

სამოქალაქო მშენებლობა და სამშენებლო დაპროექტება

მრავალშრიანი თბოსაიზოლაციო საკედლე ბლოკები

ამირან გრძელიშვილი

amiran.grdzelishvili@atsu.edu.ge

დავით გრძელიშვილი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქუთაისი, საქართველო

DOI:<https://doi.org/10.52340/atsu.2026.1.27.13>

სტატიაში წარმოდგენილი მრავალშრიანი თბოსაიზოლაციო საკედლე ბლოკები რომლებიც გამიზნულია კარკასული ტიპის სამოქალაქო შენობების თვითმზიდი და არამზიდი კედლების ამოსაყვანად. ბლოკის ტექნიკური შედეგია თბოსაიზოლაციო მაჩვენებლების გაზრდა, რაც მიიღწევა ბლოკში თბოსაიზოლაციო შრეების განაწილებით ისე, რომ ბეტონის ძირითადი შრის გარე და შიგა ზედაპირები დაფარულია სითბოსაიზოლაციო ფენებით, რომლებიც გამოირჩევა მაღალი სითბური ინერციის მახასიათებლებით და აქვს თვისება, ტემპერატურის პერიოდული ცვალებადობის დროს შეინარჩუნოს სითბო, ან ნელა შეცვალონ ტემპერატურა კონსტრუქციაში, რაც გამორიცხავს ნამის წარმოქმნის შესაძლებლობას. კარკასული ტიპის სამოქალაქო შენობებში, წარმოდგენილი ბლოკით კედლების აგებისას, ფაქტიურად ერთდროულად მიმდინარეობს კედლის ამოყვანისა და მისი თბოსაიზოლაციო სამუშაოები, გამოირიცხება გარე და შიგა ზედაპირების შელესვის აუცილებლობა და შესაძლებელია უშუალოდ მოპირკეთების სამუშაოების ჩატარება.

საკვანძო სიტყვები: საკედლე ბლოკი, სითბომედეგობა, შენობა, ინტერიერი, ექსტერიერი

მშენებლობაში, ახალი ენერგოეფექტური მეთოდების, ტექნიკური საშუალებების და ტექნოლოგიების შემუშავება, წარმოებს მრავალი მიმართულებით, მაგრამ, შენობების ენერგოეფექტურობა ძირითადად დამოკიდებულია, გარე კედლების და გადახურვების ასაგები მასალების თბოტექნიკურ მახასიათებლებზე. შენობის რაციონალურად დაპროექტებული გარე შემომფარგლავი კონსტრუქციები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ თბოტექნიკურ მოთხოვნებს:

1. ახასიათებდეთ საკმარისი თბოდამცავი თვისებები, რათა უკეთ შეინარჩუნონ სათავსებში სითბო, წლის ცივ პერიოდში ან დაიცვან

ა. გრძელიშვილი, დ. გრძელიშვილი

სათავსები ზაფხულში მზით გადახურებისაგან;

2. ექსპლუატაციის დროს კედლის შიგა ზედაპირზე არ ჰქონდეთ ძალზე დაბალი, შიგა ჰაერის ტემპერატურისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავებული ტემპერატურა, რათა ავიცილოთ მათზე კონდენსატის წარმოშობა და ადამიანის ტანის გაცივება გამოსხივებითი თბოდანაკარგების გამო;

3. ახასიათებდეთ ჰაერშედწევადობა, არაუმეტეს დასაშვები ზღვრისა, რომლის შემდეგაც ჰაერგაცვლა დააქვეითებს შემომფარგლავის თბოდაცვის ხარისხს და გააცივებს სათავსს, შემომფარგლავთან ახლო მჯდომ ადამიანში გამოიწვევს გამჭოლი განიავების შეგრძნებას;

4. ინარჩუნებდნენ ნორმალური ტენიანობის რეჟიმს, გამომდინარე იქიდან, რომ შემომფარგლავის დანესტიანება ამცირებს მის ხანგრძლივობას და აუარესებს სათავსის სანიტარულ-ჰიგიენურ პირობებს.

