

POLISTIRENINIO PUTPLASČIO KONSTRUKCIJŲ AKUSTINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAI IR GERINIMAS NAUDOJANT PERDIRBTŲ PADANGŲ GUMOS PLOKŠTES

Edgaras Strazdas¹, Tomas Januševičius²

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

El. p. ¹edgaras.strazdas@vilniustech.lt; ²tomas.janusevicius@vilniustech.lt

Anotacija. Triukšmas – tai kenksmingas sveikatai, netvarkingas, įvairių dažnių ir stiprumo garso bangų mišinys. Tai pagrindinis veiksnys, sukiantis nemalonius pojūčius namų aplinkoje, todėl mokslininkai, bendradarbiaudami su projektuotojais, siekia sukurti gerai garsą izoliuojančias, ekonomiškai patrauklias ir ekologiškas statybines konstrukcijas. Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami akustinėje kameroje, esančioje Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedroje, vadovaujantis EN ISO 10140-2:2010 standartu, naudojant 1-os klasės, didelio tikslumo kalibruotą įrangą. Tyrimų metu iširti 4 moduliniai namų statyboje naudojami polistireninio putplasčio bandiniai. Bandiniai sudaryti iš 15 cm polistireninio putplasčio plokščių, skirtingo storio struktūrinio tinko ir bituminių čerpių. Tariamajam garso sumažėjimo koeficientui R'_w pagerinti buvo panaudota inovatyvi perdirbtos padangų gumos plokštė, sudaryta iš gipskartonio plokštės ir perdirbtos padangų gumos kompozito. Eksperimentinių tyrimų metu nustatytas tariamasis garso sumažėjimo koeficientas R'_w siekė 31,9–36,6 dB, o panaudojus inovatyvias perdirbtos padangų gumos plokštes, koeficientas padidėjo nuo 11,5 dB iki 14,2 dB. Remiantis gautais rezultatais, galima teigti, kad moduliniai namų statyboje naudojami konstrukciją iš polistireninio putplasčio būtų naudinga patobulinti pridėdant gipskartonio plokštės ir perdirbtos padangų gumos kompozitą, taip pagerinant konstrukcijos garso izoliavimo savybes.

Reikšminiai žodžiai: garso izoliacija, tariamasis garso sumažėjimas, triukšmas, moduliniai namai, padangų guma.

Įvadas

Dažniausiai triukšmas įvardijamas kaip nepageidaujamas garsas. Triukšmo jautimas, supratimas priklauso nuo garso stiprumo, bangų dažnio, taip pat akustinių patalpos savybių (Grubliauskas, 2009).

Yra išskiriami tokie 6 pagrindiniai triukšmo sukelti sveikatos pažeidimai. Triukšmas:

- 1) pažeidžia klausą;
- 2) skatina streso hormonų išsiskyrimą;
- 3) sukelia nepasitenkinimą;
- 4) neigiamai veikia mokymo procesą;
- 5) neigiamai veikia protinių užduočių atlikimą;
- 6) daro neigiamą įtaką socialinei elgsenai (Vilniškis, 2017).

Kenksmingiausias yra ilgai veikiantis triukšmas, kurio garso lygis prasideda nuo 60 dBA. Tokio pobūdžio triukšmas stipriai trikdo miegą, padidina infarkto ir kitų išeminių širdies ligų tikimybę (Žukauskienė ir

Grubliauskas, 2012). Be kita ko, nuolatinis triukšmas skatina profesinių ligų atsiradimą ir plitimą (Butkus et al., 2008).

Nepaisant to, kad daugelyje pasaulio šalių pastatų garso izoliacija yra griežtai reglamentuota tarptautiniais standartais, vis dar susiduriama su konstrukcijomis, kurios neatitinka priimtino akustinio komforto klasės. Viena pagrindinių to priežasčių – netinkamas dėmesys konstrukcijos garso izoliavimo savybėms nustatyti projektavimo bei statybos metu.

Lietuvoje pastatų apsauga nuo triukšmo yra reglamentuojama statybos techniniu reglamentu „Pastatų vidaus ir išorės aplinkos apsauga nuo triukšmo“ (STR 2.01.07:2003, 2003). Remiantis reglamentu, pastatai pagal akustines savybes skirstomi į penkias klases:

- A – ypač gero akustinio komforto sąlygų klasė;
- B – pagerinto akustinio komforto sąlygų klasė;
- C – priimtino akustinio komforto sąlygų klasė;

D – nepakankamo akustinio komforto sąlygų klasė;
E – ribinio akustinio komforto sąlygų klasė.

