

RENOVUOTO PASTATO AKUSTINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

Tomas Januševičius¹, Donatas Butkus²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹jtomas@vgtu.lt; ²donatas.butkus@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjami pertvarų, perdangų ir fasadų triukšmo izoliavimo koeficientų matavimai renovuotuose skirtinguose pastatuose, kurių vieno vidinės pertvaros sudarytos iš 120 mm plytų mūro ir aptaisytos gipso kartono plokštėmis, o kito pertvaros – iš 520 mm mūro ir iš abiejų pusių nutinkuotos. Natūraliomis sąlygomis išmatuoti pertvarų, perdangų ir fasadų garso izoliavimo koeficientai ir palyginti su garso izoliavimo akustinio komforto klasėmis. Storos plytų mūro sienos pertvaros garso izoliavimo koeficientas buvo 58 dB – tai atitinka B akustinę klasę, o 120 mm plytų mūro pertvaros garso izoliavimo koeficientas tesiekė 48 ir atitiko E – žemiausią garso izoliacijos klasę. Apskaičiuotas teorinis pertvarų garso izoliavimo koeficientas taikant tris formules pagal masės dėsnį ir teoriniai garso izoliavimo skaičiavimai pagal skirtingas formules lyginami tarpusavyje ir su matavimų natūraliomis sąlygomis rezultatais. Nagrinėjami ir aptariamieji skaičiavimų ir matavimų duomenys.

Reikšminiai žodžiai: masės dėsnis, pastato akustika, triukšmas, garso izoliavimo koeficientas.

Įvadas

Tiriant garso izoliavimo koeficiento R_w ar standartizuoto garso slėgio lygio skirtumo D_{nTw} tyrimus naujai pastatuose ar renovuotose namuose, pastebėta, kad garso izoliavimo koeficientas R_w ar standartizuotas garso slėgio lygio skirtumas D_{nTw} dažniausiai būna apie 3–6 dB mažesnis negu tų pačių konstrukcijų atliktų tyrimų rezultatai laboratorinių matavimų metu. Žemesnę garso izoliaciją pastatuose dažniausiai lemia iš vienos patalpos į kitą ne tiesiogiai per konstrukciją, o aplinkiniais keliais per greutines pertvaras ir perdangas perduotas triukšmas (Hongisto 2001). Iki šiol gerai iširtos yra tik monolitinės sunkiojo betono sienos, nes tokios sienos labiausiai įprastos pastato struktūros (Gerretsen 1979, 1994; Craik 1987; Craik *et al.* 1997).

Statybinių medžiagų ir kompozicijų gebai sugerti ar atspindėti garso bangas, taip pat nustatyti reikiamą garso izoliaciją naudojamos statybinių medžiagų tyrimo kameros (Jagniatinskis 2002).

Nuolatinis triukšmas veikia nervų sistemą ir yra stresą sukiantis veiksnys, todėl Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) triukšmą priskyrė prie fizinių veiksnių, skatinančių profesinių ligų atsiradimą ir plitimą (Butkus, Grubliauskas 2008).

Triukšmas gali nesukelti skausmo, galima net nejausti diskomforto dėl padidėjusio triukšmo lygio, tačiau jis veikia kaip lėtinė liga ir ateityje gali sukelti rimtų sveikatos pakenkimų (Reinhold, Tint 2009).

Triukšmo lygis darbo vietoje ar namų aplinkoje yra vienas pagrindinių veiksnių, lemiančių komforto rodiklį,

todėl triukšmo procesams nagrinėti skiriama vis daugiau dėmesio (Grubliauskas, Butkus 2009).

Įvairiais tyrimais (Willich *et al.* 2006) patvirtinta, kad padidėjęs triukšmo lygis gyvenamojoje ir darbo aplinkoje susijęs su padidinta rizika susirgti širdies infarktu (Baltrėnas *et al.* 2007; Zavadskas *et al.* 2007a, b).

Siekiant užtikrinti gyventojų ramybę, pastatai turi atitikti tam tikrus triukšmo izoliavimo reikalavimus, kuriuos numato statybos techninis reglamentas (STR). Pastatai, kurie renovuojami ar keičiama jų paskirtis į gyvenamuosius, turi atitikti teisės aktuose reikalaujamą garso izoliacijos E klasę.

Tyrimo tikslas: teoriškai pagal masės dėsnį apskaičiuoti pertvaros triukšmo izoliavimo koeficientą ir palyginti jį su natūrinių tyrimų rezultatais, taip pat eksperimentiškai įvertinti fasado, perdangos ir pertvaros garso izoliaciją.

Metodika

Perdangų ir pertvarų garso izoliacija tiriama vadovaujantis tarptautiniais standartais LST EN ISO 140–4; 140–5 ir 140–7 serija.