შემომფარგლავის უმნიშვნელოვანეს თბოტექნიკურ თვისებას, წარმოადგენს, წინააღმდეგობა, მასში სითბოს გატარებისადმი ანუ თერმიული წინააღმდეგობა, რომელიც ხასიათდება, შემომფარგლავის შიგა და გარე ზედაპირების ტემპერატურათა სხვაობით, როცა 1 მ^2 ზედაპირზე, 1 საათის განმავლობაში, გადის 1 კკლ სითბო. შემომფარგლავის ერთგვაროვანი ფენის თერმიული წინააღმდეგობა იანგარიშება ფორმულით

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \text{ გრად. მ}^2. \text{ ს/კკალ}$$

სადაც, δ არის შემომფარგლავის სისქე მ-ში, λ - შემომფარგლავი მასალის თბოგამტარობის კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს, სითბოს რაოდენობას კილოკალორიებში, რომელსაც ატარებს, 1 საათის განმავლობაში, 1 მ სისქის შემომფარგლავის 1 მ^2 ფართობი, გარე და შიგა ზედაპირების ტემპერატურათა 1° სხვაობისას. რაც მეტია თერმიული წინააღმდეგობის სიდიდე, მით უკეთესია შემომფარგლავის თბოდაცვითი თვისება. თერმიული წინააღმდეგობის გაზრდისათვის საჭიროა ან გავზარდოთ შემომფარგლავის δ სისქე, ან შევამციროთ თბოგამტარობის λ კოეფიციენტი, ეკონომიის მიზნით, მომგებიანია გამოვიყენოთ მცირე თბოგამტარობის კოეფიციენტის მქონე მასალები, თუ ამასთანავე, დაცული იქნება შემომფარგლავის სათანადო სიმტკიცის პირობები. თბოგამტარობის კოეფიციენტის სიდიდე კი, ძირითადად დამოკიდებულია, მასალის მოცულობით წონაზე, ტენიანობასა და ტემპერატურაზე, რაც უფრო ნაკლებია მასალის მოცულობით წონა და მაშასადამე მეტია მასში სითბოს ცუდი გამტარი ჰაერით სავსე ფორები, მით ნაკლებია მისი თბოგამტარობის კოეფიციენტიც, მაგრამ, მოცულობით წონასა და თბოგამტარიანობას

შორის, არ არის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება, რადგანაც, უკანასკნელზე, არსებით გავლენას ახდენს, მასალის ბუნება და მისი სტრუქტურის ხასიათი.

სითბოს რაოდენობას, რომელიც გადის 1 საათის აგანმავლობაში 1 მ² შემომფარგლავში, ეწოდება სითბური ნაკადი და გამოსახება ფორმულით

$$q = \frac{\tau_{\text{გ}} - \tau_{\text{გ}}}{R} \text{ კკალ/მ}^2\text{ს.}$$

სადაც q - არის სითბოს რაოდენობა, კკალ.

$\tau_{\text{გ}}$ - შემომფარგლავის შიგა ზედაპირის ტემპერატურა;

$\tau_{\text{გ}}$ - შემომფარგლავის გარე ზედაპირის ტემპერატურა;

R - თერმული წინაღობა.

შემომფარგლავის სისქეში ტემპერატურა ეცემა სითბური ნაკადის შემომფარგლავში გავლისას მისი შიგა ზედაპირიდან გარესაკენ. ტემპერატურის დაწევას, განპირობებულს თერმული წინაღობით უწოდებენ ტემპერატურულ ვარდნას. აღსანიშნავია რომ სითბური ნაკადის შემომფარგლავში გავლისას ტემპერატურა ქვევით იწევს არა მარტო შემომფარგლავის მასალაში, არამედ მის ზედაპირებთანაც, ასე რომ შიგა ზედაპირის $\tau_{\text{გ}}$ ტემპერატურა ნაკლებია სათავსის ჰაერის $\tau_{\text{გ}}$ ტემპერატურაზე, ხოლო გარე ზედაპირის $\tau_{\text{გ}}$ ტემპერატურა მეტია გარე ჰაერის $\tau_{\text{გ}}$ ტემპერატურაზე. აქედან გამომდინარე, შემომფარგლავ კონსტრუქციებში სითბოს გატარების პროცესში ტემპერატურის დაქვეითება მისი თრმული წინაღობითაა გამოწვეული, ასეთი წინაღობა გვაქვს სითბური ნაკადის გადასვლის დროს შიგა ჰაერიდან შიგა ზედაპირზე და, აგრეთვე, გარე ზედაპირიდან გარე ჰაერზე სითბოს გადაცემის დროსაც. პირველი წინაღობა იწოდება თბოათვისების წინაღობად და აღინიშნება $R_{\text{გ}}$, მეორე თბოგადაცემის წინაღობად და აღინიშნება $R_{\text{გ}}$, ორივე სახის წინაღობა გაერთიანებული იწოდება თბოგადსვლის წინაღობად და განზომილება იგივეა, რაც თერმული წინაღობისა, ის გამოხატას ტემპერატურათა იმ სხვაობას ჰაერსა და შემომფარგლავის ზედაპირს შორის, რომლის თბონაკადი ჰაერსა და ზედაპირს შორის უტოლდება 1 კკალ/მ² საათ.

