

სამშენებლო მასალებში ბგერის იზოლაციის და შთანთქმის უნარიანობის კვლევა

დღევანდელი ცივილიზებული სამყაროში გარემოს დაბინძურება ხმაურით და ვიბრაციით წარმოადგენს ერთ-ერთ მთავარ პრობლემას. მისი შემცირება კი მოითხოვს შემდგომ კვლევებს, ახალ მეთოდებს, ტექნოლოგიებს, დიდ კაპიტალდაბანდებებს.

საცხოვრებელი ოთახებისათვის ნორმით გათვალისწინებულია ბგერის დაწნევის დონე, დღისით 40, ღამით კი 30 დბ. მაქსიმალურად დასაშვები შეიძლება გაიზრდოს 15 დბ-ით [1]. ხოლო მაქსიმალურ მუდმივად მოქმედ ბგერით დაწნევის 55 დბ-ის დროს გაითვალისწინება შესწორება მინუს 5 დბ-ით.

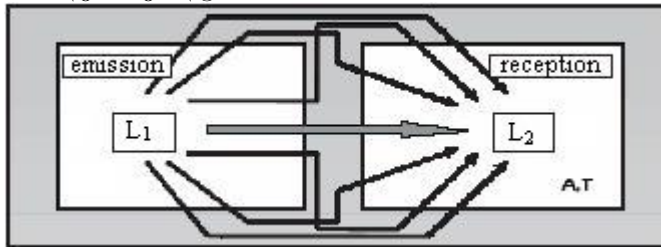
დაბალი და მაღალი სიხშირის (20-20000 ჰც) ბგერები ადამიანის ყურის მიერ აღიქმებიან ნაკლები ინტენსიობით, ვიდრე საშუალო სიხშირის. სმენადობის სიხშირეები შესაძლოა 12-24-დან 18000-24000-ჰც-მდე მერყეობდეს. ბგერის აღქმის არათანაბრობა სხვადასხვა სიხშირეებისადმი გამზომ ხელსაწყოებში მოდელირდება სპეციალური ფილტრებით (შკალა "A"-ს დაბალი სიხშირეების მიხედვით) და მიიღება ე.წ. ექვივალენტური ბგერის დაწნევა დბ-ებში, ხოლო მაღალი სიხშირეებისათვის კი "C" შკალით. დღისით ადამიანს შეუძლია აღიქვას 10-15 დბ-ის დონის ბგერები. ახალგაზრდობაში კარგად აღიქმებიან 3კჰც-ის სიხშირის ბგერები, საშუალო ასაკში 2-3 კჰც-ის, მოხუცებულობაში 1 კჰც-ის, ამასთან ვიწროვდება ბგერების აღქმის სიხშირეთა დიაპაზონი. სმენის მგრძობიარეობა, დღის პერიოდთან შედარებით, ღამით, დასუტყული თვალებისას, იზრდება 10-14 დბ-ით. მკვეთრმა ნახტომისებურმა ხმაურმა შესაძლოა გამოიწვიოს მძინარე ადამიანს გაღვიძება.

16-20 ჰც-ზე დაბალი სიხშირის ინფრაბგერები პრაქტიკულად არ აღიქმებიან (არასმენადი არიან), მაგრამ შეუძლიათ გამოიწვიონ შინაგანი ორგანოების ვიბრაცია, რეზონანსი და ზემოქმედება მოახდინონ ტვინის მუშაობაზე. ისინი აძლიერებენ ავადმყოფი ადამიანის ტკივილს ძვლებსა და სახსრებში. მაღალსიხშირული ბგერები, 20 კჰც-ზე მეტი (ულტრაბგერები) გამოიყენებიან ფრინველთა, ცხოველთა და მწერების დასაფრთხობად.

სამუშაო ადგილზე დასაშვები ბგერის დონე, წყვეტადი ხმაურისას, არ უნდა აღემატებოდეს 110 დბ-ს, ხოლო იმპულსური ხმაურის 125 დბ-ს. დაუშვებელია მცირე პერიოდითაც კი გაჩერება გარემოში, სადაც ბგერის დაწნევა აჭარბებს 135 დბ-ს ნებისმიერი ოქტანობის ზღვრებისათვის [1].

ტემპერატურის გაზრდით იზრდება ბგერის გავრცელების სიჩქარე ჰაერში, სითხეებში კი - პირიქითაა. ნორმალური ატმოსფერული დაწნევისას და ტემპერატურისას, დაბალი ბალახის პირობებში, 1-8 კჰც-იანი საშუალო სიხშირის ბგერის ქრობის ინტენსიობა დედამიწის ზედაპირთან, ყოველ 100 მეტრაზე, 10-20 დბ-ლია. შთანთქმის კოეფიციენტის სიდიდე პროპორციულია აკუსტიკური ტალღის სიხშირის კვადრატისა. ბგერის გავრცელების ხაზობრიობა (რეფრაქცია ტემპერატურულ გრადიენტზე) იხრება ბგერის გავრცელების სიჩქარის შემცირების მიმართულებით, ანუ თბილიდან ცივისაკენ.

ოთახში ბგერის მშთანთქმელი მასალების (ნოხების, სპეციალური საფარების) არარსებობის შემთხვევაში, კედლებიდან, ავეჯიდან, ჭერიდან და იატაკიდან მრავალჯერადი არეკვლის, ანუ რევერბერაციის შედეგად ბგერა ძლიერდება რამდენიმე დეციბელ-ით [2,3].



ნახ.1.



ნახ.2

ბგერის წყაროს ოთახიდან მიმღებ ოთახში ბგერის გადაცემა ხდება უშუალოდ გამყოფი კედლის განტოლვით და გვერდითი ბარიერების გზით ნახ.1. ბგერის მიერ მყარი ბარიერის (კედლის, ჭერის, იატაკის, კარების, მინის) განტოლვა ხდება ვიბრაციის მეშვეობით ნახ. 2. ჰაერში ბგერის წყაროდან სფერულად გავრცელებული 331 მ/წმ-ის სიჩქარის გრძივი ტალღისებურად რხევადი ბგერა გზაზე შემხვედრ მყარი სხეულის ზედაპირზე გადაიქცევა ვიბრაციად, განტოლავს მას გაცილებით მაღალი სიჩქარით და გამომავალ ზედაპირზე კვლავ გადაიქცევა შედარებით დაბალი ინტენსიობის ბგერად, ანუ მყარ სხეულში ადგილი აქვს ბგერის სითბური სახის შთანთქმას.