Atliekant natūrinius pastato atitvarų akustinius matavimus, turi būti išlaikytos tam tikros bandymų sąlygos. Atitvarų garso izoliavimo matavimai turi būti atliekami tokios pat formos ir matmenų patalpose, kuriose įrengti garso sklaidytuvai, kurių funkcijas gali atlikti baldai, statyboje naudojami skydai. Mažiausias atskiro sklaidytuvo plotas turi būti 1,0 m². Paprastai pakanka 3 ar 4 sklaidytuvų. Matuojama trečdalis oktavos dažnių juostoje. Matuoti naudojamas baltasis triukšmas siunčiamojo

garso patalpoje, kuris generuojamas specialiu visakrypčiu garsiakalbiu.

Garso slėgio lygio matavimai atliekami 10 vietų siunčiamojo ir tiek pat vietų priimamojo garso patalpoje, iš visų matavimų išvedant vidutinį garso slėgio lygio vidurkį. Mikrofono pozicijos išdėstomos mažiausiais atstumais:

0,7 m atstumu tarp mikrofonų;

0,5 m atstumu tarp bet kurios mikrofono vietos ir patalpos ribų;

1,0 m atstumu tarp bet kurios mikrofono vietos ir garso šaltinio.

Priimamojo garso patalpoje matuojama aidėjimo trukmė, kaip nurodyta ISO 354. Aidėjimo trukmė nustatoma iš garso slopimo kreivės, pradedant stebėti praėjus 0,1 s, kai triukšmo šaltinis buvo išjungtas arba kai garso slėgio lygis tapo keliais decibelais mažesnis nei garso slėgio lygis, kuris buvo prasidedant slopimui. Triukšmo slopimas matuojamas ne mažiau kaip po šešis kartus kiekvienoje dažnių juostoje.

Garso izoliavimo koeficientas R_w apskaičiuojamas pagal formulę

$$R_w = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}, \text{ dB}, \quad (1)$$

čia L_1 – vidutinis garso slėgio lygis siunčiamojo garso patalpoje, dB; L_2 – vidutinis garso slėgio lygis priimamojo garso patalpoje, dB; S – bandinio (sienos) plotas, m²; A – lygiavertis garso sugerties plotas priimamojo garso patalpoje, m²;

$$A = \frac{0,16V}{T}, \quad (2)$$

čia T – priimamojo garso patalpos aidėjimo trukmė, s; V – priimamojo garso patalpos tūris, m³.

Atliekant natūrinius grindų smūgio garso izoliavimo matavimus, smūgio mašina išdėstoma mažiausiai šešiuose taškuose, kurie parenkami atsitiktine tvarka. Matuojama trečdalis oktavos juostose, garso lygis matuojamas po grindimis esančioje patalpoje. Matavimo metu mikrofonas išdėstomas taip:

0,7 m tarp mikrofono vietų;

0,5 m tarp bet kurių mikrofono vietų ir patalpos ribų;

1,0 m tarp bet kurių mikrofono vietų ir veikiamų smūgio mašina grindų.

Mikrofonai išdėstomi mažiausiai keturiose nuolatinėse matavimo vietose, triukšmo lygis matuojamas šešis kartus. Po grindimis esančioje patalpoje taip pat matuojamas aidėjimo trukmės laikas, kiekvienoje dažnių juostoje matuojama mažiausiai po 6 kartus, vienoje smūgio mašinos vietoje matuojama po 3 kartus skirtingose pozicijose.

Standartizuotas smūgio garso slėgio lygis $L_{nT,W}$ apskaičiuojamas pagal formulę

$$L_{nT,W} = L - 10 \lg \frac{T}{T_0}, \text{ dB}, \quad (3)$$

čia L – vidutinis garso slėgio lygis priimamojo garso patalpoje, dB; T_0 – gyvenamosiose patalpose 0,5 s.

Tiriant visuminiu fasado triukšmo izoliavimo tyrimo metodu taikoma formulė

$$D_{ls2mT_w} = D_{2m} + 10 \lg \frac{T}{T_0}, \text{ dB}, \quad (4)$$

$$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2, \quad (5)$$

čia $L_{1,2m}$ – vidutinis garso slėgio lygis 2 m atstumu nuo fasado, dB; L_2 – vidutinis priimamojo garso patalpos erdvinio ir laikinio garso slėgio lygis, dB.

Pertvaros izoliavimo koeficientas pagal masės dėsnį apskaičiuojamas pagal 6, 7 ir 8 formules (Stauskis 2007):

$$R = 20 \lg(fm) - 47, \quad (6)$$

$$R = \left(20 \lg \frac{\pi f m}{\rho c} - 3 \right), \quad (7)$$

$$R = 20 \lg \frac{\pi m f}{\rho_0 c}, \quad (8)$$

čia f – garso dažnis, Hz; m – atitvaros masė, kg/m²; ρ – atitvaros medžiagos tankis kg/m³; c – garso sklaidimo greitis ore m/s; ρ_0 – oro tankis kg/m³.