Netinkamai suprojektavus ir įrengus minimalios garso klasės (C klasė) neatitinkančias konstrukcijas, yra patiriami dideli nuostoliai jas perdarant, tobulinant, todėl labai svarbu numatyti, sumodeliuoti ar eksperimentiniais tyrimais iširti planuojamą įrengti konstrukciją dar prieš pradėdant statybas.

Atsižvelgiant į tai, kad laikas ir piniginės lėšos, skiriamos statant ir įrengiant būstą, yra vieni pagrindinių aspektų, renkantis naujus namus, gamintojai ir statytojai aktyviai plėtoja moduliinių namų statybos sektorių. Moduliniai namai yra patikimi, kokybiški, inovatyvaus dizaino, paprastos konstrukcijos, taip pat jų statybos metu susidaro labai mažai atliekų (Zhang et al., 2020). Jie suprojektuojami ir surenkami gamyloje, todėl pristačius pastatą užtenka tik jį prijungti prie inžinerinių tinklų. Gamintojai siekia naudoti kuo ekonomiškai patrauklesnes ir ekologiškesnes medžiagas, tokias kaip mediena, gipskartonio, polistireninio putplasčio konstrukcijos. Moduliiniams namams, kuriuose nebus gyvenama nuolat dvejų metų laikotarpiu, dažniausiai nėra taikomi energinio efektyvumo ir aplinkos apsaugos nuo triukšmo ribojimai, o namams iki 50 m² nereikia specialaus projekto, nes jie vertinami kaip laikinieji statiniai. Dėl šios priežasties sunku kontroliuoti moduliinių namų statybos kokybę, o ypač akustines konstrukcijos savybes, kurios dažnai gali netenkinti pirkėjo lūkesčių ir neužtikrinti pakankamo komforto gyvenant naujame name.

Garso izoliacija priklauso nuo sieninių konstrukcijų garso izoliavimo savybių (Stauskis, 2007). Sienos taip pat apsaugo patalpas nuo išorinio atmosferos poveikio (vėjo, temperatūros skirtumų, tiesioginių saulės spindulių ir kt.), užtikrina gerus mikroklimato rodiklius patalpose (Mickaitis, 2011). Norint sužinoti tam tikros konstrukcijos garso izoliacijos galimybes, modeliuojant, taip pat ir natūriniu arba eksperimentiniu metodu nustatomas standartizuotas garso lygių skirtumas $D_{nT,W}$ arba tariamasis garso sumažėjimo koeficientas R'_w (Hongisto, 2000).

Konstrukcijos garso izoliacinės savybės priklauso nuo paviršiaus ploto vieneto masės, tankio, konstrukcijos sujungimo su kitomis pastato dalimis būdo ir statybos darbų atlikimo kokybės. Statybinio broko pasekmė – atsiradę plyšiai, oro tarpai, neužtikrinantys konstrukcijos sandarumo. Broko paveiktos konstrukcijos garso izoliacijos rodiklis gali suprastėti nuo kelių iki keliolikos decibelų.

Kaip jau minėta, moduliinių namų statyboje naudojamos lengvos, mažo tankio medžiagos, tokios kaip me-

diena, polistireninis putplastis ir t. t. Šios medžiagos nepasižymi geromis garso izoliacijos savybėmis, todėl ieškoma būdų, kaip pagerinti konstrukciją, neapsunkinant statybos technologinio proceso ir nereikalaujant didelių investicijų. Vienas iš alternatyvių būdų pagerinti moduliinių namų konstrukcijos akustines savybes – panaudoti gipskartonio ir perdirbtų padangų gumos granuliato kompozitą.

Naudotų padangų guma – viena didžiausių aplinkosaugos problemų visame pasaulyje. Gumos atliekos deginamos, sandėliuojamos, užkasamos. Tokiu būdu atsikratant atliekų, teršiamas aplinkos oras, gruntas, vanduo. Nepaisant tobulėjančių technologijų, tik maža dalis padangų gumos atliekų panaudojama kaip antrinė žaliava.

Naudojant perdirbtų padangų gumos ir gipskartonio kompozitą moduliinių namų konstrukcijos gamybai, būtų užtikrintas ne tik antrinis atliekų naudojimas, tačiau tai būtų ir efektyvus būdas pagerinti konstrukcijos garso izoliacijos savybes.

