալ փուլերը:

1. Օր՝ առաջին, երկրորդ: Նախքան ջեռուցման համակարգի գործարկումը, չափվում են սենքում ըստ բարձրության օդի ջերմաստիճանային բաշխման տվյալները: Այնուհետև միացվում են ջեռուցման մարտկոցները: Մենքում ջերմային հավասարակշռություն հաստատվելուց հետո, ըստ նշված բարձրությունների կատարվում են օդի ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության չափումներ, ֆիքսվում է ջերմաստիճանի կայունացման ժամանակը: Փորձի արդյունքները ներկայացված են աղ. 2-ում:

Աղյուսակ 2

*Միայն ջեռուցման մարտկոցներով ջեռուցվող սենքում օդի ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության արժեքները նշված բարձրություններում, ջերմաստիճանի կայունացման ժամանակը*

| Չափիչ սարքի տեղադրման բարձրությունը հատակից, $H_1$ , ս | Արտաքին օդի միջին ջերմաստիճանը փորձի ընթացքում, $T_w$ , $^{\circ}C$ | Սենքի օդի նախնական ջերմաստիճանը, $T_{1w}$ , $^{\circ}C$ | Ջերմաստիճանային կայունացումից հետո սենքի օդի ջերմաստիճանը, $T_1$ , $^{\circ}C$ | Ջերմաստիճանային կայունացումից հետո սենքում օդի հարաբերական խոնավությունը, % | Փորձի տևողությունը, $t$ /ջերմաստիճանի կայունացման ժամանակ |
|--|---|---|--|---|---|
| Օր առաջին  |   |   |  |   |   |
| 0,5  | 2,4   | 15,0  | 16,7   | 38,0  | 8/5,5   |
| 1,5  |   | 15,7  | 17,5   | 37,4  |   |
| 2,2  |   | 16,2  | 19,1   | 30,7  |   |
| Օր երկրորդ   |   |   |  |   |   |
| 0,5  | 3,4   | 15,2  | 16,9   | 37,5  | 7/5,2   |
| 1,5  |   | 15,8  | 17,5   | 37,2  |   |
| 2,2  |   | 16,4  | 19,3   | 30,5  |   |

2. Օր՝ երրորդ, չորրորդ: Նախքան սենքի ջեռուցումը, նորից կատարվում են ըստ բարձրության օդի ջերմաստիճանային բաշխման չափումները: Այս անգամ ջեռուցման համար գործարկվում է միայն կասետային տիպի օդորակման ներքին բլոկը, որի դեպքում սենքի տաքացումը կատարվում է օդային ջեռուցմամբ, օդի ուղղորդված շրջանառության շնորհիվ: Ջերմային հավասարակշռության հաստատումից հետո, ըստ նշված բարձրությունների չափվում և գրանցվում են օդի ջերմաստիճանը, ինչպես նաև հարաբերական խոնավությունը:

**Աղյուսակ 3**

**Մենքում օդի ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության արժեքները նշված բարձրություններում օդի ուղղորդված շրջանառությամբ ջեռուցման դեպքում, ջերմաստիճանի կայունացման ժամանակը**

| Չափիչ սարքի տեղադրման բարձրությունը հատակից, $H_1, մ$ | Արտաքին օդի ջերմաստիճանը, $T_w, ^\circ C$ | Սենքի օդի նախնական ջերմաստիճանը, $T_{2ա}, ^\circ C$ | Ջերմաստիճանային կայունացումից հետո սենքի օդի ջերմաստիճանը, $T_2, ^\circ C$ | Ջերմաստիճանային կայունացումից հետո սենքում օդի հարաբերական խոնավությունը, % | Փորձի տևողությունը, ժ/ջերմաստիճանի կայունացման ժամանակ |
|---|---|---|--|---|--|
| <b>Օր երրորդ</b>                                      |   |   |  |   |  |
| 0,5   | 5,8                                       | 14,5  | 17,2   | 33,6  | 6,5/4,5  |
| 1,5   |   | 14,8  | 18,1   | 31,8  |  |
| 2,2   |   | 15,2  | 19,1   | 30,5  |  |
| <b>Օր չորրորդ</b>                                     |   |   |  |   |  |
| 0,5   | 6,2                                       | 14,8  | 17,3   | 33,4  | 6,0/4,2  |
| 1,5   |   | 15,3  | 18,4   | 31,5  |  |
| 2,2   |   | 15,7  | 19,5   | 30,2  |  |

