

UDC 692.233

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-3-160-169>

შენობები გათბობის ნულოვანი ენერჯით

- ალექსი კოპალიანი** ჰიდროტექნიკისა და სამოქალაქო ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68
E-mail: kopianialeksi01@gtu.ge
- მამული გრძელიშვილი** ჰიდროტექნიკისა და სამოქალაქო ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68
E-mail: mamuligrdzelishvili@gtu.ge
- სოლომონ გოდერძიშვილი** ჰიდროტექნიკისა და სამოქალაქო ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68
E-mail: goderdzishvili.solomon@mail.ru

რეცენზენტები:

- დ. კუჭუხიძე**, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: d.kuchukhidze@gtu.ge
- ვ. ბოკერია**, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: bokeriavladimeri01@gtu.ge

ანოტაცია. გათბობის ნულოვანი ენერჯის შენობები მაღალი კლასის ენერგოეფექტური შენობებია, რომლებშიც ტემპერატურული რეჟიმის დასამყარებლად გათბობის სისტემის მოწყობა არ არის საჭირო. შენობების მოწყობა გათბობის სისტემის გარეშე იძლევა მილიონობით ტონა წიაღისეული სათბობის დაზოგვის და გარემოში CO₂-ის გაფრქვევის შემცირების შესაძლებლობას. განხილულია შენობათა შემომზადებული კონსტრუქციების თბური დაცვის პირობების და რეკუპერატორული სავენტილაციო სისტემების გამოყენების გავლენა შენობათა თბური დატვირთვის

შემცირებასა და კომფორტული გარემოს უზრუნველყოფაზე. სხვადასხვა სახის სამშენებლო მასალისაგან შემდგარი შემომზადებული კონსტრუქციების ტემპერატურულ-ტენიანობრივი რეჟიმის ანალიზის საფუძველზე დადგენილია ამ კონსტრუქციის თბოსაიზოლაციო შრის ის სისქე, რომელიც გათბობის ნულოვანი ენერჯის სახლებისათვის ისეთ ოპტიმალურ პარამეტრებს უზრუნველყოფს, როგორცაა: თბოგადაცემის კოეფიციენტი, შიგა ჰაერსა და გარე კედლის შიგა ზედაპირს შორის სანიტარიულ-ჰიგიენური ნორმებით გათვალისწინებული ნორმირებული ტემპერატურული სხვაობა და კედლის სიზრქეში მაქსიმალურად დასაშვები ფარდობითი ტენიანობა. გან-

ხილულია სავენტილაციო რეკუპერატორის გამოყენებით ნულოვანი ენერჯის სახლების ერთიანი თბომომარაგების სქემა გათბობის, ვენტილაციის და ცხელწყალმომარაგების მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: გათბობა-ვენტილაცია; ენერგოეფექტურობა; თბოგადაცემა; თბოიზოლაცია; თბური დატვირთვა; ნულოვანი ენერჯია; რეკუპერაცია; შენობათა თბური რეჟიმი.

შესავალი

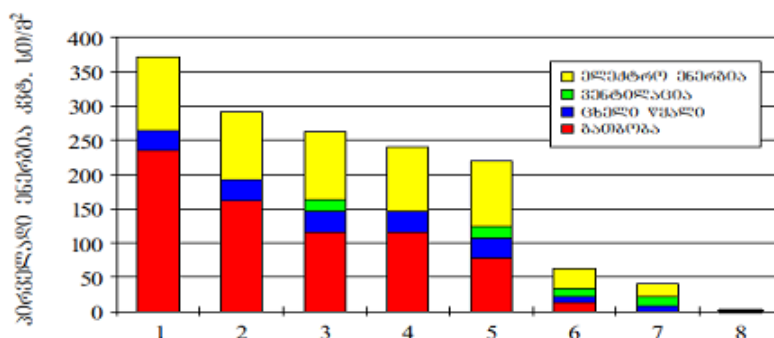
საცხოვრებელი სახლები გათბობის ნულოვანი ენერჯით ის სახლებია, რომლებშიც თბური კომფორტის დამყარება გათბობის სისტემის მოწყობის გარეშეა შესაძლებელი. უფრო მეტიც, ასეთი სახლები არც ჰაერის კონდიციონირების სისტემის მოწყობას საჭიროებს ზაფხულში. ეს სახლები მიეკუთვნება უმაღლესი დონის ენერგოეფექტურ შენობებს. მათში არ არსებობს წიაღისეულ სათბობზე (ბუნებრივი გაზი, თხევადი სათბობი, ქვანახშირი) მომუშავე თბოგენერატორები. ამიტომაც ასეთი შენობებიდან გარემოში CO₂-ის ემისია ნულის ტოლია.