Aplinkos triukšmo klasė nustatoma skaičiuojant L_{dvn} , kuris gaunamas matuojant aplinkos triukšmo lygį ir skaičiuojant L_{dvn} pagal formulę

$$L_{dvn} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_{dienes}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{vakaro} + 5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{nakties} + 10}{10}} \right), \quad (9)$$

čia L_{dienes} – triukšmo lygis dienos metu, dB; L_{vakaro} – triukšmo lygis vakaro metu, dB; $L_{nakties}$ – triukšmo lygis nakties metu, dB.

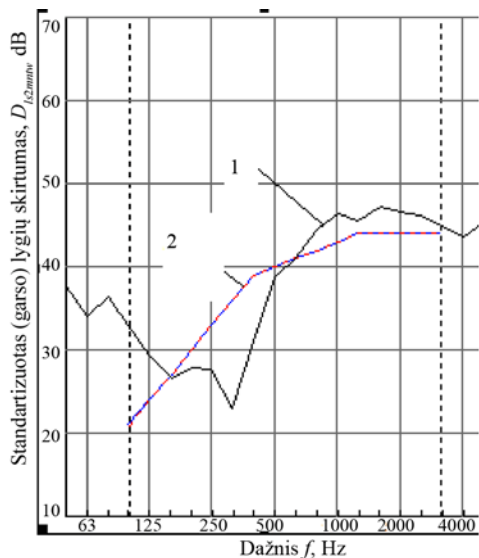
Pastato akustinių savybių tyrimai natūraliomis sąlygomis atlikti renovuotuose pastatuose. Vieno pastato fasadas sudarytas iš 200 mm plytų mūro, kuriame įstatyti plastikiniai 5 oro kamerų rėmo ir dvigubo stiklo paketo langai. Pertvaros sudarytos iš 120 mm plytų mūro ir iš abiejų pusių apklijuotos gipso kartono plokštėmis bei nutinkuotos, o perdangos – iš gelžbetoninių plokščių, dengtų linoleumu, ir pakabinamų triukšmą sugeriančių porėtų lubų.

Kito renovuoto pastato, kuriame matuotos garso izoliacijos savybės, fasado seni mediniai langai pakeisti į klijuoto medžio langus su stiklo paketais, fasadas sudarytas iš tinko / plytų mūro (520 mm) / tinko su trimis 1,5 m² langais, pertvara tarp kambarių sudaryta iš tinko / plytų mūro (520 mm) / tinko, o perdanga – iš „Teriva“ blokelių / sijos / grindų, dengtų „plaukiojančiu“ parketu.

Rezultatai ir jų analizė

Fasado, sudaryto iš 200 mm plytų mūro, tyrimų rezultatai pateikti 1 paveiksle. Fasadas pasižymėjo aukštu garso izoliavimo lygiu esant žemesiems 50–100 Hz dažniams, kuriuose triukšmo izoliavimo koeficientas siekė 37,7–32,9 dB. Prasčiausiai triukšmo lygis fasade sumažėjo esant 315 Hz dažniui, kai konstrukcijoje susidarė garso rezonansas ir dėl to labai sumažėjo garso izoliacija, kuri tesiekė 22,9 dB. Garso izoliacija greitai didėjo iki 500 Hz dažnio ir siekė 38,7 dB, toliau triukšmo izoliacija vėl didėjo didėjant dažniams.

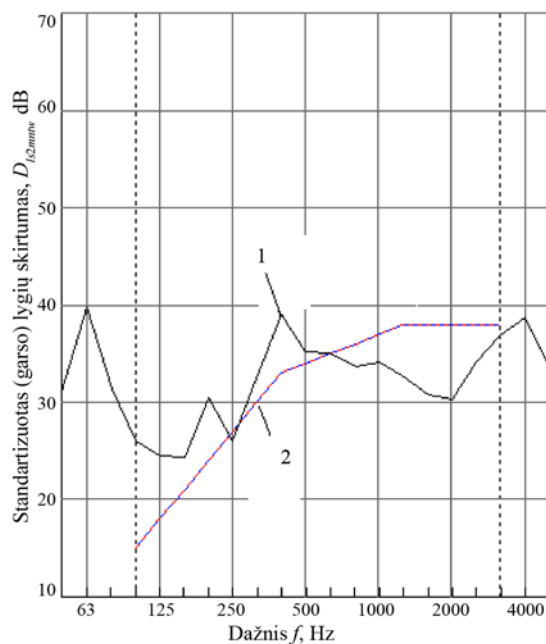
Šio pastato fasadas atitinka C garso izoliavimo klasę, net esant aukštam aplinkos triukšmo lygiui, kuris siekia iki 65 dB.