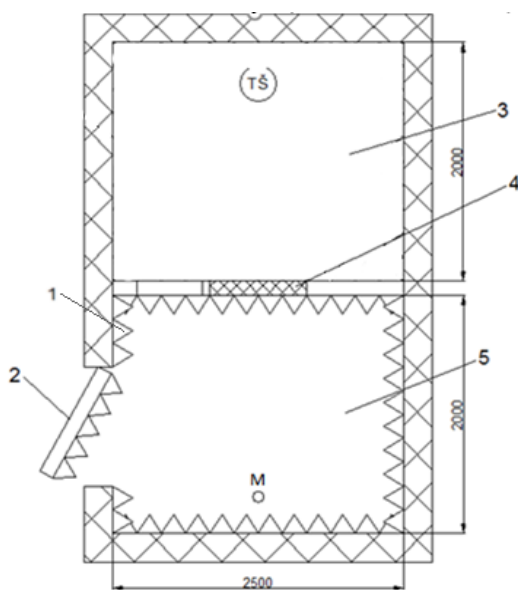
Atliktais tyrimais siekiama nustatyti moduliinių namų konstrukcijos iš polistireninio putplasčio plokščių garso izoliacinės savybes ir pagerinti jas naudojant gipskartonio ir padangų gumos granuliato kompozitą.

Tyrimo tikslas – nustatyti moduliinių namų konstrukcijos iš polistireninio putplasčio tariamąjį garso sumažėjimo koeficientą R_w ir jį pagerinti naudojant gipskartonio ir padangų gumos granuliato kompozitą.

Metodika

Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedroje esančioje triukšmo slopinimo kameroje. Triukšmo slopinimo kamera skirta įvairių konstrukcijų ir medžiagų garso sugerčiai, atspindžiui, izoliacijai nustatyti (Grubliauskas, 2009).

Bendras triukšmo slopinimo kameros vaizdas iš viršaus pateiktas 1 pav. Kameros ilgis – 4 m, plotis – 2,5 m, aukštis – 3 m. Priimamojo garso patalpoje įrengtas akustinio porolono sluoksnis. Triukšmo slopinimo kamera sudaryta iš dvejų patalpų, perskirtų dviguba siena ir patalpos įrangai susidėti. Pirmoji patalpa yra siunčiamojo garso patalpa, antroji – priimamojo garso patalpa. Siekiant sumažinti netiesioginį garso pralaidumą tarp kameros patalpų ir minimizuoti išorinio triukšmo poveikį tyrimams, triukšmo kameros patalpos akustiniu požiūriu yra izoliuotos tarpusavyje ir išoriškai. Kameros patalpas skiriančioje atitvaroje įrengta 1 m² anga, kurioje standžiai įtvirtinamas 1,0×1,0 m bandinys.



1 paveikslas. Bendras triukšmo slopinimo kameros vaizdas iš viršaus: 1 – sienos, padengtos porolonu; 2 – durys; 3 – siunčiamojo garso patalpa; 4 – tiriamosios konstrukcijos talpinimo vieta; 5 – priimamojo garso patalpa, M – mikrofonas, TŠ – triukšmo šaltinis

Triukšmo kameros patalpos, kurioje yra mikrofonas, vidus padengtas išpjaustyto akustinio protokolo plokštelėmis. Plokščių pleišto aukštis – 250 mm, atstumas nuo vieno iki kito pleišto viršūnės – 150 mm (Žukauskienė ir Grubliauskas, 2012).

Priimamojo garso patalpoje yra nuolatinė mikrofono vieta, o siunčiamojo garso patalpoje visakrypčiu garsialkalbiu sukuriamas pastovus difuzinis garso laukas, kurio spektras pasirinktame dažnių diapazone yra nepertraukiamas. Eksperimentiniu metodu garso lygis matuojamas naudojant trečdalių oktavos pločio juostos filtrą. Matavimo trukmė kiekvienoje mikrofono vietoje ir trečdalių oktavos dažnių juostoje – ne mažesnė kaip 60 s.

Eksperimentiniai tyrimai atliekami naudojant naujausią 1-os klasės, didelio tikslumo, kalibruotą danų gamintojo „Brüel & Kjær“ įrangą. Atliekant eksperimentinius matavimus buvo panaudotas garso šaltinis „Brüel & Kjær The OmniPower Sound Source Type 4292-L“, stiprintuvas „Brüel & Kjær Type 2734“ bei pažangus garso slėgio lygio analizatorius „Bruel&Kjaer 2270“. Prietaisai atitinka garso lygio matuoklių standartus IEC 61672, IEC 60651 ir IEC 60804 bei naujuosius ANSI standartus.

Atliekant modulinių namų konstrukcijos garso izoliacijos tyrimus triukšmo slopinimo kameroje, buvo vadovaujama standartu „Akustika. Laboratorinis pastato elementų garso izoliacijos matavimas. 2 dalis: Ore sklin-

dančio garso izoliacijos matavimas“ (EN ISO 10140-2:2010, 2010) ir fiksuojami šie parametrai:

1. Vidutinis garso slėgio lygis siunčiamojo garso patalpoje.
2. Vidutinis garso slėgio lygis priimamojo garso patalpoje.
3. Vidutinė garso aidėjimo trukmė priimamojo garso patalpoje.
4. Garso slėgio lygio sumažėjimas visoje dažnių juostoje.