საქართველოში არსებული და ყველა მშენებარე საცხოვრებელი სახლი ენერგოტევადია. მათი თბური დატვირთვა 300კვტ.სთ/მ²წ აჭარბებს. თბილისის კლიმატური პირობებისათვის, როდესაც გარე ჰაერის ტემპერატურა +10 გრადუსამდეა, 11/2 სისქის აგურისკედლებიან, 200-300კვ.მ, საცხოვრებელი სახლების გათბობისათვის საჭირო გაზის ხარჯი 6000მ³/სთ-მდეა, ანუ 60000კვტ.სთ (3000 ლარის ტოლფასი) მაშინ, როდესაც გათბობის ნულოვანი ენერჯის სახლებისათვის ასეთი დატვირთვა

ნულის ტოლია. აქედან გამომდინარე საცხოვრებელი სახლების მშენებლობა გათბობის სისტემის გარეშე გამართლებულია, როგორც ეკოლოგიურედ, ისე ეკონომიკურად

ძირითადი ნაწილი

XX საუკუნის 70-იანი წლების მსოფლიო ენერგეტიკულმა კრიზისმა ქვეყნების წინაშე დააყენა ენერგომომარების მნიშვნელოვანი შემცირების საკითხი. ენერჯის ყველაზე მსხვილი მომხმარებელია შენობა-ნაგებობები და აქედან გამომდინარე 1984 წელს პირველად ევროპაში (გერმანიაში) მიიღეს შენობათა თბური დაცვის წესები, WSchVO-1984 (Wärmeschutzverordnung-1984), რომლებიც ითვალისწინებდნენ შენობებში გათბობის მიზნით, თბური ენერჯის შემცირებას. შემდგომ ეს წესები თანდათან მკაცრდებოდა ვიდრე 1998 წელს არ შეიქმნა ე.წ. „პასიური სახლის“ სტანდარტი. შენობებში თბური ენერჯის შემცირების დინამიკა წლების მიხედვით ნაჩვენებია 1-ელ სურ-ზე. როგორც ამ გრაფიკიდან ჩანს, შენობებში მოხმარებული პირველადი ენერჯია 380კვტ.სთ/მ²წელ-დან შემცირდა 70კვტ.სთ/მ²წ-მდე, თითქმის 5,5-ჯერ. გათბობისათვის თბური ენერჯია კი 240-დან შემცირდა 15კვტ.სთ/მ²წ-მდე (პასიური სახლის სტანდარტამდე) თითქმის 16-ჯერ. შენობაში დამატებითი ღონისძიების ჩატარებით პასიური სახლი შეიძლება ვაქციოს გათბობის ნულოვანი ენერჯის სახლად. პასიური სახლებისგან განსხვავებით, გათბობის ნულოვანი ენერჯის სახლებში გამორიცხულია სახლის ავარიული გათბობის საჭიროება ზამთრის ყველაზე ცივი დღისთვისაც კი.

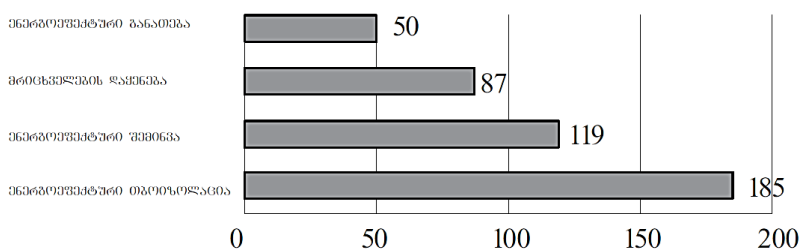


სურ. 1. შენობებში თბური ენერჯიის კლების დინამიკა წლების მიხედვით: 1-ძველი შენობები; 2-WSchVD 1984; 3-SBN 1990; 4-WSchVD 1995; 5-დაბალი ენერჯიების სახლი; 6-პასიური სახლი; 7-გათბობის ნულოვანი ენერჯიის სახლი; 8-ენერგოეფექტური სახლი