1 pav. Fasado standartizuoto garso slėgio lygio skirtumo $D_{Is2mntw}$ tyrimo rezultatai: 1 – kreivė vaizduoja tyrimų rezultatus; 2 – perstumta atskaitos kreivė pagal ISO 717–1, pagal kurią ties 500 Hz nustatomas bendras garso izoliavimo koeficientas

Fig. 1. Results of the standardized facade sound pressure level difference $D_{Is2mntw}$: 1 – curve shows the results; 2 – moved the reference curve according to ISO 717–1, which is determined at 500 Hz and the overall sound insulation factor

Fasado, sudaryto iš 520 mm plytų mūro ir klijuoto medžio rėmų langų su dvigubu stiklo paketu, tyrimų rezultatai pateikti 2 paveiksle. Fasadas pasižymėjo aukštu garso izoliavimo lygiu esant žemesiems 50–80 Hz dažniams,



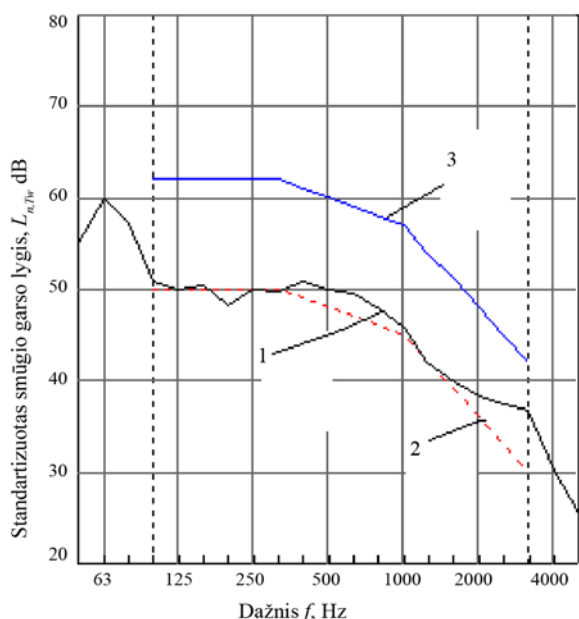
2 pav. Fasado standartizuoto garso slėgio lygio skirtumo $D_{Is2mntw}$ tyrimo rezultatai: 1 – kreivė vaizduoja tyrimų rezultatus; 2 – perstumta atskaitos kreivė pagal ISO 717–1, pagal kurią ties 500 Hz nustatomas bendras garso izoliavimo koeficientas

Fig. 2. Results of the standardized facade sound pressure level difference $D_{Is2mntw}$: 1 – curve shows the results; 2 – moved the reference curve according to ISO 717–1, which is determined at 500 Hz and the overall sound insulation factor

kuriuose triukšmo izoliavimo koeficientas siekė 31,0–39,8 dB. Garso izoliacijos koeficientas mažėjo nuo 100 iki 160 Hz, kol tesiekė 26 dB. Rezonansas fasade susidarė ties 250 Hz, kai triukšmo izoliacija siekė 26 dB. Išmatuotas fasado garso izoliavimo koeficientas buvo 34 dB.

Perdangos standartizuotas smūgio garso slėgio lygis $L_{n,Tw}$ buvo 48 dB (3 pav.). Kuo aukštesnis pertvaros ar fasado izoliavimo koeficientas, tuo geresnėmis triukšmo izoliavimo savybėmis pasižymi pertvara. Perdanga, priešingai negu pertvara ar fasadas, esant žemesniam standartizuotam smūgio garso slėgio lygiui pasižymi geresnėmis triukšmo izoliavimo savybėmis.

Išmatuotas perdangos standartizuoto smūgio garso slėgio lygis siekė 48 dB, o renovuotiems pastatams privaloma triukšmo izoliavimo klasė yra E. Šiuo atveju išmatuotas pertvaros izoliavimo koeficientas tarp kambarių atitinka B klasę, o tai reiškia, kad yra didesnis triukšmo izoliavimo lygis ir taip pat komfortas. Matavimams naudota smūgio mašina, atitinkanti tarptautiniuose standartuose keliamus reikalavimus. Gerą smūgio garso izoliaciją lėmė linoleumu uždengta grindų danga, sugerianti smūgi, nukreiptą į konstrukciją, taip pat perdangos garso izoliavimo savybes gerina pakabinamosios lubos, kurios sugeria dalį triukšmo, sklindančio į žemiau esančią patalpą.



3 pav. Perdangos standartizuoto smūgio garso slėgio lygio $L_{n,Tw}$ izoliavimo koeficiento tyrimo rezultatai: 1 – kreivė vaizduoja tyrimų rezultatus; 2 – perstumta atskaitos kreivė pagal ISO 717–2, pagal kurią ties 500 Hz nustatomas bendras garso izoliavimo koeficientas; 3 – atskaitos kreivė pagal ISO 717–2

Fig. 3. Results of imposition of a standardized impact sound pressure level $L_{n,Tw}$ insulation factor: 1 – curve shows the results; 2 – moved the reference curve according to ISO 717–1, which is determined at 500 Hz and the overall sound insulation factor; 3 – the reference curve according to ISO 717–2

Pagal triukšmo izoliavimo koeficiento ir standartizuoto smūgio garso slėgio lygio koeficiento dydį, taikomą pertvaroms ir perdangoms, kaip numato STR, nustatytos triukšmo izoliavimo klasės pateiktos 1–4 lentelėse.