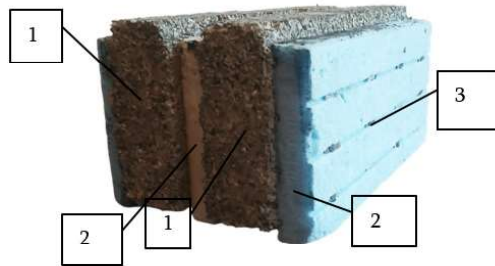
შემომფარგლავის თბოგადაცემის საკითხის განხილვისას გულისხმობენ რომ შემომფარგლავში გამავალი სითბო სტაციონალურია, ანუ მისი სიდიდე დროში არ იცვლება, ასეთი სითბური ნაკადი შეიძლება წარმოიშვას მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ შიგა და გარე ჰაერის ტემპერატურა ასევე არ იცვლება დროში, სინამდვილეში როგორც გარე, ასევე შიგა ტემპერატურა მუდმივი არ არის, მერყეობს დღე – ღამის განმავლობაში და უფრო დიდი პერიოდებითაც. ჰაერის ტემპერატურის პერიოდულ ცვალებადობას მივეყვართ შემომფარგლავისადმი

ა. გრძელიშვილი, დ. გრძელიშვილი

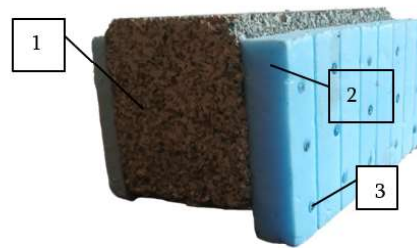
დამატებითი თბოტექნიკური მოთხოვნების საჭიროებამდე და ეს დამატებითი მოთხოვნები მდგომარეობს იმაში, რომ უზრუნველყოთ ტემპერატურის მინიმალური მერყეობა შემომფარგლავის შიგა ზედაპირზე, რათა სათავსში შევინარჩუნოთ კომფორტული პირობები და ამასთან ავიცილოთ კონდენსატის წარმოქმნა კონსტრუქციის ზედაპირზე. ტემპერატურის მერყეობა შიგა ზედაპირზე დამოკიდებულია არა მარტო შიგა და გარე ჰაერის ტემპერატურათა მერყეობაზე, არამედ თვით შემომფარგლავის თბოტექნიკურ თვისებებზეც. შემომფარგლავები, რომლებიც უზრუნველყოფენ შიგა ზედაპირზე ტემპერატურათა ნაკლებ მერყეობას, იწოდებიან **თბომედეგად**. ამრიგად, შემომფარგლავის თბომედგობად იწოდება მისი თვისება უზრუნველყოს ტემპერატურის შედარებითი მუდმივობა შიგა ზედაპირზე შემომფარგლავში გამავალი სითბური ნაკადის სიდიდის მერყეობისას. შემომფარგლავის თბომედეგობაზე მოქმედ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორად გვევლინება მისი ზედაპირის **თბოათვისება**, ანუ ამ ზედაპირის თვისებამეტი ან ნაკლები ხარისხით მიიღოს სითბო, სითბური ნაკადის პერიოდული მერყეობისას. მასალის თბოათვისება ხასიათდება თბოათვისების კოეფიციენტით S და იზომება კკლ/მ²ს/გრად. (ორლოვსკი, სერბინოვიჩი 1989).

ამჟამად, ჩვენ ქვეყანაში მიმდინარე სამოქალაქო მშენებლობებში, კარკასული ტიპის შენობების გარე შემომფარგლავი კედლების ამოსაყვანად, ბეტონის ბლოკი ყველაზე გავრცელებული და გამოყენებადია. ასეთი ბეტონის ბლოკებით ამოყვანილი კედლები (რომელთა სისქე უმეტესად 20 სმ-ია) გამოირჩევიან დაბალი სითბომედეგობით და ვერ აკმაყოფილებენ იმ მოთხოვნებს, რომელიც წაყენება თანამედროვე სამოქალაქო შენობებს ენერგოეფექტიანობის თვალსაზრისით. იმისათვის რომ გაიზარდოს გარე შემომფარგლავი კედლების თბოტექნიკური მახასიათებლები, საჭირო ხდება უკვე ამოყვანილ კედლების გარე და შიგა ზედაპირებზე თბოსაიზოლაციო სამუშაოების ჩატარება, რომელიც დამატებით ხარჯებთან და შრომატევადობის გაზრდასთან არის დაკავშირებული.