დღეისათვის გათბობის ნულოვანი ენერჯიის სახლების მშენებლობა პასიური სახლის სტანდარტებით [1] შესაძლებელია იმ პირობით, რომ სახლს ენერჯია ელექტროცხელწყალმომარაგებისათვის მიეწოდოს გარედან ან მოხდეს მისი გამომუშავება განახლებადი ენერჯიის ხარჯზე. ასეთი სახის საცხოვრებელი სახლები შეიძლება იყოს ნებისმიერი სართულიანობის. მნიშვნელოვანი ძალისხმევის შედეგად შესაძლებელი გახდა შენობებში გარედან მიწოდებული პირველადი ენერჯიის ნულამდე დაყვანა და ე.წ. ენერგეტიკულად თვითკმარი ან ენერგოდამოუკიდებელი სახლების აშენება, რის განხორციელებაც შესაძლებელია სახლის სახურავ-

ზე მზის ძვირად ღირებული ელექტროსადგურის მოწყობით. ასეთი შენობების აგება უფრო გამარტივებულია დაბალსართულიან ბინათმშენებლობაში (ინდივიდუალური საცხოვრებელი სახლები, კოტეჯები, თაუნჰაუსები და ა.შ.)

შენობათა გათბობის სისტემებში თბური ენერჯიის ნულამდე დაყვანა იწვევს წიაღისეული სათბობის კოლოსალურ დაზოგვას და გარემოში მილიონობით ტონა CO₂-ის გაფრქვევის თავიდან აცილებას წლის განმავლობაში. მე-2 სურ-ზე ნაჩვენებია ევროკავშირში წელიწადში გამონაბოლქვების პოტენციური შემცირება შენობებში სხვადასხვა სახის ენერგოეფექტური ღონისძიებების გატარებისას.



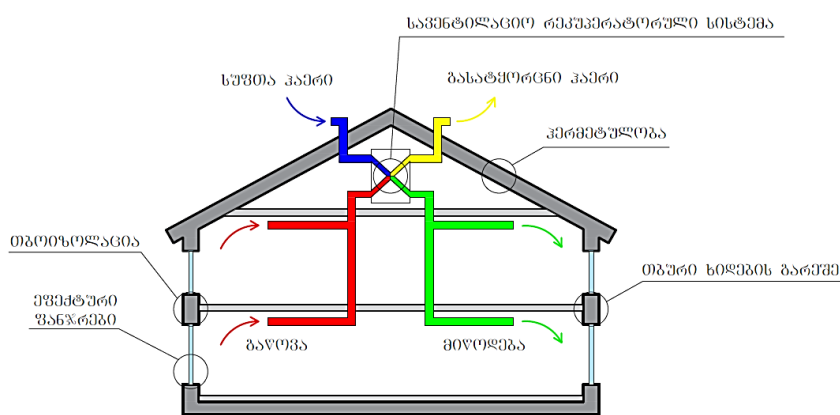
სურ. 2. გამონაბოლქვში CO₂-ის პოტენციური შემცირება მლნ.ტონა/წ.

გათბობის ნულოვანი ენერჯის სახლებისათვის შეგვიძლია ვისარგებლოთ პასიური სახლის მოწყობის კრიტერიუმებით, რომელთაგან აღსანიშნავია ხუთი ძირითადი:

- შემომზღვედი კონსტრუქციების (გარე კედლები, იატაკი, ჭერი) სრული, უწყვეტი თბოიზოლაცია. თბოგადაცემის კოეფიციენტი ყველა ამ კონსტრუქციისთვის უნდა იყოს $U \leq 0,15$ ვტ/მ²გრად;
- ფანჯრები და სხვა შემინული ზედაპირები უნდა იყოს ენერგოეფექტური, $U \leq 0,8$ ვტ/მ²გრად;

- შენობა უნდა აიგოს ყოველგვარი სიცივის ხიდების გარეშე;
- შენობა უნდა იყოს ჰერმეტიკული, ჰაერშეღწევა-ლობა $n \leq 0,6$ /სთ, როდესაც $\Delta P = 50$ პა;
- შენობა უნდა აღიჭურვოს მიმწოდ-გამწოვი რეკუპერატორული სავენტილაციო სისტემით.