Pastato, kurio perdangos sudarytos iš „Teriva“ blokelių ir sijos, o grindys dengtos „plaukiojančiu“ parketu,

1 lentelė. Gyvenamųjų pastatų vidinių atitvarų ore sklindančio garso klasifikatorius. Mažiausios tariamojo oro garso izoliavimo rodiklio vertės

Table 1. Classification of the residential interior partitioning of airborne sound. Values of the lowest apparent airborne sound insulation index

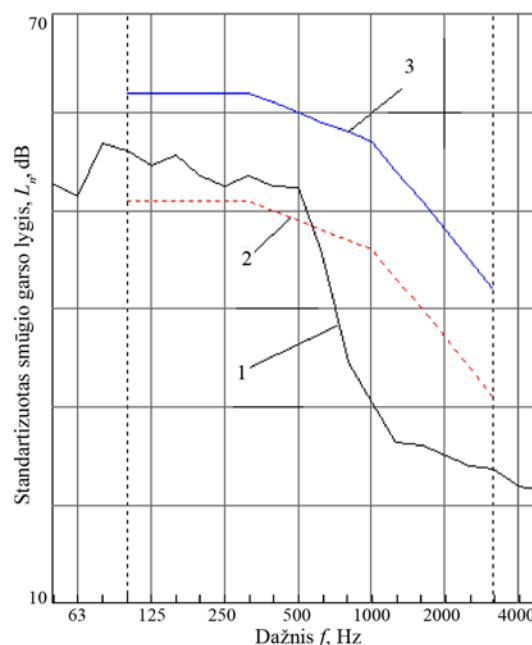
Saugomos erdvės tipas	Vidinių atitvarų garso klasė				
	A	B	C	D	E
	Rodiklis				
	$R_w + C_{50-3150}$	$R_w + C_{50-3150}$	R_w	R_w	R_w
Atitvara tarp kambarių ir šalia esančių kitų patalpų	63	58	55	52	48

2 lentelė. Gyvenamųjų pastatų perdangų smūgio garso izoliavimo klasifikatorius. Didžiausios smūgio garso slėgio vertės

Table 2. Classification of the residential floor impact sound insulation. Values of the maximum impact sound pressure

Apsaugomos erdvės tipas	Perdangų garso klasės				
	A	B	C	D	E
	Rodiklis				
	$L_{n,Tw} + C_{1,50-2500}$	$L_{n,Tw} + C_{1,50-2500}$	$L_{n,Tw}$	$L_{n,Tw}$	$L_{n,Tw}$
Kambarių nuo virš jų esančių kitų butų	43	48	53	58	60

matavimo duomenys pateikti 4 paveiksle. Išmatuotas garso izoliavimo koeficientas $L_{n,Tw} = 45$, tai atitinka ypač aukštą akustinę klasę A, tačiau aukščiausiai akustinei klasei reikia pridėti pataisos sandą $C_{1,50-2500}$, kuris šiuo atveju siekė 7 dB ir bendras rezultatas $L_{n,Tw} = 52$ dB, tada perdangos garso izoliavimo koeficientas atitinka C klasę.



4 pav. Perdangos standartizuoto smūgio garso slėgio lygio $L_{n,Tw}$ izoliavimo koeficiento tyrimo rezultatai: 1 – kreivė vaizduoja tyrimų rezultatus; 2 – perstumta atskaitos kreivė pagal ISO 717–2, pagal kurią ties 500 Hz nustatomas bendras garso izoliavimo koeficientas; 3 – atskaitos kreivė pagal ISO 717–2

Fig. 4. Results of imposition of a standardized impact sound pressure level $L_{n,Tw}$ insulation factor: 1 – curve shows the results; 2 – moved the reference curve according to ISO 717–1, which is determined at 500 Hz and the overall sound insulation factor; 3 – the reference curve according to ISO 717–2

3 lentelė. Gyvenamųjų pastatų išorinių atitvarų ore sklindančio garso izoliavimo klasifikatorius. Mažiausios standartizuotojo lygių skirtumo rodiklio D_{2mnT_w} vertės