3. Օր՝ հինգերորդ, վեցերորդ: Փորձը կրկնվում է նույն հաջորդականությամբ, այս անգամ ջեռուցման նպատակով կես հզորությամբ միաժամանակ գործարկվում են ջեռուցման մարտկոցը և կասետային բլոկը: Ջեռուցման երկու աղբյուրների համակցության տվյալները ներկայացված են աղ. 4-ում:

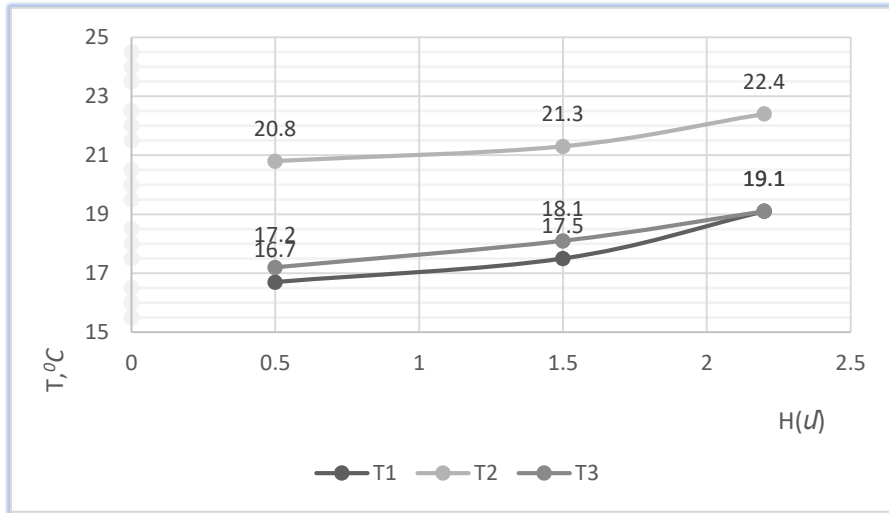
**Աղյուսակ 4**

**Մենքում օդի ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության արժեքները նշված բարձրություններում համակցված ջեռուցման դեպքում, ջերմաստիճանի կայունացման ժամանակը**

| Չափիչ սարքի տեղադրման բարձրությունը հատակից, $H_1, մ$ | Արտաքին օդի ջերմաստիճանը, $T_w, ^\circ C$ | Սենքի օդի նախնական ջերմաստիճանը, $T_{3ա}, ^\circ C$ | Ջերմաստիճանային կայունացումից հետո սենքի օդի ջերմաստիճանը, $T_3, ^\circ C$ | Ջերմաստիճանային կայունացումից հետո սենքում օդի հարաբերական խոնավությունը, % | Փորձի տևողությունը, ժ/ջերմաստիճանի կայունացման ժամանակ |
|---|---|---|--|---|--|
| <b>Օր հինգերորդ</b>                                   |   |   |  |   |  |
| 0,5   | 3,2                                       | 14,8  | 17,9   | 30,1  | 5,5/3,5  |
| 1,5   |   | 15,1  | 18,2   | 29,5  |  |
| 2,2   |   | 15,6  | 19,4   | 29,2  |  |
| <b>Օր վեցերորդ</b>                                    |   |   |  |   |  |
| 0,5   | 4,2                                       | 14,8  | 18,0   | 30,0  | 5,5/3,2  |
| 1,5   |   | 15,3  | 18,4   | 29,3  |  |
| 2,2   |   | 15,8  | 19,4   | 29,2  |  |