ზოგადად ბგერის ტალღის გავრცელება აღიწერება ტალღური განტოლებით [3,4]

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = 0 \quad (1)$$

ბგერის შემცირების ინდექსი განისაზღვრება მყარ სხეულზე შემავალი W_1 ვტ და გამომავალი W_2 ვტ ბგერათა დაწნევის ფარდობის ათობითი ლოგარითმი გამრავლებული ათზე და იზომება დეციბელებით (დბ) [5,6].

$$R = 10 * \lg_{10}\left(\frac{1}{\tau}\right) = 10 * \lg_{10}\left(\frac{W_1}{W_2}\right) \quad (2)$$

პრაქტიკაში ბგერის შემცირების ინდექსი გამოითვლება

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg_{10} \frac{S}{A} = D + 10 \lg_{10} \frac{S}{A} \quad (3)$$

სადაც L_1 და L_2 - ბგერის წყაროს წარმომშვებ და მიმღებ ოთახებში ბგერის დაწნევის საშუალო დონეებია; S -საცდელი ნიმუშის ფართია; A -მიმღები ოთახის ხმის შთანთქმის ექვივალენტური ფართია; D - დონეთა სხვაობაა, ანუ ბგერის მყარ სხეულში განტოლვისას წარმოქმნილი დანაკარგია დბ-ებში. თუ საცდელი ნიმუშის ფლანგებიდან და სხვა ელემენტებიდან გატარებული ბგერის სიმძლავრე W_3 მნიშვნელოვანია პირდაპირ განტოლვილი ბგერის სიმძლავრე W_2 -ზე, მაშინ ვსარგებლობთ ფორმულით

$$R' = 10 * \lg_{10}\left(\frac{W_1}{W_2 + W_3}\right) \quad (4)$$

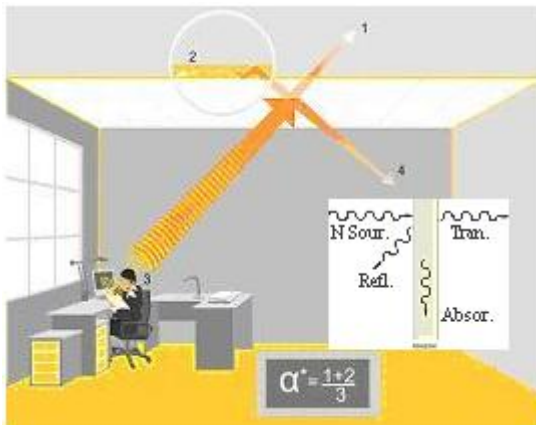
კედელზე შემავალი W_1 და გამომავალი W_2 ბგერათა (ნახ. 2) ზუსტი დაწნევის გაზომვის შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება მყარი სხეულის მიერ ბგერის დემფირების კოეფიციენტის ზუსტი განსაზღვრა ბგერის ქრობის ტემპის

მიხედვით, ისევე როგორც ამას ადგილი აქვს დემფირების კოეფიციენტის განსაზღვრისას ვიბრაციული ამპლიტუდების ქრობის მრუდის მიხედვით [4,5], რაც მოგვეცემა საშუალებას ზუსტად დაგვეფიქსირებინა ამა თუ იმ მასალის მიერ ბგერის შთანთქმის უნარიანობა. თუმცა რევერბერაციის გამო (ბგერის მრავალჯერადი არეკვლა) სტანდარტით მიღებულია რომ ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტის განსაზღვროს ოთახის 100-150 მ³ მოცულობის პირობებში, სადაც რევერბერაცია 200-300 ციკლს აღწევს. თუმცა ბოლო პერიოდში მასალების შთანთქმის კოეფიციენტის დადგენა, რომლებიც გამოიყენებიან მოძრავ შემადგენლობებში, ხდება 6მ³-დან 25მ³-მდე მოცულობის ოთახში [9], სადაც რევერბერაციის ციკლები ბგერის ქრობის პერიოდში მნიშვნელოვნად გაზრდილია, ქრობის პერიოდი კი შემცირებულია. ცხადია რომ ამგვარად მიღებული შთანთქმის კოეფიციენტი სიდიდით განსხვავებულია (გაზრდილია) და სტანდარტით გათვალისწინებული არ არის.

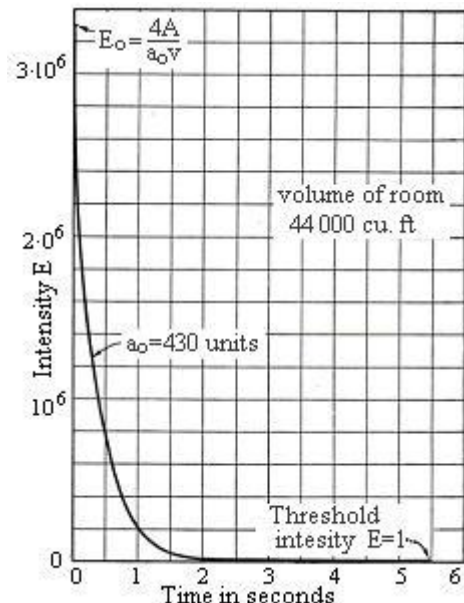
დრეკად გარემოში, გარე ხახუნის შემთხვევაში, ბგერის ქრობის კოეფიციენტი არ არის დამოკიდებული ბგერის ტალღის სიხშირეზე $\delta = kq_0 / 2p_0 = \eta / 2\pi c$,
 ბლანტ გარემოში კი დამოკიდებულია [3, 6]

$$\delta = \omega^2 \frac{\frac{4}{3}\eta + \xi}{2\rho c^3} \quad (5)$$

ბლანტ გარემოში, ბგერის შთანთქმის სიდიდის კვადრატული დამოკიდებულების გამო, მაღალი სიხშირის ბგერის ტალღები ქრებიან გაცილებით სწრაფად ვიდრე დაბალი სიხშირის. აღნიშნულის გამო მასალებში ბგერის შთანთქმის უნარიანობა (რევერბერაციის გათვალისწინებით) განისაზღვრება ოქტანური სიხშირეების მიხედვით სპეციალურად მოწყობილ ლაბორატორიებში, ან მილისას ფორმის ხელსაწყოთი (ორი მიკროფონის მეთოდით).