მე-3 სურ-ზე ნაჩვენებია გათბობის ნულოვანი ენერჯის შენობის სქემატური ჭრილი იმ ხუთი ძირითადი პრინციპის ჩვენებით, რომლებიც ასეთი შენობების ასაგებად არის საჭირო.



სურ. 3. ენერგოეფექტური შენობა გათბობის ნულოვანი ენერჯით (პრინციპული სქემა)

გათბობის ნულოვანი ენერჯის სახლების ფუნქციონირებისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს შენობის გარსის კარგ თბოიზოლაციას, რაც შენობაში თბური ენერჯის დაზოგვის და მაღალი თბური კომფორტის უზრუნველყოფის საშუალებას იძლევა. დაუშვებელია შემომზღვედი კონსტრუქციებში ხვრელების, არხების ან სხვა სახის თბოგამტარი ჩანართების მოწყობა.

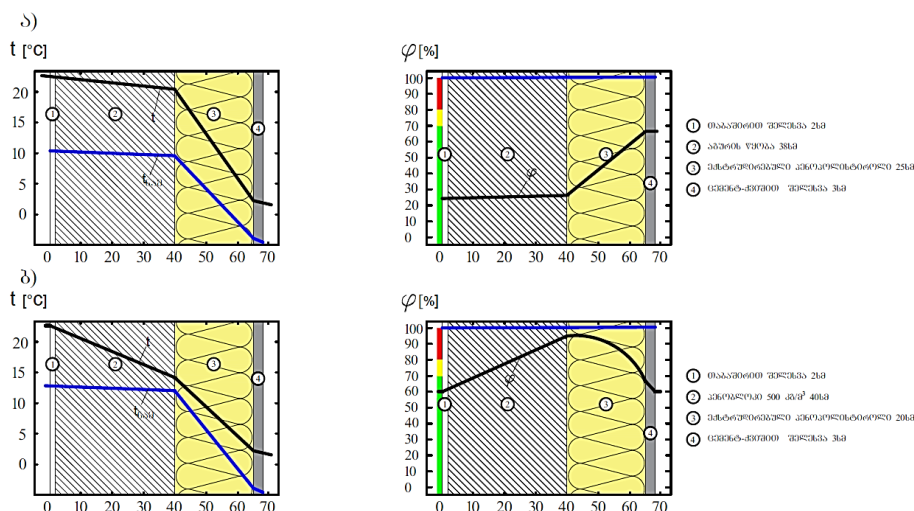
ცხრილში მოცემულია ერთშრიანი შემომზღვედი კონსტრუქციის სისქეები, რომლებიც პასიური (ნულოვანი) სახლის სტანდარტულ თბოგადაცემას ($U \leq 0,15$ ვტ/მ²გრად) უზრუნველყოფს.

ცხრილში მოცემული სიდიდეები სარეკომენდაციო ხასიათისაა. რეალური დაპროექტებისას კი საჭიროა ჩავატაროთ შემომზღვედი კონსტრუქციების თბოტექნიკური ანგარიში და განვსაზღვროთ მათი თბოგადაცემის კოეფიციენტი მშენებლობის ადგილის კლიმატური მონაცემების მიხედვით. კონსტრუქციის სიზრქეში ტემპერატურისა და ტენიანობის განაწილების შესწავლით უნდა დავადგინოთ ხდება თუ არა კონსტრუქციაში დიფუნდირებული წყლის ორთქლის კონდენსაცია.

მასალა	თბოგამტარობის კოეფიციენტი, λ ვტ/მ ⁰ ც	შრის სისქე (მ) ($U=0,15$ ვტ/მ ² 0C
სტანდარტული ბეტონი	2,1	15,8
აგური	0,8	6,02
ღრუტანიანი აგური	0,4	3,01
წიწვოვანი ხის ჯიშები	0,13	0,98
ფორებიანი აგური უჯრედოვანი ბეტონი	0,11	0,83
ნამჯის ფუთები	0,055	0,41
ეფექტური დამათბუნებელი	0,04	0,3
მაღალეფექტური დამათბუნებელი	0,025	0,19
ნანოფოროვანი სუპერდამათბუნებელი ნორმა- ლური წნევით	0,015	0,11
ვაკუუმური თბოიზოლაცია (კაჟმიწა)	0,008	0,06
ვაკუუმური თბოიზოლაცია (ღრმა ვაკუუმი)	0,002	0,015