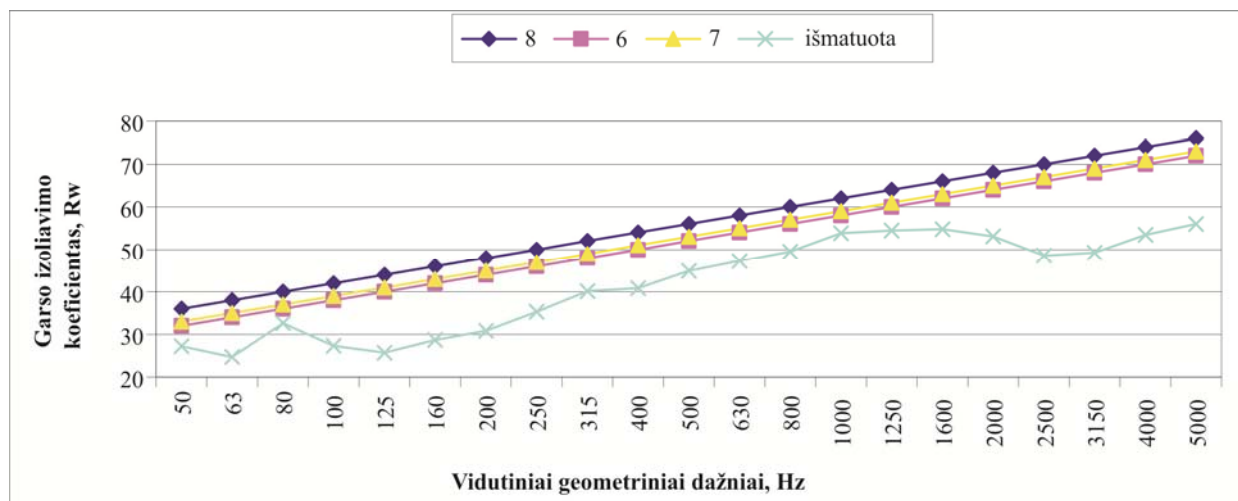
Table 3. Classification of the residential exterior partitioning of airborne sound. Values of difference of the lowest standardized level D_{2mnT_w}

Išorinės aplinkos garso klasė	Išorinių atitvarų garso klasė				
	A	B	C	D	E
	Rodiklis				
	D_{2mnT_w} (dB)				
A	32	29	24	21	20
B	35	32	27	23	21
C	40	35	30	25	23
D	45	40	35	28	23
E	50	45	40	33	28
Neklasifikuojama	55	50	45	38	33

4 lentelė. Transporto šaltinių garso slėgio lygių pastato išorėje klasifikatorius. Didžiausios vidutinių ilgalaikių A svertinių garso lygių, išreikštų L_{dvn} , vertės

Table 4. Classification of the transport sources of sound pressure levels outside the building. Values of the highest long-term average A-weighted sound level, expressed as a L_{dvn}

Saugomos erdvės tipas	Triukšmo rodiklis	Pastato išorės aplinkos garso klasė					Neklasifikuojama
		A klasė	B klasė	C klasė	D klasė	E	
Pastato išorinė aplinka bent vienoje vietoje	L_{dvn}	45	50	55	60	65	> 65

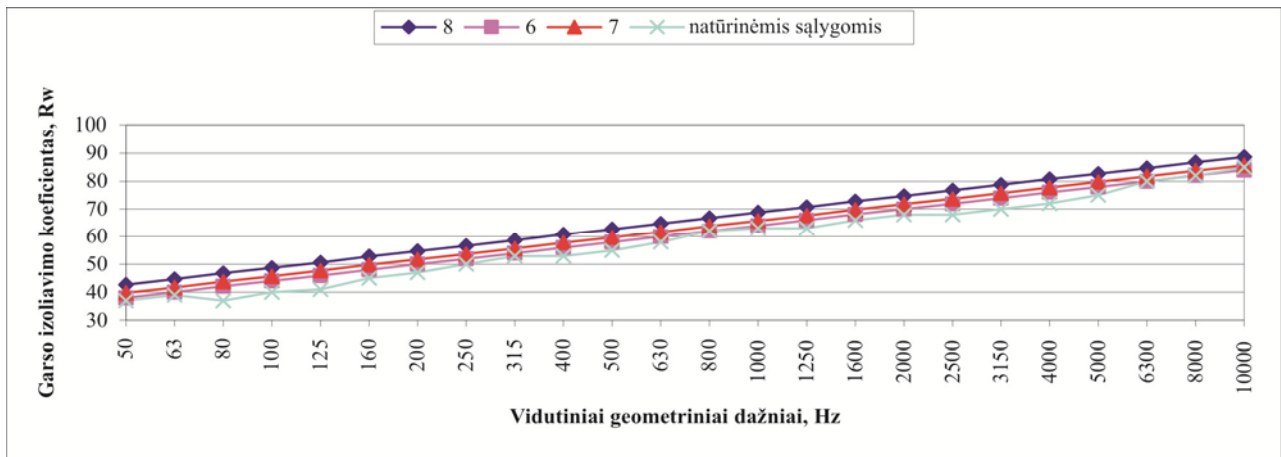


5 pav. Kreivės \blacklozenge \blacksquare \blacktriangle vaizduoja pertvaros garso izoliavimo koeficientus, apskaičiuotus pagal masės dėsnį; skaičius, esantis šalia kreivės, rodo formulės numerį, pagal kurią atlikti skaičiavimai. Kreivė \times vaizduoja garso izoliavimo koeficientą, išmatuotą natūraliomis sąlygomis

Fig. 5. Curves \blacklozenge \blacksquare \blacktriangle shows the partition coefficients of sound insulation calculated under the law of weight, number located near the curve indicate the number of formulas, which make the calculations. The curve \times shows the sound insulation coefficient measured in subsistence conditions