ნახ. 3



ნახ. 4

მეარ სხეულზე ბგერის გრძივი ტალღის 3 მოქმედებისას ადგილი აქვს ბგერის არეკვლას 4, შთანთქმას 2 და განჭოლვას 1, ნახ. 3, [6,7,8]. ISO 10534-2 სტანდარტით ოთახის კედლის მიერ შთანთქმის ეფექტი განიხილება შთანთქმული და განჭოლვილი ბგერის შემადგენელი ნაწილების ერთიანობით,

ასე რომ ღია ფანჯარა წარმოადგენს საუკეთესო აბსორბენტს (მშთანთქმელს), შთანთქმის კოეფიციენტი 1-ით. ამგვარად თუ ოთახის კედლის ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტი, 0.5-ია მაშინ მისი შთანთქმის უნარიანობა ღია ფანჯრის უნარიანობის 50 პროცენტია.

ვ.ს. საბინემ შეიმუშავა რევერბერაციული რხევის განტოლება და დაამტკიცა მისი ჭეშმარიტება მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტებით [7,10].

$$E = \frac{Ap}{avV} e^{-\frac{avt}{p}} \quad (6)$$

სადაც E- ოთახში ბგერის ენერჯის ერთეულია t დროის მომენტისათვის; t- დროა, ბგერის წყაროს გათიშვის მომენტიდან ჩაქრობამდე. A- ბგერის წყაროს მიერ გამოსხივებული ენერჯის მაჩვენებელია; p- ბგერის საშუალო მანძილია ანარეკლებს შორის; a- შთანთქმის გასაშვავებული კოეფიციენტი; v- ბგერის სიჩქარეა; V- ოთახის მოცულობაა; აღსანიშნავია რომ ფრანკლინმა, ჯაგერმსა, ბუკინგემმა და ეკპარდმა შეიმუშავეს ანალოგიური განტოლებები.

$$E = E_0 e^{-kt} = \frac{4A}{avs} e^{-\frac{avst}{4V}} \quad (7)$$

რომელშიც p ჩანაცვლებულია $p=4V/s$ -ით, ანუ უფრო ადვილად მისაღები s და V ერთეულებით

მე-7 განტოლებიდან განისაზღვრება ქრობის დრო t

$$t = \frac{4V2*3}{avs} \lg \frac{4A}{avsE} \quad (8)$$

ექსპერიმენტალურად შთანთქმის უნარიანობის a-ს განსაზღვრა საკმაოდ პრობლემატურია. მოხერხებულობისათვის, მახასიათებელი as შეცვლილია a-თი, E-ეს კი მინიჭებული აქვს თავისუფალი მნიშვნელობა, კონკრეტულად სმენადობის ზღვრული სიდიდე. ამგვარად

$$t = \frac{4V2*3}{av} \lg \frac{4A}{av} \quad (9)$$

A ფიქსირდება იმავე ერთეულით რომლისათვისაც $E=1$.

მასალის შთანთქმის კოეფიციენტის დასადგენად ექსპერიმენტულად ჯერ ცარიელი ოთახისათვის განისაზღვრება t_0 , რომლის შთანთქმელობა a_0 -ია (ნახ 4).

$$a_0, t_0 \quad E = \frac{4A_0}{a_0 v} e^{-\frac{a_0 v t_0}{4V}} \quad (10)$$

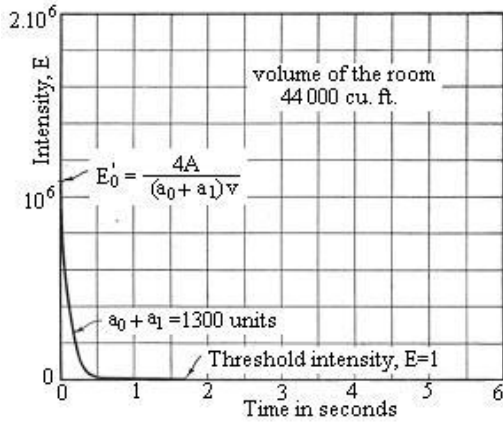
შემდეგ კი იმავე ოთახში მოთავსებული a_1 შთანთქმის უნარიანობის მქონე მასალისათვის, იმავე პირობებში განისაზღვრება t_1 . ცარიელ ოთახის ცენტრში, იატაკზე დაფენილ მშთანთქმელი მასალის მქონე ოთახისათვის მე- (9) განტოლება დებულობს შემდეგ სახეს

$$a_1, t_1 \quad E = \frac{4A_0}{(a_0 + a_1)v} e^{-\frac{(a_0 + a_1)v t_1}{4V}} \quad (11)$$

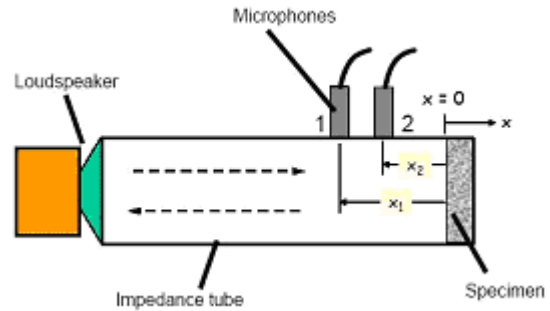
მე-(11) განტოლებებიდან a_1 -ის დასადგენად წინასწარ უნდა განისაზღვროს a_0 , რისთვისაც კვლავ უნდა განხორციელდეს ცარიელი ოთახის რევერბერაციული