სტატიაში წარმოდგენილია მრავალშრიანი თბოსაიზოლაციო საკედლე ბლოკები (სასარგებლო მოდელი U 2025 2223 Y), რომელთა ტექნიკური შედეგია თბოსაიზოლაციო მაჩვენებლების გაზრდა, რაც მიიღწევა ბლოკში თბოსაიზოლაციო შრეების განაწილებით ისე, რომ ბეტონის ძირითადი შრის გარე და შიგა ზედაპირები დაფარულია სითბოსაიზოლაციო ფენებით, რომლებიც გამოირჩევა მაღალი სითბური ინერციის მახასიათებლებით და აქვს თვისება, ტემპერატურის პერიოდული ცვალებადობის დროს შეინარჩუნოს სითბო, ან ნელა შეცვალონ ტემპერატურა კონსტრუქციაში, რაც გამორიცხავს ნამის წარმოქმნის შესაძლებლობას.



ნახ.1.



ნახ.2.

ბლოკების კონსტრუქცია (ნახ. 1 და ნახ. 2) შედგება ძირითადი ბეტონის შრეებისაგან 1, ბეტონის შრის გარე და შიდა ზედაპირებზე და ასევე მათ შორის განთავსებული თბოსაიზოლაციო მასალის შრეებისაგან 2, ბლოკის შრეები ერთმანეთთან დაკავშირებულია პლასტმასის, ხრახნიანი ზედაპირის მქონე, ორივე მხარეს ბრტყელთავებიანი ღეროებით 3, ბლოკში თბოსაიზოლაციო ფენები განთავსებულია წანაცვლებით ისე, რომ ქვედა საგებ მხარეს წარმოქმნილია მცირე ზომის შვერილები და მათ შორის ღარები, ხოლო ბლოკის ზედა საგებ ზედაპირზე წარმოქმნილია ბეტონის შვერილები, რომლებიც გამიზნულია ქვედა საგებ ზედაპირზე არსებულ ღარებში განსათავსებლად.

ბლოკის შრეების სისქე, შემაკავშირებელი ღეროების დიამეტრი და რაოდენობა, განისაზღვრება შრეების მასალების და ექსპლუატაციის პირობების მიხედვით.

სამშენებლო ბლოკის ბეტონის შრეები შესაძლებელია მოეწყოს სხვადასხვა შემავსებელზე დამზადებული, როგორც მძიმე ასევე მსუბუქი ბეტონებით, წარმოდგენილი ბლოკების ძირითადი შრეები კი დამზადებულია მსუბუქი ბეტონისაგან რომელშიდაც შემავსებლ მასალად გამოიყენებულია პლასტმასის ნარჩენების, დამუშავებით (დაქუცმაცება, დაღერღვა, დაფქვა) მიღებული მასა, რომელიც გამორჩევა სიმსუბუქითა და კარგი თბოტექნიკური მახასიათებლებით და რომელიც წყალცემენტის ნარევიდან გამკვრივებისას იძენს სათანადო სიმტკიცეს და სავსებით აკმაყოფილებს ტექნიკურ მოთხოვნებს, თვითმზიდი და არამზიდი საკედლე და სატიხრე ბლოკების წარმოებისათვის.

ანალოგებთან შედარებით, ერთნაირი თბოტექნიკური მახასიათებლების შემთხვევაში, წარმოდგენილი ბლოკების სიგანე იქნება გაცილებით ნაკლები, ხოლო მასა, ბლოკის სტანდარტული ზომებიდან გამომდინარე, სხვადასხვა შემავსებელზე დამზადებული ბეტონების შემთხვევაში შეიძლება შეიცვალოს 10 - დან 16 - კგ- მდე.

ა. გრძელიშვილი, დ. გრძელიშვილი

ცნობილია საკედლე ბლოკები, რომელთა შუა ნაწილში განთავსებულია თბოსაიზოლაციო შრე (GE U 2006 1271 Y; შპს ბედეგი - „იზობლოკი“). ასეთი ბლოკების თბოტექნიკური მაჩვენებლები დამოკიდებულია მხოლოდ ერთი თბოსაიზოლაციო შრის მახასიათებლებზე, რომელიც განთავსებულია ბლოკის მხოლოდ შუაში, ხოლო ბეტონის გარე და შიგა შრეები, რომლებიც უშუალოდ ეხება ჰაერს, არ გამოირჩევა თბომდეგობით და მიუხედავად თბოსაიზოლაციო შრის სისქის რეგულირებისა, ჰაერის ტემპერატურის პერიოდული ცვალებადობისა, თბოსაიზოლაციო შრესა და ბეტონის შრეს შორის მაინც ჩნდება ნამის წარმოქმნის შესაძლებლობა, რაც ამცირებს კედლის თბოტექნიკურ ხარისხს.