Pertvarų garso izoliavimo koeficientas skaičiuotas teoriškai pagal 6, 7 ir 8 formules ir palyginamas su išmatuotu. Pertvaros sudarytos iš 120 mm plytų mūro ir iš abiejų pusių apkljuotos gipso kartono plokštėmis bei nutinkuotos, tyrimų ir teorinių skaičiavimo rezultatai pateikti 5 paveiksle, iš kurio matyti, kad išmatuotas garso izoliavimo koeficientas R_w gautas mažesnis negu teoriškai apskaičiuotas. Labiausiai išmatuoto neatitinka ir didžiausios

reikšmės gautos skaičiuojant pagal (8) formulę. Mažiausi nesutapimai skaičiuojant teorinį ir lyginant su išmatuotu garso izoliavimo koeficientu gauti taikant (6) formulę. Skaičiuojant pagal ją visų dažnių rezultatas 1 dB mažesnis negu – pagal (7) formulę. Tarp išmatuoto ir apskaičiuoto garso izoliavimo koeficiento nedidelis iki 6 dB skirtumas gautas esant žemesiems dažniams 50–80 Hz. Esant



6 pav. Kreivės —♦—, —■—, —▲— vaizduoja pertvaros garso izoliavimo koeficientus, apskaičiuotus pagal masės dėsnį, skaičius, esantis šalia kreivės, rodo formulės numerį, pagal kurią atlikti skaičiavimai. Kreivė —×— vaizduoja garso izoliavimo koeficientą, išmatuotą natūraliomis sąlygomis

Fig. 6. Curves —♦—, —■—, —▲— shows the partition coefficients of sound insulation calculated under the law of weight, number located near the curve indicate the number of formulas, which make the calculations. The curve —×— shows the sound insulation coefficient measured in subsistence conditions

žemesiems dažniams 100–500 Hz, didžiausias nesutapimas 15 dB gautas, kai buvo 125 Hz dažnis – atitvaroje tada pasireiškė rezonansas ir labai sumažėjo triukšmo izoliavimo koeficientas. Esant 630–1600 Hz dažniams, nesutapimai tarp skaičiuoto ir išmatuoto garso izoliavimo koeficiento siekė iki 7 dB. Aukštųjų dažnių didžiausias nesutapimas buvo gautas 18 dB, esant 2500 Hz dažniui. Nesutapimai tarp matuotų rezultatų ir teoriškai apskaičiuotų galimi ir dėl triukšmo perdavimo iš vienos patalpos į kitą ne tiesiogiai per konstrukciją, o aplinkiniais keliais, gretimomis sienomis ir perdangomis. Taip pat nedidelis garso mažėjimas susijęs su konstrukcijos struktūra. Konstrukcijoje nėra tokių triukšmo absorbuojančių medžiagų, kaip akmenis ar stiklo vata, kurios sugeria garso bangas ir paverčia jas šilumine energija. Kai gipso kartono plokštės prispaustos tiesiogiai prie plytų mūro, tai padeda triukšmui pereiti tiesiogiai per konstrukciją, kadangi nėra oro tarpo.

Pertvaros, sudarytos iš 520 mm plytų mūro ir iš abiejų pusių nutinkuotos, tyrimų ir teorinio skaičiavimo rezultatai pateikti 6 paveiksle. Iš jo matyti, kad šiuo atveju pertvaros išmatuotas ir teoriškai pagal masės dėsnį apskaičiuotas garso izoliavimo koeficientas faktiškai sutampa lyginant su skaičiavimais, atliktais pagal (6) ir (7) formules. Išmatuotas garso izoliavimo koeficientas $R_w = 60$ dB atitinka B garso izoliavimo klasę (1 lentelė). Tačiau esant B akustinio komforto klasei, rezultatas koreguojamas pridodant pataisos sandą $C_{50-3150}$, kuris šiuo atveju gautas –2 dB. Bendras pertvaros izoliavimo koeficientas gautas 58 dB, tai atitinka B garso izoliavimo klasę.

Kaip matyti iš 6 paveikslo, išmatuotas garso izoliavimo koeficientas R_w yra gerokai mažesnis negu teoriškai apskaičiuotas. Labiausiai išmatuoto koeficiento neatitinka ir didžiausios reikšmės, gautos skaičiuojant pagal (8) formulę. Mažiausi nesutapimai skaičiuojant teorinį ir lyginant su išmatuotu garso izoliavimo koeficientu gauti pagal (6) formulę. Skaičiuojant pagal ją, visų dažnių rezultatas yra 1 dB mažesnis negu skaičiuojant pagal (7) formulę. Tarp išmatuoto ir apskaičiuoto pagal (6) formulę garso izoliavimo koeficiento 1 dB nesutapimas gautas esant žemesiems dažniams 50 Hz ir 63 Hz. Didžiausias nesutapimas, esant žemesiems 80–500 Hz dažniams, gautas ties 80 Hz, kai šis nesutapimas tarp išmatuoto ir apskaičiuoto siekė 5 dB, o kitų dažnių nesutapimas svyruoja nuo 1 dB iki 3 dB per oktavą. Esant vidutiniams 630–1000 Hz dažniams, nesutapimas siekė iki 2 dB, kuris gautas esant 630 Hz, o esant 800 Hz dažniui nesutapimų nebuvo. Esant aukštiesiems dažniams 1250–10 000 Hz, nesutapimai gauti iki 4 dB.