გაზომვა იმავე პირობებით, ოღონდ განსხვავებული ინტენსიობის A_0' -ით. ბგერისათვის (ნახ. 5), შესაბამისად გვექნება განსხვავებული t_0' დრო. ამგვარად მე(10) მიიღებს შემდეგ სახეს

$$E = \frac{4A_0'}{a_0v} e^{-\frac{a_0vt_0'}{4V}} \quad (12)$$



ნახ. 5



ნახ. 6

a_0 -ის ამონახსნი მე-(10) და მე-(12) განტოლებიდან შემდეგია

$$a_0 = \frac{4V2*3}{v} \lg \left(\frac{A_0}{A_0'} \right) = \frac{4V2*3}{v} \frac{(\lg A_0 - \lg A_0')}{(t_0 - t_0')} \quad (13)$$

რადგან E-ს აქვს ზღვრული მინიმალური სმენადობის მნიშვნელობა ორივეგან, ამდენად საჭიროა განხორციელდეს t_1 -ის მცირე კორექცია, რამდენადაც მშთანთქმელი მასალის მოთავსებისას პირველადი ინტენსიობა მცირდება $4A/a_0v$ დან $4A/(a_0+a_1)v$ მდე, რომელსაც შეესაბამება კორექტირებული t_1' . შესაბამისად მე (11) მიიღებს შემდეგ სახეს

$$E = \frac{4A_0}{a_0v} e^{-\frac{(a_0+a_1)v t_1'}{4V}} \quad (14)$$

სადაც პირველადი ინტენსიურობა არის იგივე რაც ცარიელ ოთახში, მაგრამ t_1 დრო შედარებით გაზრდილია t_1' -მდე. მე-(10) და მე-(14) განტოლებების შედარებით მიიღება $a_0 t_0 = (a_0 + a_1) t_1'$ და $a_1 = a_0 (t_0 - t_1') / t_1'$

ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტი a მიიღება შთანთქმისუნარიანობის a_1 -ის გაყოფით მშთანთქმელი მასალის ფართობზე

ხოლო შესწორებული რევერბერაციის ქრობის დრო მე-(10) და მე-(14)-დან მიიღება

$$t_1' = \frac{4V2*3}{(a_0 + a_1)v} \lg \frac{a_0 + a_1}{a_0} + t_1 \quad (14)$$

საკმარისად ზუსტი $a_0 + a_1$ მნიშვნელობა, რომელიც მიიღება $a_0 t_0 = (a_0 + a_1) t_1$ განტოლებიდან, სადაც t_1 მოქმედი დრო, მიღებული ექსპერიმენტიდან, მიახლოებით გამოიყენება t_1' -ეს მაგივრად [6].

მართლაც, როდესაც მოცემული ცარიელი ოთახისათვის დადგენილია შთანთქმის კოეფიციენტი a_0 , მაშინ საკმაოდ იოლად ხდება ნებისმიერი მასალისათვის შთანთქმის კოეფიციენტის მიღება-დადგენა. მაგალითისათვის განვიხილოთ, საკმაოდ კუსტარული აპარატურის მიხედვით 1927 წელს ჩატარებული ექსპერიმენტები 12 180 ft³ მოცულობის 43 ft² ზომის ფანჯრიან ოთახში [7]. 2052 ვბ/წმ ბგერის სიხშირის და 1120 ft/c ბგერის გავრცელების სიჩქარის შემთხვევაში დახურული ფანჯრისას, ბგერის ქრობის დრო იყო $t_0 = 4.57$ წმ $a_0 = 123$ აბსორბციის ერთეულით, ხოლო ღია ფანჯრის შემთხვევაში რომლის თეორიული შთანთქმის კოეფიციენტი 1-ია, ქრობის დრო იყო $t_1 = 3.34$ წმ. $a_0 + a_1 = a_0 t_0 / t_1 = 123 * 4.57 / 3.34 = 168$ ერთეულით.

მე-(14) განტოლების მიხედვით

$$t_1' = \frac{4 * 12180 * 6}{168 * 1129} \lg \frac{168}{123} + 3.34 = 0.08 + 3.34 = 3.42 \text{ წმ.}$$

ამრიგად $a_1 = \frac{a_0(t_0 - t_1')}{t_1'} = 123 * \frac{1.15}{2.42} = 41.3$ ერთეულს

ამგვარად a_1 ექვივალენტურია 43 ft³ ღია ფანჯრის აბსორბირებას w (შთანთქმუნარიანობას) გამოკლებული დაბალი ბალახის მიერ ბგერის შთანთქმის უნარიანობა, რომელიც ტოლია $g = 0,025$.

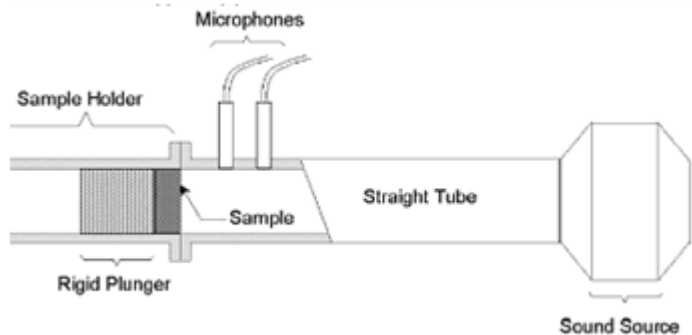
$$a_1 = 41,3 / 43 = w - 0,025. \text{ საიდანაც } w = 0,96 + 0,025 = 0,985$$

რაც საკმაოდ მაღალი შედეგია ღია ფანჯრის აბსორბირების თეორიულ 1-თან მიმართებაში.