მრავალშრიანი ბლოკის შემთხვევაში შემომფარგლავის თბოგადასვლის R_0 წინაღობა გამოითვლება, თითოეული შრის თერმული წინააღობების, თბოათვისებისა და თბოგადაცემის წინააღობათა ჯამით, კერძოდ:

$$R_0 = R_{\delta} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n + R_{\theta} = R_{\delta} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots \frac{\delta_n}{\lambda_n} + R_{\theta} \text{ გრად. მ}^2 \text{ საათ./კვად.}$$

სადაც $R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$ არის შემომფარგვლელი ფენების თერმული წინააღობები რომელთა მნიშვნელობები დამოკიდებულია შემომფარგლავის δ სისქესა და მასალის თბოგამტარობის λ კოეფიციენტზე.

თუ წარმოდგენილი 5 შრიანი ბლოკის (ნახ. 1) ფენების სისქე იქნება: გარე საიზოლაციო შრე ქაფპლასტისაგან $\delta_1 = 0,05$ მ, თბოგამტარობის კოეფიციენტი $\lambda_1 = 0,05$ მ. ბეტონის გარე შრე მსუბუქი ბეტონისაგან $\delta_2 = 0,085$ მ, თბოგამტარობის კოეფიციენტი $\lambda_2 = 1,1$ მ. შუა საიზოლაციო შრე ქაფპლასტისაგან $\delta_3 = 0,03$, თბოგამტარობის კოეფიციენტი $\lambda_3 = 0,05$ მ. შიგა ბეტონის შრე მსუბუქი ბეტონისაგან $\delta_4 = 0,085$ მ, თბოგამტარობის კოეფიციენტი $\lambda_4 = 1,1$ მ. შიგა საიზოლაციო შრე ქაფპლასტისაგან $\delta_5 = 0,03$ მ, თბოგამტარობის კოეფიციენტი $\lambda_5 = 0,05$ მ. გასათბობი სათავსების შემომფარგლავი კონსტრუქციების, პრაქტიკული თბოტექნიკური გაანგარიშებებისას სამშენებლო ნორმებით, თბოათვისების წინააღობა მიიღება $R_{\theta} = 0,133$ გრად. მ² საათ./კვად. ხოლო თბოგადაცემის წინააღობა კედლებისათვის შეიძლება მივიღოთ $R_{\delta} = 0,05$ გრად. მ² საათ./კვად. (სამშენებლო ნორმები და წესები CHuPI II – A 7 – 62).

წარმოდგენილი 5-შრიანი ბლოკის თბოგადასვლის წინააღობა ტოლი იქნება:

$$R_0 = 0,05 + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,085}{1,1} + \frac{0,03}{0,05} + \frac{0,085}{1,1} + \frac{0,03}{0,05} + 0,133 =$$

$$= 0,05 + 1 + 0,077 + 0,6 + 0,077 + 0,6 + 0,133 = 2,5 \text{ გრად. მ}^2 \text{ საათ./კვად.}$$

თუ განხილული 0,27 მ სისქის მრავალშრიან კედლის ბლოკის თბოგადსვლის წინაღობას, რომელიც უდრის - 2,5 გრად. მ². საათ./კკალ. შევდარებთ 0,64 მ სისქის აგურის კედლის თბოგადსვლის წინაღობას, რომელიც შიგა მხრიდან შელესილია 2 - სმ სისქის კირის ბათქაშით და მიახლოებით უდრის - 1,13გრად. მ². საათ./კკალ. -ს, პროგრესი აშკარაა.

კარკასული ტიპის სამოქალაქო შენობებში, წარმოდგენილი ბლოკებით კედლების ამოყვანისას, ერთდროულად მიმდინარეობს კედლების მოწყობისა და მისი თბოსაიზოლაციო სამუშაოები, გამოირიცხება გარე და შიგა ზედაპირების შელესვის აუცილებლობა და შესაძლებელია უშუალოდ მოპირკეთების სამუშაოების ჩატარება. ღარებში ბეტონის შვერილების განთავსების დროს მარტივდება კედლის ამოყვანის ოპერაციები. ბლოკების დასაკავშირებლად შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც ქვიშა-ცემენტის დუღაბი, ისე წებოცემენტის ხსნარი, ხოლო ქაფპლასტის შრეების ერმანეთთან გაერთიანება და ნაკერების შევსება მოხდება პოლიმერული ქაფით, რომელიც მაღალი წნევით მაქსიმალურად ავსებს ცარიელადგილებს დაგამორიცხავს თბური ხიდების წარმოქმნას კედელში. აღნიშნული ბლოკები გამორჩეული იქნებიან კარგი ბგერათსაიზოლაციო თვისებებითაც რაც, აუცილებელი პირობაა საცხოვრებელ შენობებში, ბინების კომფორტულობისათვის.