Pastato garso izoliavimo klasė nustatoma bendra, atskaitos tašku imant prasčiausiomis garso izoliacinėmis savybėmis pasižyminčią konstrukciją.

Išvados

1. Didžiausi sutapimai tarp išmatuoto ir apskaičiuoto pertvaros garso izoliavimo koeficientų gauti taikant (6) formulę. Skaičiuojant pagal (7) ir (8) formules oro tankis ir garso greitis žymios įtakos matavimo rezultatams neturėjo.

2. Didžiausi nesutapimai tarp teoriškai apskaičiuotų ir išmatuotų rezultatų gauti, kai pertvara plonesnė, ir esant žemesiems dažniams nesutapimas tarp rezultatų siekė iki 24 %, esant vidutiniams dažniams – iki 20 %, o esant aukštesiems dažniams – iki 27 %.
3. 520 mm storio plytų mūro pertvaros nesutapimai tarp teoriškai apskaičiuotų ir išmatuotų rezultatų gauti labai nedideli – dažniausiai siekė tik iki 3 %.
4. Nesutapimai tarp skaičiuotų ir išmatuotų rezultatų gaunami dėl triukšmo perėjimo netiesioginiais, aplinkiniais keliais ir dėl pertvaroje susidarantių rezonansų, į kuriuos teorinio skaičiavimo formulėse neatsižvelgta.

Literatūra

- Baltrėnas, P.; Fröhner, K.; Puzinas, D. 2007. Investigation of noise dispersion from seaport equipment on the enterprise territory and residential environment, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 15(2): 85–92.
- Butkus, D.; Grubliauskas, R. 2008. Investigation of noise level in Trakai city during day, in *Proceedings of the 7th International Conference Environmental Engineering*, May 22–23, 2008, Vilnius, Lithuania. 85–92.
- Craik, R. J. M. 1987. The noise reduction of flanking paths, *Applied Acoustics* 22: 163–175. doi:10.1016/0003-682X(87)90034-X
- Craik, R. J. M.; Craik, T. R. T.; Nightingale, J. A. 1997. Steel, Sound transmission through a double leaf partition with edge flanking, *J. Acoust. Soc. Am.* 101(2): 964–969. doi:10.1121/1.418054
- Gerretsen, E. 1979. Calculation of the sound transmission between dwellings by partitions and flanking structures, *Applied Acoustics* 12: 413–433. doi:10.1016/0003-682X(79)90001-X
- Gerretsen, E. 1994. European developments in prediction models for building acoustics, *Acta Acustica* 2: 205–214.
- Grubliauskas, R.; Butkus, D. 2009. Chamber research on acoustic properties of materials and their evaluation, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(2): 97–105. doi:10.3846/1648-6897.2009.17.97-105
- Hongisto, V. 2001. A case study of flanking transmission through double structures, *Appl. Acoust* 62: 589–599. doi:10.1016/S0003-682X(00)00061-X
- Stauskis, V. J. 2007. *Statybinė akustika*. Vilnius: Technika. 268 p.
- Willich, S. N.; Wegscheider, K.; Stallmann, M.; Keil, T. 2006. Noise burden and the risk of myocardial infarction, *European Heart Journal* 27(3): 276–282. doi:10.1093/eurheartj/ehi658
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Kaklauskienė, J. 2007a. Modelling and forecasting of a rational and sustainable development of Vilnius: emphasis on pollution, *International Journal of Environment and Pollution* 30(3/4): 485–500. doi:10.1504/IJEP.2007.014824
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Peldschus, F.; Turskis, Z. 2007b. Multi – attribute assessment of road design solution by using the COPRAS method, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2(4): 195–203.
- Ягнятинский, А.; Фикс, Б. 2002. К вопросу декларирования шума, излучаемого техническими средствами, *Техническая акустика* 2: 1–10.

ACOUSTIC PROPERTIES OF A RENOVATED BUILDING

T. Januševičius, D. Butkus

Abstract

The article explores the effects of partitions, ceilings and facades on noise insulation in the renovated different buildings. The conducted experiments were aimed at analyzing partitions of 120 mm brick mounted gypsum panels while other walls were 520 mm thick and plastered on both sides. Under natural conditions, sound insulation factors of facades were measured and compared according to comfort classes. The obtained results revealed that thick brick walls of 520 mm insulated the sound of 58 decibels (dB) (class B). In contrast, 120 mm brick masonry partition reduced sound only to 48 dB which is class E and agrees with the lowest class of sound insulation. We also calculated the sound insulation factor applying three formulas considering the mass law of sound insulation and comparing it with other previous studies. The paper examines and discusses the findings of the performed calculations and measurements.

Keywords: law of mass, building acoustics, noise, sound insulation factor.