მე-4 სურ-ზე ნაჩვენებია 38სმ სისქის აგურის კედლის და 40სმ პენობლოკის ($\rho=500$ კგ/მ³) სიზრქეში ტემპერატურისა (t) და ფარდობითი ტენიანობის (φ) ცვლილების გრაფიკი თბილისის კლიმატური პირობებისათვის ($t_{\text{ანვ}}=2^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{ანვ}}=60\%$). ორივე კედელი გარედან დათბუნებულია ექსტრუდირებული პენოპოლისტიროლის ფილებით ($\lambda=0,04$ ვტ/მ⁰ც). თბოსაიზოლაციო შრეების სისქეები აგურისათვის გამოდის 25სმ, პენობლოკისათვის კი – 20სმ. შესაბამისად, თბოგადაცემის სიდიდეებია აგურისათვის 0,14 ხოლო პენობლოკისათვის 0,12ვტ/მ²0C, რაც ნულოვანი ენერგიის შენობების ერთ-ერთ ძირითად კრიტერიუმს

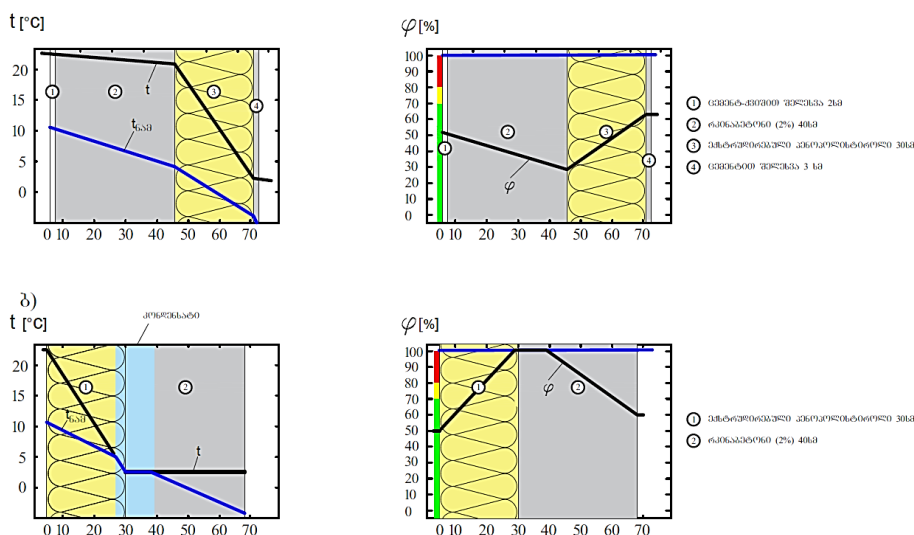
$U \leq 0,15$ ვტ/მ²0C აკმაყოფილებს. თუ გადავხედავთ ტენიანობის გრაფიკს დავინახავთ, რომ არცერთ შემთხვევაში კედლის სიზრქეში ტენი არ წარმოიქმნება, რადგანაც $\varphi < 100\%$. აგურის კედლისათვის მაქსიმალური ტენიანობა აღწევს 59%-ს, ხოლო პენობლოკისთვის – 81%-ს. უნდა აღინიშნოს, რომ როდესაც $\varphi > 70\%$ (სურ. 4ბ) კედლის სიზრქეში შეიძლება განვითარდეს ობის რომელიღაც სახეები, მათი გამორიცხვა შეუძლებელია. საჭიროა დამატებითი ღონისძიებების გატარება. მაგალითად, ტენის ბარიერის მოწყობა ან თბოსაიზოლაციო მასალის შეცვლა უფრო ტენგამტარი თბოსაიზოლაციო მასალით.