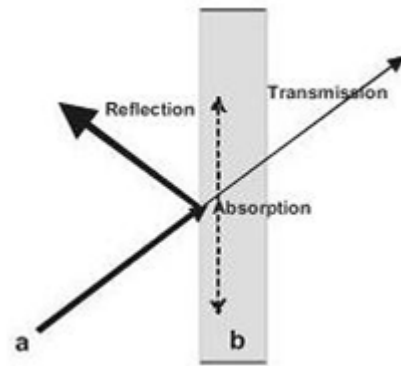
ორი მიკროფონის მეთოდით [2], ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტის გაზომვისას (ნახ. 6) მილისაში დაცემული და არეკლილი ბგერის ტალღების ინტენფერენციით წარმოიქმნება გაჩერებული ტალღები და შესაბამისად გაძლიერებული და შემცირებული ბგერის დაწნევის მარყუქები, რომელთა არეებში მაგრდება მიკროფონები. ცილინდრული მილისა უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: ის უნდა იყოს მასიური და ბრონზის, რადგან მისი დემფირადობა ძალიან დიდია, კედლის სისქე უნდა იყოს 5% მილისას დიამეტრისა, თუმცა უმჯობესია 10% სისქის, მილისა უნდა იყოს საკმაოდ გრძელი, გაზომვის დროს რომ უზრუნველყოს ბრტყელი მდგრადი ტალღების ველი, ანუ თავიდან იყოს აცილებული წყაროდან გამოსხივებული სფერული ტალღები. ამდენად მილისას სიგრძე უმჯობესია 10-15 დიამეტრის რივის იყოს. მილისას ერთ მხარეს მაგრდება ბგერის წყარო, მეორე მხარეს კი გასაზომი ნიმუში, რომელიც ფიქსირდება ბგერის ამრეკლავ ბრონზას ტორცული საყრდენით. მასალის აბსორბირების გაზომვის სიზუსტისათვის ბგერის წყარო ველი მნიშვნელოვნად მაღალი უნდა იყოს მილისაში შეღწეული ხმაურის დონეზე (20-30 დბ სხვაობაა მიზანშეწონილია). გაზომვის სიზუსტეზე ასევე მნიშვნელოვნად მოქმედებს ნიმუშის დამჭერი ტორცული საყრდენის მილისაში დამაგრების ხარისხი, მიკროფონების სენსატიურობა და მათი მილისაზე დამაგრების სიზუსტე. ორი მიკროფონის მეთოდით გაზომვების

ჩასატარებლად აუცილებელია მრავალ არხიანი სპექტრის ანალიზატორი გამოიყენება მიკროფონებს შორის გადამცემი ფუნქციის მისაღებად (სიხშირულ ფუნქციური დამოკიდებულება). გაზომვის დროს ბგერის წყაროსთან ახლო მყოფი მიკროფონი წარმოადგენს მაკონტროლებელ არხს. H_{12} , გადამცემი ფუნქციის მეშვეობით განისაზღვრება დაწნევის გამომხატველი კოეფიციენტი შემდეგი განტოლებით

$$R = \frac{H_{12} - e^{-jks}}{e^{jks} - H_{12}} e^{j2k(L+s)} \quad (15)$$



ნახ. 7



ნახ. 8

სადაც L -მანძილია ნიმუშის ზედაპირიდან პირველ მიკროფონამდე, s მანძილია მიკროფონებს შორის, $k=2\pi f/c$, f - სიხშირეა, $c=332$ მ/წმ ბგერის სიჩქარეა. აბსორბციის (შთანთქმის) კოეფიციენტი α და ნიმუშის ნორმალიზირებული იმპედანსი ანუ წინააღმდეგობა $Z/\rho_0 c$ შეიძლება განისაზღვრონ შემდეგი განტოლებებით.

$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad Z/\rho_0 c = 1 + R/(1-R).$$

სოლო მასალის შთანთქმის უნარიანობა განისაზღვრება შემდეგი განტოლებით

$$A = 1 - R = \frac{4M_1 N_1}{(M_1 + N_1)^2}$$

სადაც R არეკლილი სიმძლავრეა, M_1 და N_1 მილისაში მდგომი (გაჩერებული) ბგერითი ტალღების მაქსიმალური და მინიმუმალური დაწნევის ველებია.

რვეერბერაციული ოთახის მიხედვით, როგორც ბგერის აბსორბირების ისე ბგერის აბსორბირების კოეფიციენტის, სტანდარტული მეთოდით ტესტირება წარმოადგენს სხვა აკუსტიკური გაზომვითი პროცედურის ნაწილს [8,9,11]. მაგალითად, ხმაურის წყაროს ბგერის სიმძლავრის დონის განსაზღვრა, ან კედელში (განმამხობებელში) ბგერის განტოლვაზე მოსული დანაკარგების განსაზღვრა. ასევე როდესაც ხმაურის წყაროს ბგერის სიმძლავრის დონე ცნობილია, შესაძლებელია შთანთქმის კოეფიციენტის მიხედვით განტოლებით იქნას (გამოთვალოს) ოთახში ბგერის დაწნევის დონე.

ბგერის აბსორბირების კოეფიციენტს, მასალის ზედაპირის შემადგენელი კომპოზიციის თვისებები განაპირობებს, ანუ თეორიულად (გონებრივად, იდეა-

ლურად) განისაზღვრება, როგორც ზედაპირის მიერ, მასზე თავისუფლად მოქმედი ბგერის სიმძლავრის ნაწილის შთანთქმა. ხოლო ტესტირების მეთოდით ის განისაზღვრება როგორც შთანთქმული და განტოლვილი ბგერების სიდიდეთა ერთიანობა, არეკლილ ბგერათა რევერბერაციული ქრობის გათვალისწინებით. აქედან გამომდინარე თეორიულად განსაზღვრულ და ოპერატიულად (ექსპერიმენტალურად) გაზომილ შთანთქმის კოეფიციენთა ურთიერთდამოკიდებულება მუდმივ შესწავლის პროცესშია [12, 13].

დეფრაქციის (გაბნევის) ეფექტი გასაზომ მასალას წარმოაჩენს უფრო დიდად ვიდრე ის სინამდვილეშია და შესაბამისად ზრდის გაზომილ კოეფიციენტის სიდიდეს, ეს განსაკუთრებით შესამჩნევია როდესაც შაბლონი (ნიმუში) ხასიათდება მაღალი შთანთქმის კოეფიციენტით. ასევე საყურადღებოა, რომ გაზომვის დროს ხმაურის წყაროც დიფუზირებულია და შედაგად ხშირად გაზომვის შედეგები წარმოუდგენელ მნიშვნელობებს ღებულობენ.