ლიტერატურა

ორლოვსკი, ბ., პ. სერბინოვიჩი. 1989. *არქიტექტურა*. თბილისი.
სასარგებლო მოდელი: მოწმობა U 2025 2223 Y
სამშენებლო ნორმები და წესები (CHuΠ II – A 7 – 62)
GE U 2006 1271 Y; შპს ბედეგი - „იზობლოკი“

Civil and Structural Engineering

Multi-layered Thermal Insulation Wall Blocks

Amiran Grdzelishvili

amiran.grdzelishvili@atsu.edu.ge

David Grdzelishvili

Akaki Tsereteli State University

Kutaisi, Georgia

DOI:<https://doi.org/10.52340/atsu.2026.1.27.13>

The article presents multi-layered thermal insulation wall blocks designed for the construction of self-supporting and non-load-bearing walls in frame-type civil buildings. The technical efficiency of these blocks is reflected in their enhanced thermal insulation performance, achieved through a strategic distribution of insulation layers. Specifically, the external and internal surfaces of the primary concrete core are encased in thermal insulation layers characterized by high thermal inertia. These properties enable the structure to retain heat during periodic temperature fluctuations or to undergo gradual temperature transitions, thereby effectively eliminating the risk of condensation (dew formation). In the context of frame-type civil construction, utilizing these blocks allows for the simultaneous execution of wall erection and thermal insulation. Furthermore, this method obviates the necessity for plastering internal and external surfaces, facilitating the immediate application of finishing materials.

Keywords: wall block, thermal resistance, building, interior, exterior.

In construction, the development of new energy-efficient methods, technical means, and technologies is carried out in many directions; however, the energy efficiency of buildings primarily depends on the thermotechnical characteristics of the materials used for the construction of external walls and roofing. Rationally designed external building envelope structures must satisfy the following thermotechnical requirements:

1. They must possess sufficient thermal insulation properties to better retain heat within the premises during the cold period of the year, or protect the premises from solar overheating in summer;

2. During operation, the temperature on the internal surface of the wall must not be excessively low or significantly different from the internal air temperature, in order to avoid condensation and prevent cooling of the human body due to radiant heat loss;

3.They must exhibit air permeability not exceeding the allowable limit, beyond which air exchange would diminish the thermal protection quality of the envelope and cool the premises, causing a sensation of a draft for individuals sitting near the envelope;

4.They must maintain a normal moisture regime, given that the dampening of the envelope reduces its durability and deteriorates the sanitary-hygienic conditions of the premises.

The most critical thermotechnical property of a building envelope is its resistance to heat transfer, or thermal resistance, which is characterized by the temperature difference between the internal and external surfaces of the envelope when 1 kcal of heat passes through 1m² of surface area in 1 hour. The thermal resistance of a homogenous layer of the building envelope is calculated by the formula:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \text{ } ^\circ\text{C} * \text{m}^2 * \text{h/kcal}$$

Where δ is the thickness of the envelope in meters, and λ is the thermal conductivity coefficient of the material, representing the amount of heat in kilocalories conducted over 1 hour through 1m² of an envelope with a thickness of 1m, given a temperature difference of 1⁰ between the external and internal surfaces. The higher the thermal resistance value, the better the thermal insulation property of the envelope. To increase thermal resistance, it is necessary to either δ increase the thickness of the envelope or decrease the thermal conductivity λ coefficient; for economic efficiency, it is advantageous to use materials with a low thermal conductivity coefficient, provided that the appropriate structural strength conditions of the envelope are maintained. The value of the thermal conductivity coefficient primarily depends on the bulk density, moisture content, and temperature of the material; the lower the bulk density of the material—and consequently, the more air-filled pores it contains (air being a poor conductor of heat)—the lower its thermal conductivity coefficient. However, there is no direct proportional relationship between bulk density and thermal conductivity, as the latter is significantly influenced by the nature of the material and the character of its structure.

The amount of heat that passes through 1m² of the building envelope in 1 hour is called the heat flux and is expressed by the formula:

$$q = \frac{\tau_{\text{в}} - \tau_{\text{г}}}{R} \text{ kcal/m}^2.$$

where q is the amount of heat in kcal.