სურ. 4. ტემპერატურის (t) და ფარდობითი ტენიანობის (φ) ცვლილების გრაფიკები:
 ა) აგურის კედელში; ბ) პენობლოკის კედელში

მე-5 სურ-ზე ნაჩვენებია 40სმ სისქის რკინაბეტონის კედლის სიზრქეში ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის ცვლილება, თბოიზოლაციის როგორც კედლის გარე, ისე შიგა ზედაპირებთან მოწყობით. გათბობის ნულოვანი ენერჯის უზრუნველსაყოფად თბოიზოლაციის სისქე ექსტრუდირე-

ბული პენოპოლისტიროლით უნდა იყოს მინიმუმ 30სმ. შესაბამისად, თბოგადაცემა ტოლია $U=0,13\text{ვტ/მ}^2\text{C}$. გარე დათბუნების შემთხვევაში კედლის სიზრქეში კონდენსატი არ გამოიყოფა, ხოლო მაქსიმალური ფარდობითი ტენიანობაა 60%, რაც კონსტრუქციაში ობის წარმოქმნას გამორიცხავს.



სურ. 5. ტემპერატურის (t, t_{გარე}) და ფარდობით ტენიანობის (φ) ცვლილების გრაფიკები რკინაბეტონის კედელში:
 ა) შიგა დათბუნებით; ბ) გარე დათბუნებით

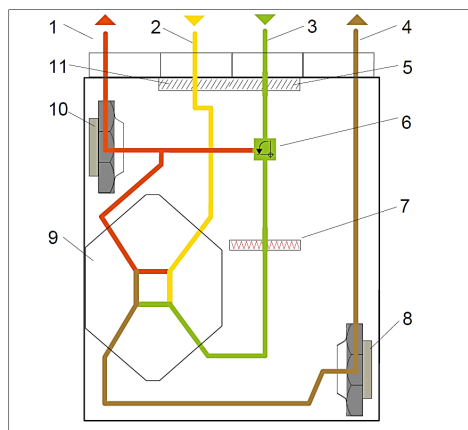
ხშირ შემთხვევაში კედლის გარე დათბუნება (სურ. 5, ა) ვერ ხერხდება, მაგალითად არსებული შენობის სარდაფის შემთხვევაში. ამ დროს საჭირო ხდება კედლის შიგა დათბუნება. შიგა დათბუნებისას კედლის სიზრქეში ტემპერატურა ეცემა ნამის წერტილზე დაბლა, რაც ბუნებრივია იწვევს კონდენსატის გამოყოფას და ობის ხანგრძლივი ვადით არსებობას (სურ. 5, ბ). ამ დროს გამოყოფილი ტენის რაოდენობა არის $3,64\text{გრ/მ}^2\cdot\text{სთ}$. ასეთი არასასურველი მოვლენის გამორიცხვა შესაძლებელია:

- თბოსაიზოლაციო შრის სისქის გაზრდით;
- უკეთესი თბოსაიზოლაციო მასალის გამოყენებით;
- ფარდობითი ტენიანობის შემცირებით.

ფარდობითი ტენიანობის შემცირებას უნდა მივმართოთ უკიდურეს შემთხვევაში, როდესაც ვერცერთი სხვა ხერხით კონდენსატის აღმოფხვრა ვერ ხერხდება.

ვინაიდან გათბობის ნულოვანი შენობები უნდა იყოს ჰერმეტიული, შენობაში ადგილი არ ექნება ჰაერის ინფილტრაციას, ამიტომ ასეთ შენობებში საჰაერო რეჟიმის უზრუნველსაყოფად შემოდის, როგორც ძირითადი ელემენტი, ჰაერის რეკუპერატორი, რომელთანაც მიერთებულია შენობის სავენტილაციო მიმწოდებელი და გამწოვი ჰაერსადენები.

რეკუპერატორი (სურ. 6) წარმოადგენს „ჰაერი-ჰაერის“ ტიპის თბოგადამცემს, რომელიც გასაწოვი ჰაერიდან ახდენს ზამთარში სითბოს, ზაფხულში კი სიცივის უტილიზაციას და მის დაბრუნებას კვლავ შენობაში, გარემოდან სათავსში მისაწოდებელი სუფთა ჰაერის მეშვეობით. რეკუპერატორული დანადგარის (რეკუპერატორის) პრინციპული სქემა ნაჩვენებია მე-6 სურ-ზე.



სურ. 6. სავენტილაციო სისტემის რეკუპერატორის პრინციპული სქემა: 1-მისაწოდებელი ჰაერი; 2-გასაწოვი ჰაერი; 3-გარე ჰაერი; 4-დაბინძურებული ჰაერი; 5-გარე ჰაერის ფილტრი; 6-ბაიპასის სარქველი; 7-ჰაერის წინასწარშემთბობი; 8-დაბინძურებული ჰაერის ვენტილატორი; 9-ჯვარედინასვლის თბოგადამცემი.