სხვადასხვა სიხშირის აბსორბირების კოეფიციენტი შესაძლებელია დაითვალოს საბინეს განტოლებით

$$A_m = A_2 - A_1 = 55.3V \left(\frac{1}{c_2 T_2} - \frac{1}{c_1 T_1} \right) - 4V(m_2 - m_1) \quad (16)$$

სადაც A_m ბგერის შთანთქმის ექვივალენტური არეა, A_2 - ნიმუში მქონე ოთახის ბგერის ჩახშობის ფართია, A_1 - ცარიელი ოთახის ბგერის ჩახშობის ფართია, V -ოთახის მოცულობაა, c_2 - ბგერის სიჩქარეა t_1 ტემპერატურაზე, c_1 - ბგერის სიჩქარეა t_2 ტემპერატურაზე, T_2 , T_1 - ნიმუშის მქონე და ცარიელი ოთახის რევერბერაციის დროა შესაბამისად, m_2 , m_1 - შესაბამისად შესუსტების სიმძლავრის კოეფიციენტებია, ნიმუშის მქონე და ცარიელი ოთახების კლიმატური პირობების გათვალისწინებით, რომლებიც გამოთვლილია ISO 9613-1 მიხედვით. აღსანიშნავია რომ m_1 და m_2 კოეფიციენტები, რომლებიც გამოთვლილია ISO 9613-1-ის მიხედვით კომერციულია და მოთხოვნილია 50-70 დოლარი.

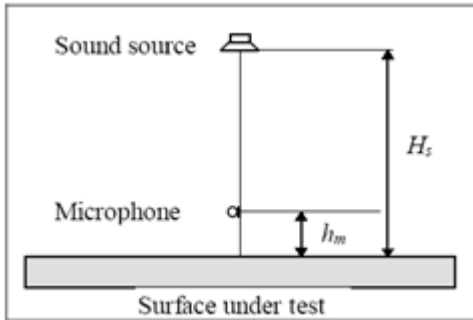
- ISO 2533:1975, *Standard Atmosphere*.
- ISO 266:1975, *Acoustics - Preferred frequencies for measurements*.
- EN EC 225:1966, *Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations*.

Only informative sections of standards are publicly available. To view the full content, you will need to purchase the standard by clicking on the "Buy" button.

შესაბამისად აბსორბირების კოეფიციენტი ტოლია $\alpha_s = A_m / S_{ssa}$, სადაც S_{ssa} - ნიმუშის ზედაპირის ფართობია.

მთელ რიგ შემთხვევებში საჭირო ხდება ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტის განსაზღვრა უშუალოდ ადგილზე არსებული (ფიქსირებული) კედლებისათვის, გზებისათვის და სხვადასხვა მასიური ბლოკებისათვის, რომლებიც ლაბორატორიაში ვერ მოთავსდებიან. რადგან კედელზე დაწნეული მთლიანი ბგერითი ენერგია გარდაიქმნება არეკლილ შთანთქმულ და გამჭოლ ენერგიებად (ნახ. 8), ამდენად შეიძლება დაიწეროს $r + \alpha + \tau = 1$. ამგვარად ნაგებობის გარე კედლის მიერ არეკლილი კოეფიციენტი r -ის განსაზღვრის შემთხვევაში და გამოკლების მეთოდის გამოყენებით (დასხივებულ ბგერის სიმძლავრეს გამოკლებული არეკლილი ბგერის სიმძლავრე) მიიღება ადგილზე არსებული მასალის შთანთქმის კოეფიციენტი.

თუმცა ამგვარი გაზომვა საკმაოდ რთულია და აუცილებლად გასათვალისწინებელია დასხივებული და დაყოვნებით არეკლილი ბგერათა ინტენფერენციის თავიდან აცილების მაქსიმალური შესაძლებლობა, კედლის ზედაპირის ფორმა, სიმკვრივე და აქედან გამომდინარე დიფრაქცია, მიკროფონის მდებარეობა როგორც ნიადაგიდან ისე კედლიდან და ბგერის წყაროს დაშორება მიკროფონიდან, ბგერათა სისშირე და სიჩქარე გარემოს ტემპერატურის და სიმკვრივის დამოკიდებულებით, და ა.შ. დამატებით საჭიროა იმპულსური დასხივების სისტემა და შესაბამისი დასხივების და არეკლილი ბგერათა გამამხსოველ-გამომკვები აპარატურა.



ნახ. 9.

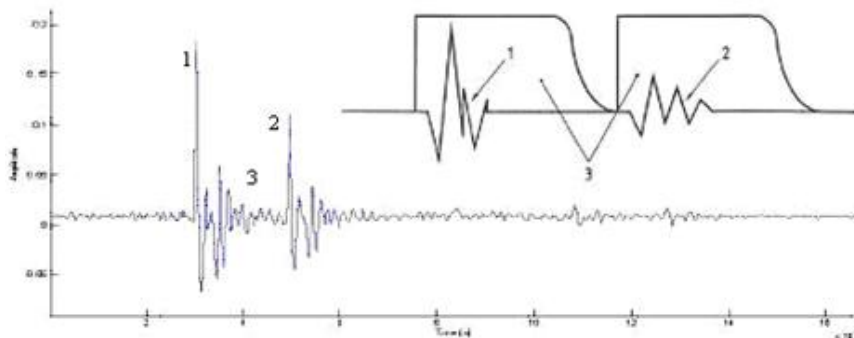


ნახ. 10.

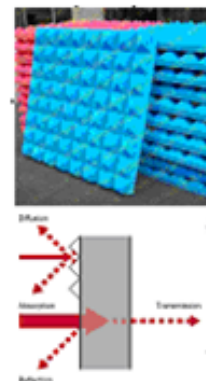
ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტი განისაზღვრება პირდაპირი და არეკლილ ბგერათა ფურიეს გარდამქმნელის გამოყენებით: ნახ. 9 გზის საფარი, ნახ. 10 ნაგებობის კედლის ზედაპირი.

$$\alpha\{f\} = 1 - Q_w(f) = 1 - \frac{1}{K_r^2} \left| \frac{H_r(f)}{H_i(f)} \right|^2 \quad (17)$$

სადაც $Q_w(f)$ - არეკლილი ბგერის სიმძლავრეა, $K_r = (d_s - d_m) / (d_s + d_m)$ - გეომეტრიული გავრცელების ფაქტორია, d_s - მანძილია ბგერის წყაროდან გასაზომი კედლის ზედაპირამდე, d_m - მანძილია მიკროფონიდან გასაზომი კედლის ზედაპირამდე.