$\tau_{\text{в}}$ - The temperature of the internal surface of the envelope;

ა. გრძელიშვილი, დ. გრძელიშვილი

τ_{δ} - The temperature of the external surface of the envelope;

R - Thermal Resistance

The temperature within the thickness of the building envelope drops as the heat flux passes through the envelope from its internal surface toward the external one. This temperature reduction, conditioned by thermal resistance, is called the temperature drop. It is noteworthy that as the heat flux passes through the envelope, the temperature decreases not only within the envelope material itself but also at its surfaces; thus, the internal surface temperature t_{si} is lower than the internal air temperature t_{ia} , while the external surface temperature t_{se} is higher than the external air temperature t_{ea} .

Consequently, in the process of heat transfer through building envelopes, the temperature decrease is caused by its thermal resistance. This resistance occurs during the transfer of heat flux from the internal air to the internal surface, as well as during the heat transfer from the external surface to the external air. The first resistance is called the internal surface resistance (or thermal absorption resistance) and is denoted as R_{si} , while the second is called the external surface resistance (or thermal emission resistance) and is denoted as R_{se} . Both types of resistance combined are referred to as surface heat transfer resistance, and their dimension is the same as that of thermal resistance. It expresses the temperature difference between the air and the envelope surface at which the heat flux between the air and the surface equals:

When discussing the heat transfer of an envelope, it is assumed that the heat passing through the envelope is stationary, meaning its magnitude does not change over time. Such a heat flux can only occur if the internal and external air temperatures also remain constant over time. In reality, both external and internal temperatures are not constant; they fluctuate throughout the day and night and over longer periods. The periodic variation of air temperature leads to the need for additional thermotechnical requirements for the envelope. These requirements consist of ensuring minimum temperature fluctuation on the internal surface of the envelope to maintain comfortable conditions within the space and, at the same time, prevent condensation on the construction surface.

Temperature fluctuation on the internal surface depends not only on the fluctuations of internal and external air temperatures but also on the thermotechnical properties of the envelope itself. Envelopes that ensure less temperature fluctuation on the internal surface are called heat-stable (or thermally inert).

Thus, the heat stability of an envelope is defined as its property to ensure a relative constancy of temperature on the internal surface despite fluctuations

in the magnitude of the heat flux passing through the envelope. One of the most important factors affecting the heat stability of an envelope is the thermal absorption of its surface—that is, the property of this surface to absorb heat to a greater or lesser degree during periodic fluctuations of the heat flux.

The thermal absorption of a material is characterized by the thermal absorption coefficient S and is measured in $\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ (Orlovsky 1989).

Currently, in the civil construction projects underway in our country, concrete blocks are the most prevalent and widely used material for constructing the external envelope walls of frame-type buildings. Walls built with such concrete blocks (most often with a thickness of 20 cm) are characterized by low thermal stability and fail to meet the requirements set for modern civil buildings in terms of energy efficiency. To enhance the thermotechnical characteristics of external envelope walls, it becomes necessary to carry out thermal insulation work on both the external and internal surfaces of the already constructed walls, which is associated with additional costs and increased labor intensity.

This article presents multi-layered thermal insulation wall blocks (Utility Model U 2025 2223 Y), the technical result of which is an increase in thermal insulation indicators. This is achieved by distributing thermal insulation layers within the block such that the external and internal surfaces of the main concrete layer are covered with thermal insulation layers. These layers are distinguished by high thermal inertia characteristics and have the property of retaining heat during periodic temperature fluctuations or slowly changing the temperature within the construction, which eliminates the possibility of condensation.

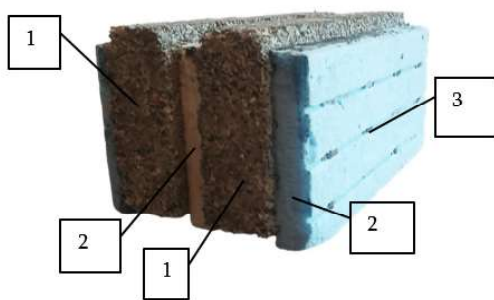


Fig. 1

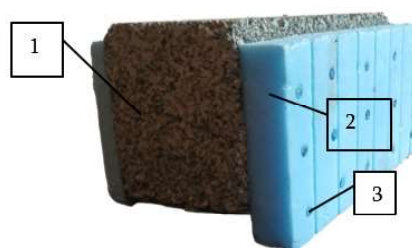


Fig. 2

The construction of the blocks (Fig. 1 and Fig. 2) consists of main concrete layers (1) located on the external and internal surfaces of the concrete layer, as well as thermal insulation material layers (2) placed between them. The block layers are interconnected by plastic rods (3) featuring threaded surfaces

ა. გრძელიშვილი, დ. გრძელიშვილი

and flat heads on both ends. Within the block, the thermal insulation layers are positioned with an offset, such that small protrusions and corresponding grooves are formed on the lower bedding side, while concrete protrusions are formed on the upper bedding surface of the block, intended to fit into the grooves of the lower bedding surface.