რეკუპერატორის ძირითადი მახასიათებელი სიდიდეა მისი ეფექტურობა და გამოითვლება ფორმულით

$$\eta = \frac{t_{\text{მიწ}} - t_{\text{გ}}}{t_{\text{წ}} - t_{\text{გ}}}, \quad (1)$$

სადაც

$t_{\text{მიწ}}$ არის მისაწოდებელი ჰაერის ტემპერატურა რეკუპერატორის შემდეგ ($^{\circ}\text{C}$);

$t_{\text{გ}}$ – გარე ჰაერის ტემპერატურა რეკუპერატორში შესვლამდე ($^{\circ}\text{C}$);

$t_{\text{წ}}$ – გასაწოვი ჰაერის ტემპერატურა რეკუპერატორამდე ($^{\circ}\text{C}$).

აღნიშნული ფორმულა ითვალისწინებს აშკარა სითბოს ცვლილებას ჰაერის ნაკადში. მაგრამ ჰაერის ნაკადში შეიძლება იცვლებოდეს მისი ფარდობითი ტენიანობაც, მაშინ უმჯობესია ანგარიში ვაწარმოოთ სრული სითბოს მიხედვით. ამ დროს რეკუპერატორის ეფექტურობა განისაზღვრება ჰაერის ნაკადების ენტალპიებით

$$\eta = \frac{i_{\text{მიწ}} - i_{\text{გ}}}{i_{\text{წ}} - i_{\text{გ}}}, \quad (2)$$

სადაც

$i_{აიფ}$ არის მისაწოდებელი ჰაერის ენტალპია რეკუპერატორის შემდეგ კვ/კვ;

i_b – გარე ჰაერის (რეკუპერატორამდე) ენტალპია კვ/კვ;

$i_{აიგ}$ – გასაწოვი ჰაერის (რეკუპერატორამდე) ენტალპია, კვ/კვ.

(1) და (2) ფორმულებიდან შეგვიძლია მივიღოთ რეკუპერატორის შემდეგ ანუ სათავსში მისაწოდებელი ჰაერის ტემპერატურის ($t_{აიფ}$) და ენტალპიის ანუ თბოშეცულობის ($i_{აიფ}$) საანგარიშო ფორმულები

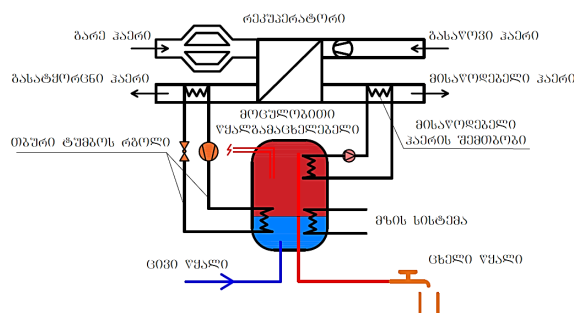
$$t_{აიფ} = t_g + (t_m - t_g)\eta \quad (3)$$

$$i_{აიფ} = i_g + (i_{აიგ} - i_g)\eta \quad (4)$$

პასიური სახლის სტანდარტის მიხედვით რეკუპერატორული დანადგარის ეფექტურობა უნდა იყოს $\geq 0,75$; რაც იმას ნიშნავს, რომ გაწოვილი სავენტილაციო ჰაერის მიერ დაბრუნებული თბური ენერგიის რაოდენობა $\geq 75\%$.

თანამედროვე რეკუპერატორების ეფექტურობა მაღალია, (90-95)% ფარგლებში. ასეთი მაღალი ეფექტურობის რეკუპერატორების გამოყენება გამოირიცხავს შენობის აქტიური გათბობის ან გაცივების აუცილებლობას. ამრიგად, რეკუპერატორული დანადგარის გამოყენებით ვაღწევთ, რომ შენობის გასათბობად სითბოს ხარჯი იყოს ნულის ტოლი. რეკუპერატორის შემდეგ ჰაერს საკმაოდ მაღალი ტემპერატურა აქვს. თუ მას დამატებით გავაცივებთ თბური ტუმბოს მეშვეობით, მივიღებთ თბურ ენერგიას, რომელიც საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის, ცხელი წყლის მოსამზადებლად და საჭირო. მე-7 სურ-ზე ნაჩვენებია შენობების თბური ენერგიით უზრუნველყოფის ერთიანი სქემა, სადაც რეკუპერატორში ართმეული თბური ენერგიის უტილი-

ზაციის ხარჯზე ხდება შენობის გათბობა (გაცივება), ვენტილაცია და ცხელწყალმომარაგება.