ნახ. 11



ნახ. 12

ნახ. 11-ზე 1-დასხივებული ბგერის ინტენსივობაა (კომპონენტი), 2- არეკლილი კომპონენტი, 3-დროის ფანჯარა (დაყოვნების დრო). ზემოთაღნიშნული პირობების გათვალისწინებისას არეკლილი ბგერის კომპონენტი დასხივებულის ანალოგიურია, მხოლოდ შემცირებულია ამპლიტუდის მხრივ.

ნახ. 12 ნაჩვენებ ფორმის ბგერის მშთანთქმელი მასალის ზედაპირისაგან მოპირკეთებული ოთახს კედლები ოთახის ცენტრალურ ნაწილს ანთავისუფლებენ რევერბერაციისაგან.

როგორც ვხედავთ, პრაქტიკაში არსებული მეთოდებით მასალების მშთანთქმის კოეფიციენტის გასაზომად საჭიროა: ერთ შემთხვევაში 150 მ³ ფართის ოთახის მოცულობის ლაბორატორია, შესაბამისი გამზომი აპარატურით; მეორე შემთხვევაში, ძვირადღირებული ბგერის მშთანთქმის გამზომი ხელსაწყო, დაკომპლექტებული შესაბამისი გამზომი აპარატურით; მესამე შემთხვევაში კი, ბგერის არეკვლის გამზომი, ასევე ძვირადღირებული მოწყობილობებით, რომელთა დამზადება დღევანდელი ჩვენი ქვეყნის ჩამოშლილი ეკონომიკის გათვალისწინებით მიზანშეწონილი იქნება აღნიშნული გაზომვების კომერციული გამოყენების, ან ამგვარი კვლევაში საშუალების მრავალწლიანი სისტემატიური განხორციელების შემთხვევაში.

ჩატარებული სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ მისაღები სიზუსტით მასალების მიერ ბგერის აბსორბირება და მშთანთქმის კოეფიციენტის დადგენა შესაძლებელია განხორციელდეს კედლის (განმხოლოებლის) სხვადასხვა მხარეს არსებულ მოცულობებში (ოთახებში) შექმნილი და მიღებული ბგერის დაწნევათა სხვაობის მიხედვით, ანუ ბგერის დონეთა ფარდობითი შეფადების გზით. იმ შემთხვევაში, როდესაც მასალის მშთანთქმის კოეფიციენტი მეტია 0.5-ზე მაშინ დიდი სიზუსტითაც კი შეიძლება განისაზღვროს ზეოდ აღნიშნული პარამეტრები. ამგვარი ტესტირებითი საშუალოს ჩატარებისათვის აუცილებელია, რომ როგორც ნიმუშებიანი ისე არანიმუშიანი (ცარიელ) სივრცეებში განხორციელებული გაზომვითი პროცედურები უნდა ჩატარდნენ ერთნაირ პირობებში ერთი და იგივე მახასიათებელიანი გამზომი ხელსაწყოების მეშვეობით.

გაზომვა უნდა ჩატარდეს ცალკეული ოქტვანობის სიხშირეებისათვის შემდეგ ეტაპების მიხედვით:

1. გაიზომოს ხმაურის დონეები არანიმუშიან (ცარიელ) ხმაურის წარმომქმნელ და მიმღებ სივრცეებში (ოთახებში).
2. გაიზომოს ხმაურის დონეები ნიმუშიან ხმაურის წარმომქმნელ და მიმღებ სივრცეებში.
3. მიღებული ბგერის აბსორბუნარიანობის მიხედვით შეირჩეს უახლოესი აბსორბუნარიანობის ცნობილი მასალა და მასზე (იგივე ზომის და მოცულობის მასალაზე) ჩატარდეს ანალოგიური ექსპერიმენტი ანალოგიურ პირობებში.
4. ცნობილი აბსორბუნარიანობის კოეფიციენტიანი მასალის ტესტირებით მიღებული აბსორბირების კოეფიციენტის რეალობიდან გადახრისას (თუ ასეთი გამოვლინდა) განისაზღვროს კორექციის კოეფიციენტი.
5. მიღებული კორექციის კოეფიციენტით დაზუსტდეს საცდელი ნიმუშის აბსორბუნარიანობის და აბსორბირების კოეფიციენტი.

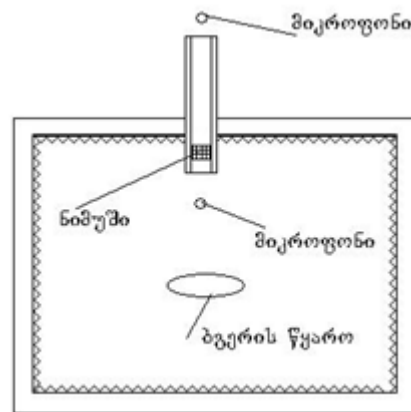
აღნიშნული ექსპერიმენტის განხორციელებისათვის, ფანერისაგან (ან სხვა მასალისაგან), დამზადდება 0,5 მ³ კუბი (ყუთი). ყუთში მოთავსდება ბგერის წყარო (დინამიკი) და ხმაურის დონის გამზომი ხელსაწყო. ბგერის ინტენსიობის დასაფიქსირებლად ყუთში ასევე მოთავსდება ვიდეოთვალი. ბგერის ინტენსიობა გაიზომება ასევე ყუთის გარეთ. შემაჯავლი ან გამომაჯავლი

ბგერების ინტენსიობის ერთდროულად გაზომვა, გარემოს ფონის გათვალისწინებით, საშუალებას იძლევა დადგინეს ყუთის შიგნით და გარეთ არსებული ბგერათა ინტენსიობათა სხვაობა, ანუ ბგერითი დაწნევათა სხვაობა.