The thickness of the block layers, as well as the diameter and quantity of the connecting rods, are determined based on the materials of the layers and the operating conditions.

The concrete layers of the building block can be constructed using both heavy and lightweight concretes made with various aggregates. In the presented blocks, the main layers are made of lightweight concrete, where the aggregate material used is a mass obtained from processed plastic waste (crushing, grinding, milling). This material is characterized by its lightness and good thermotechnical properties; when hardened with a water-cement mixture, it acquires adequate strength and fully satisfies the technical requirements for the production of self-supporting and non-load-bearing wall and partition blocks.

Compared to analogues with identical thermotechnical characteristics, the width of the presented blocks is significantly smaller, while the mass—based on standard block dimensions—can vary from 10 to 16 kg depending on the concrete aggregate used.

Wall blocks are known to have a thermal insulation layer placed in their middle section (GE U 2006 1271 Y; LLC Bedegi - “Izoblock”). The thermotechnical indicators of such blocks depend solely on the characteristics of a single thermal insulation layer placed only in the center of the block. Meanwhile, the external and internal concrete layers, which are in direct contact with the air, lack thermal stability. Despite adjusting the thickness of the insulation layer, the possibility of condensation still arises between the thermal insulation and concrete layers during periodic air temperature fluctuations, which reduces the thermotechnical quality of the wall.

In the case of the multi-layered block, the total heat transfer resistance R_0 of the envelope is calculated by the sum of the thermal resistances of each individual layer, along with the internal and external surface resistances; specifically:

$$R_0 = R_{\delta} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{\theta} = R_{\delta} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + R_{\theta}$$

$^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/kcal}$

Where $R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ are the thermal resistances of the envelope layers, the values of which depend on the thickness δ of the envelope and the thermal conductivity coefficient λ of the material.

If the layer thicknesses of the presented 5-layer block (Fig. 1) are: external insulation layer of expanded polystyrene $\delta_1 = 0,05\text{m}$, thermal conductivity coefficient $\lambda_1 = 0,05\text{m}$, external concrete layer of lightweight concrete $\delta_2 = 0,085\text{m}$, thermal conductivity coefficient $\lambda_2 = 1,1\text{m}$; middle insulation layer of expanded polystyrene $\delta_3 = 0,03\text{m}$, thermal conductivity coefficient $\lambda_3 = 0,05\text{m}$, internal concrete layer of lightweight concrete $\delta_4 = 0,085\text{m}$, thermal conductivity coefficient $\lambda_4 = 1,1\text{m}$; and internal insulation layer of expanded polystyrene $\delta_5 = 0,03\text{m}$, thermal conductivity coefficient $\lambda_5 = 0,05\text{m}$.

According to construction norms for practical thermotechnical calculations of building envelopes for heated spaces, the internal surface resistance is taken as $R_{si} = 0,133^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/kcal}$, while the external surface resistance for walls is taken as $R_{se} = 0,05^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/kcal}$ (Construction Norms and Rules SNiP II – A 7 – 62).

The total heat transfer resistance of the presented 5-layer block is:

$$R_0 = 0,05 + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,085}{1,1} + \frac{0,03}{0,05} + \frac{0,085}{1,1} + \frac{0,03}{0,05} + 0,133 =$$

$$= 0,05 + 1 + 0,077 + 0,6 + 0,077 + 0,6 + 0,133 = 2,5^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/kcal}$$

If we compare the total heat transfer resistance of the discussed 0.27 m thick multi-layered wall block, which equals $2,5^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/kcal}$, to the heat transfer resistance of a 0.64 m thick brick wall plastered on the inside with a 2 cm thick lime mortar, which is approximately $1,13^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/kcal}$, the progress is evident.

In frame-type civil buildings, while constructing walls using the presented blocks, wall assembly and thermal insulation works are carried out simultaneously. This eliminates the necessity for plastering external and internal surfaces, allowing for direct finishing works. The positioning of concrete protrusions within the grooves simplifies wall construction operations. Both sand-cement mortar and adhesive-cement solutions can be used to bond the blocks, while the connection of expanded polystyrene layers and the filling of joints are achieved using polymer foam. The foam, applied under high pressure, fills voids to the maximum extent, thereby precluding the formation of thermal bridges within the wall. Furthermore, these blocks are characterized by superior sound insulation properties, which is an essential condition for the comfort of apartments in residential buildings.