**Արդյունքներ և քննարկում.**

Ուսումնասիրության արդյունքների վերլուծությունը ցույց տվեց, որ միայն ջեռուցման մարտկոցներով ջեռուցման դեպքում ջերմաստիճանային բաշխումն անհավասարաչափ է՝ առաստաղի մոտ տաք օդի կուտակման շնորհիվ առաջանում է ջերմաստիճանային զգալի տարբերություն հատակի և առաստաղի միջև՝ 2,1 °C (նկ. 5) [9]: Մենքում կայուն ջերմաստիճանի հաստատման ժամանակը նույնպես բավականին մեծ է, գրեթե 5,2...5,5 ժամ (աղ. 2):



**Նկ. 5. Մենքում ջերմաստիճանի փոփոխման գրաֆիկ կախված չափման բարձրությունից.  
 T1-Ներսի օդի ջերմաստիճան՝ օր 1, 2  
 T2-Ներսի օդի ջերմաստիճան՝ օր 3, 4  
 T3-Ներսի օդի ջերմաստիճան՝ օր 5, 6**

Հատկանշական է, որ մարտկոցի և կասետային տիպի օդորակման ներքին բլոկի համատեղ աշխատանքը նպաստեց ավելի արագ ջերմային հավասարակշռության հաստատմանը, ինչը զգալիորեն բարելավեց ջերմային հարմարավետության մակարդակը: Այնուամենայնիվ, օդորակիչի ակտիվացումը հանգեցրեց օդի հոսքի ավելացման, ինչը կարող է ցանկալի չլինել, կախված տարածքի բարձրությունից և այնտեղ գտնվող մարդկանց գործունեությունից [10-12]: Փորձերի արդյունքում ստացված ջերմաստիճանի կայունացման ժամանակը, *t*, ժամ, ևս կարևոր է ոչ միայն ջերմային հարմարավետության ապահովման, այլև էներգիայի արդյունավետության տեսանկյունից, ինչը կարևոր է ժամանակակից համակարգերի նախագծման համար [13]:

**Եզրակացություն**

- Ջեռուցման մարտկոցի և օդային ջեռուցման աղբյուրների համակցումը նպաստում է ջերմաստիճանային դաշտի ավելի հավասարակշռված բաշխմանը, ապահովելով բարձր ջերմային հարմարավետություն, ջերմաստիճանի փոփոխությունը՝ 1°C:
- Առաջին անգամ լաբորատոր պայմաններով փորձարկվել է ջեռուցման մարտկոցի (կոնվեկտիվ և ճառագայթային ջերմատվություն) և կասետային օդորակիչի (օդի շրջանառություն) միաժամանակ աշխատանքի դեպքում ջերմաստիճանների փոփոխությունն ըստ

սենքի բարձրության: Փորձի արդյունքների համաձայն առավել արագ ջերմաստիճանալին կայուն վիճակը հաստատվում է տարբեր ջերմադրյունների միաժամանակ աշխատանքի արդյունքում:

### Գրականության ցանկ

- [1] **J. Smith, L. Brown**, Thermal Comfort in Modern Buildings, Academic Press., New York, 2015, 320 p.
- [2] **P. Jones, R. Taylor, D. Williams**, Efficient Heating and Cooling Systems. Wiley Publications, London, 2018, 250p.
- [3] **A. Johnson**, Impact of Heating Systems on Indoor Temperature Gradients. Journal of Building Performance (2019) 215-230.
- [4] **Y. Zhang, H. Chen**, Evaluation of Combined Heating and Cooling Systems for Energy Efficiency, Energy and Buildings (2020) 310-325.
- [5] **M. Garcia, S. Lee**, Infrared Thermometry in Building Performance Analysis, Springer-Verlag, Berlin, 2021, 280p.
- [6] **K. Muller**, Case Studies on Thermal Comfort Using Advanced Measurement Tools. International Journal of Energy Research (2020) 190-205.
- [7] **R. Kumar, S. Patel**, Assessing Thermal Gradients in Multi-Zone Indoor Environments. Building Research and Information (2019) 415-430.
- [8] **K. Takahashi**, Innovative Solutions for Sustainable Building Comfort, Kyoto Press, Tokyo, 2022, 220 p.
- [9] **N. Carter, J. Adams**, Building Physics and Thermal Comfort, Oxford University Press, Oxford, 2017, 360 p.
- [10] **T. O'Connor**, Comparative Analysis of Heating Methods in Cold Climates. Journal of Sustainable Architecture (2016) 98-112.
- [11] **Ս.Վ. Քարամյան**, Շենքերի ջերմատեխնիկական հարաչափերի գործիքային չափագրում: Ուսումնասիրողական ձեռնարկ. ՄԱԶԾ, Երևան, 2013, 55 էջ:
- [12] **ՀՀՇՆ22-01-2024**. Շինարարական կլիմայաբանություն. Հայաստանի Հանրապետության շինարարական նորմեր, 259 էջ:
- [13] **P. Mustakallio, R. Kosonen, M. Ruponen, N. Lastovets**, Influence of installation of displacement ventilation diffusers above occupied zone on the vertical temperature gradient in simulated office rooms, E3S Web of conferences CLIMA 2019 Congress 111, 02012 (2019) 5 p., <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911102012>.

### АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОТОПЛЕНИЯ

**Сергей Ашотович Минасян\*, Анна Карленовна Карамян, Тигран Давидович Манукян**

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

*\*sergey.minasyan@yahoo.com*

*В статье исследовано, как температурный градиент изменяется в помещении в зависимости от использования только радиатора отопления или его сочетания с кассетным кондиционером. Проведённый эксперимент направлен на изучение влияния комбинации этих двух систем на равномерность теплового распределения, уровень комфорта и энергопотребление. Для достижения этой цели было проведено несколько измерений с использованием различных температурных условий и измерительных приборов. Выполнены замеры температуры воздуха и влажности на разных высотах при*

различных режимах работы тепловых источников. Результаты могут быть полезны как для проектирования систем отопления и охлаждения, так и для разработки рекомендаций по их применению. Кроме того, исследование включает анализ энергоэффективности этих систем с учётом современных требований к комфорту и экономии ресурсов.

**Ключевые слова:** температурный градиент, отопительный радиатор, кассетный кондиционер, тепловой комфорт, энергоэффективность

## ANALYSIS OF TEMPERATURE GRADIENT CHANGES IN ROOMS WITH THE COMBINED USE OF DIFFERENT HEATING SOURCES

**Sergey Minasyan\*, Anna Karamyan, Tigran Manukyan**

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

*\*sergey.minasyan@yahoo.com*

*The purpose of the article is to assess how the temperature gradient changes in a room depending on the use of only a heating radiator or its combination with a cassette air conditioner. The experiment aims to study the impact of combining these two systems on the uniformity of thermal distribution, comfort levels, and energy consumption. To achieve this goal, a series of measurements were conducted under various thermal conditions using measuring devices. Air temperature and humidity were measured at different heights under different operating modes of heat sources. The results of the article can be useful for designing heating and cooling systems as well as for developing recommendations for their application. Additionally, the study includes an analysis of the energy efficiency of these systems, considering modern requirements for comfort and resource conservation.*

**Keywords:** *Temperature gradient, heating radiator, cassette air conditioner, thermal comfort, energy efficiency*

**Մինասյան Սերգեյ Աշոտի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ՋԳՄՕ ամբիոն, (+374)91408689, sergey.minasyan@yahoo.com, **Քարամյան Աննա Կարլենի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ՋԳՄՕ ամբիոն, (+374)98429265, a.karamyan@gmail.com, **Մանուկյան Տիգրան Դավիթի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ՋԳՄՕ ամբիոն, հայցորդ (+374)33373708, myan\_tigran@mail.ru

**Минасян Сергей Ашотович, д.т.н., профессор** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции, (+374)91408689, sergey.minasyan@yahoo.com, **Карамян Анна Карленовна, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции, (+374)98429265, a.karamyan@gmail.com, **Манукян Тигран Давидович** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции, соискатель, (+374)33373708, myan\_tigran@mail.ru

**Minasyan Sergey, Doctor of Science (engineering), professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of ventilation, gas and heat supply, (+374)98429265, sergey.minasyan@yahoo.com, **Karamyan Anna, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of ventilation, gas and heat supply, (+374)98429265, a.karamyan@gmail.com, **Manukyan Tigran** (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of ventilation, gas and heat supply, applicant, (+374)33373708, myan\_tigran@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 15.01.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 10.02.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2025թ.