ამგვარად ცარიელი და საცდელი ქაფ ბეტონით, ან ქაფპოლიურეთანით დაფარული ყუთების მიმართ ბგერის ინტენსიობის გაზომვითი პროცედურებით დადგინდება ყუთის შიგნით და გარე სივრცეებში ბგერათა ინტენსიობის სხვაობა. მიღებული საცდელი მასალის მიერ ბგერის შთანთქმის მახასიათებლის სიდიდის მიხედვით შეირჩევა მსგავსი (ახლოს მდგომი) შთანთქმის კოეფიციენტიანი ცნობილი მასალა. რომლითაც დაიფარება ზემოთ აღნიშნული ყუთი იმავე ფართით და იგივე ტესტირების პირობებით განხორციელდება ბგერის შთანთქმისუნარიანობის გაზომვა. მიღებული მონაცემის შედარებით აღნიშნული მასალის რეალურ (ცნობილ) ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტთან დადგინდება კორექციის კოეფიციენტი. მიღებული კორექციის კოეფიციენტით კი განხორციელდება საძიებო მაგალითად ქაფ ბეტონის შთანთქმის კოეფიციენტის კორექტირება-დაზუსტება. იმ შემთხვევაში როდესაც საძიებო მასალის ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტი მეტია 0.5-ზე მაშინ ასეთი გზით მიღებული ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტი აბსულიტურად მისაღები ხდება, რადგან ასეთ დროს 10% შეცდომა უმნიშვნელოდ ითვლება [9].



ნახ. 13.



ნახ. 14

აღსანიშნავია, რომ დღევანდელი საიზოლაციო მასალების შესაძლებლობების გათვალისწინებით, შესაძლებელია მოეწყოს ბგერის ინტენსიურობის გამზომი ოთახი-ლაბორატორია ნახ. 13, რომელსაც ექნება მინიმალური რევერბერაცია (სმენის ქვედა ზღვრამდე დაყვანილი), რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელი გახდება ჩატარდეს მაღალი სიზუსტის ექსპერიმენტები, როგორც არსებული ბგერის შთანთქმის α კოეფიციენტის დასადგენად (მასალის მიერ შთანთქმული და გატარებული ბგერათა ერთობლიობიდან გამომდინარე), ისე უშუალოდ განისაზღვროს მასალის მიერ ფიზიკურად შთანთქმული α_f კოეფიციენტი.

აღნიშნული კვლევითი ექსპერიმენტის ჩასატარებლად მინიმალური რევერბერაციის მქონე ლაბორატორიულ ოთახში ნახ. 14, დამონტაჟებულია გარეთ გამავალი და ცისკენ (მინიმალური ბგერის ამრეკლავ წინააღობათა

მხარეს) მიმართული d დიამეტრის მილი. ქსპერიმენტები შესაძლებელია განხორციელდეს შემდეგნაირად.

1. მილის შემავალ მხარეს ჩამავრდეს გამოსაკვლევი მასალა და მის მიმართ გაიზომოს როგორც მასზე დაცემული f ისე მისგან არეკვლილი r ბგერის ინტენსიობები, ნახ. 9-ზე მოყვანილი სქემის და მეთოდის მიხედვით.
2. იმავდროულად მილის გამომავალ მხარეს ასევე გაიზომოს გამოსაკვლეველი მასალიდან განჭოლვილი ბგერის τ სიდიდე (ინტენსიობა).
3. მილში გამავალ ბგერაზე, მილისგან გამოწვეული ზემოქმედების კორექციის δ გათვალისწინებისათვის 1 და 2 პუნქტი გამეორდეს გამოსაკვლევი ნამზადისაგან თავისუფალ მილის მიმართ (ცარიელ მილში), ანუ დადგინდეს შემავალი და გამომავალი ბგერათა ინტენსიობის თანაფარდობა.

სასურველია შეირჩეს ისეთი მასალისაგან დამზადებული და ისეთი დიამეტრის მილი, რომელიც მის შესასვლელზე და გამოსასვლელზე დამაგრებული მიკროფონების ზომების გათვალისწინებით, მოგვცემს შემავალ და გამომავალ სიგნალების თანაფარდობას, რაც შეიძლება 1-თან მიახლოებულს.

ცხადია ამგვარად მიღებული შთანთქმის კოეფიციენტი ტოლი იქნება $\alpha=f-r-\delta$. ფიზიკური კი - $\alpha_{\phi}=f-r-\tau-\delta$.

ზემოთმოყვანილი ყუთის მეშვეობით და აღწერილი მეთოდით, საჭიროების შემთხვევაში და მისაღები სიზუსტით, ასევე შესაძლებელია დადგინდეს მასალის თბოგამტარუნარიანობის მასხასიათებლები.

ლიტერატურა

1. Уровень шума и его источники. <http://www.kakras.ru/doc/shum-decibel.html>
2. J. Han, D. W. Herrin, and A. F. Seybert. Accurate Measurement of Small Absorption Coefficients. Department of Mechanical Engineering, University of Kentucky. 07NVC-234.
3. М.А. Исакович. Общая акустика. Изд. «Наука»ю М. 1973. 495 с.
4. Common Noise Problems. <http://www.blackcatacoustics.co.uk/common-nois...>
5. Sound insulation. <http://www.paroc.com> › Knowhow › Sound
6. FLOYD R. WATSON PROFESSOR. THE ABSORPTION OF SOUND BY MATERIALS. UNIVERSITY OF ILLINOIS BULLETIN. Vol. XXV November 29, 1927 No. 13.
7. Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method-
8. IMPROVING SOUND INSULATION IN HOMES. <http://www.co.uk/acoudtics>.
9. Laboratory Measurement of Random Incidence Sound Absorption Tests Using a Small Reverberation Room. Issuing. Acustical Materials committee. J2883
10. M.Garai, M.Berenger, P.Guidorzi, Ph.L.Hermite. Procedure for measuring the sound absorbtion of rosd surfaces in situ. DIENCA, University of Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italy, LCPC, Centre de Nantes, BP 19, 44340 Bouguenais, France

11. M.Garai, "Measurement of the sound absorption coefficient in situ: the reflection method using pseudo-random sequences of maximum length", *Sppl. Acust.*, 39, 119-139 (1993)
12. E. Mommertz, "Angle-dependent in-situ measurements of reflection coefficients using a subtraction technique", *Sppl. Acust.*, 46, 251-253 (1995)
13. M. Berenger, M.Stinson, G.Daigle, J.F.Hamet, "Porous road pavements: Statistical characterization and propagation effects", *J.Acust. Amn.*, 101 (1) 155-162 (1997)