სურ. 7. გათბობის ნულლოვანი ენერგიის შენობის ერთიანი თბომომარაგების პრინციპული სქემა

რეკუპერატორიდან გარემოში გასაგდები ჰაერის ტემპერატურა ქალაქ თბილისში გარე ჰაერის წლიური საშუალო ტემპერატურის $t_{გ,საშ} = 13,4^{\circ}C$ დროს 12 გრადუსია. ამ ტემპერატურის ჰაერის გამოყენებისას თბური ტუმბოს სიმძლავრის (გარდაქმნის) კოეფიციენტი 5-ის ფარგლებშია, რაც წარმოდგენილი სქემის მაღალ ეფექტურობაზე მეტყველებს. შენობაში დამატებით კიდევ თუ მზის ენერგიას გამოვიყენებთ, მივიღებთ უმაღლესი კლასის ენერგოეფექტურ შენობას.

დასკვნა

გათბობის ნულლოვანი ენერგიის შენობები უზრუნველყოფს თბური კომფორტის შექმნას, გათბობის აქტიური სისტემების მოწყობის გარეშე. ასეთ შენობებში სავენტილაციო რეკუპერატორული სისტემების გამოყენებით ხდება მუდმივი ჰაერცვლა. გამორიცხულია წიაღისეული სათბობის დაწვა, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

ლიტერატურა

1. *PHPP Passivhaus-projektierungspaket*. (2021).;
 2. Stiebel-eltron.de. (2014). Planning manual, ventilation.;
 3. Government of Georgia. (2020). *Law of Georgia on Energy efficiency № 5900*.;
 4. European Parliament. (2010). *Directive of The European Parliament: EPBD 2010/31/EU*.;
 5. *DIN 1946 PART 6: Ventilation of residential buildings*. (2009).
-

UDC 692.233

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-3-160-169>

Zero Energy Buildings and Features of their Arrangement

Alex Kopalian	Department of Hydrotechnics and Civil Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68, M. Kostava str. E-mail: kopianialeksi01@gtu.ge
Mamuli Grdzelishvili	Department of Hydrotechnics and Civil Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68, M. Kostava str. E-mail: mamuligrdzelishvili@gtu.ge
Solomon Goderdzishvili	Department of Hydrotechnics and Civil Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68, M. Kostava str. E-mail: goderdzishvili.solomon@mail.ru

Reviewers:

D. Kuchukhidze, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: d.kuchuxidze@gtu.ge

V. Bokeria, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: bokeriavladimeri01@gtu.ge

Abstract. Zero heating energy buildings are high-class energy-efficient buildings that do not require a heating system to maintain the temperature regime. Setting up buildings without a heating system provides the opportunity to save millions of tons of fossil heating and reduce the emission of CO₂ into the environment. The influence of the thermal protection conditions of the surrounding constructions of the buildings and the use of recuperative

ventilation systems on reducing the thermal loads of the buildings and providing a comfortable environment is discussed.

Based on the analysis of the temperature-humidity regime of the enclosing constructions made of different types of building materials, the thickness of the thermal insulation layer of this construction is determined, which provides such optimal parameters for zero-energy heating houses, such as: heat transfer coefficient, the normed ratio between the indoor air and the inner surface of the outer wall, taking into account the sanitary-hygienic standards, temperature difference and the maximum allowable relative humidity in the thickness of the wall. A unified heat supply scheme for zero-energy houses for heating, ventilation and hot water supply using a ventilation recuperator is discussed.

Keywords: energy efficiency; heat load; heat transfer; heating-ventilation; recuperation; thermal insulation; thermal regime of buildings; zero energy

განხილვის თარიღი 22.03.2024

შემოსვლის თარიღი 25.03.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.09.2024