Išmatavus pateiktus parametrus, apskaičiuojamas standartizuotas garso lygių skirtumas ($D_{nT'w}$) arba tariamasis garso sumažėjimo koeficientas R'_w . Tariamajam garso sumažėjimo koeficientui R'_w apskaičiuoti buvo panaudota „Bruel&Kjaer“ gamintojo kompiuterinė programinė įranga „Qualifer Type 7830“. Oro garso izoliavimo rodiklio vertė nustatoma pagal patikros metodą LST EN ISO 717-1:2013 (2013).

Tariamasis garso izoliavimo koeficientas R'_w – tai yra kritusios į tiriamąją konstrukciją garso galios L_1 ir perėjusios per tiriamąją konstrukciją garso galios L_2 santykio dešimtainis dešimterioipas logaritmas. Garso izoliavimo rodiklis nusako atitvarų gebėjimą silpninti ore sklindantį garsą, kuo didesnis izoliavimo koeficientas, tuo mažiau triukšmo prasiskverbia pro tiriamąją konstrukciją (Grubliauskas, 2009). Tariamasis garso izoliavimo rodiklis (R'_w) išreiškiamas decibelais ir 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 – tiriamojo bandinio plotas, m²; A – lygiavertis garso sugerties plotas priimamojo garso patalpoje, m².

Lygiavertis garso sugerties plotas priimamojo garso patalpoje A apskaičiuojamas pagal formulę:

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

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

Prieš pradėdam tyrimą, įsitikinama, kad mėginys yra įstatytas standžiai. Išmatuojamas momentinis triukšmo lygis, kuris atsispindi naudojamo garso slėgio lygio analizatoriaus momentinėje skalėje. Vedant garso analizatorių pagal tiriamosios konstrukcijos ir atitvaros, skiriančios triukšmo slopinimo kameros patalpas, kraštus, įsitikinama, kad pereinantis per sudūrimą triukšmo lygis yra toks

pat, kaip ir pereinantis per tiriamąją konstrukciją garso lygis. Taip užtikrinamas rezultatų patikimumas.

Kitas svarbus veiksnys, darantis įtaką patikimiems rezultatams, yra foninis triukšmas. Prieš pradėdant eksperimentinius tyrimus triukšmo slopinimo kameroje, išmatuojamas ekvivalentinis fono triukšmo lygis. Tokiu būdu įsitikinama, patikrinama, ar esantis triukšmo lygis atitinka reikalavimus foniniam triukšmui: visose mikrofono išdėstymo vietose fono triukšmo lygis visose pasirinktosios dažnių srities juostose privalo būti bent 10 dB mažesnis nei bandomojo šaltinio garso slėgio lygis, oro temperatūra matavimo metu neturi būti žemesnė negu 15 °C ir neaukštesnė kaip 30 °C.

Tyrimo objektas. Tyrimų metu ištirti 4 modulių namų statyboje naudojami polistireninio putplasčio bandiniai, bandinio Nr. 3 konstrukcinis vaizdas pateiktas 2 pav.

Bandiniai sudaryti iš 15 cm polistireninio putplasčio plokščių, skirtingo storio išorinio bei vidinio tinko ir bituminių čerpių. Visi bandiniai skiriasi savo konstrukcinėmis ypatybėmis. Jos pateiktos 1 lentelėje. Tyrimais siekiama nustatyti bandinių garso izoliacines savybes ir pagerinti jas naudojant gipskartonio ir padangų gumos granuliato kompozitą.

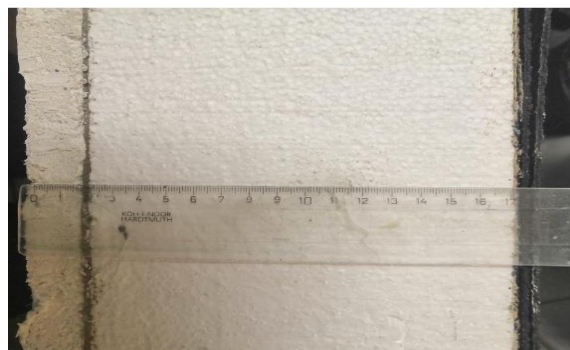
1 lentelė. Tiriamųjų bandinių konstrukcinės ypatybės

Bandinio Nr.	Polistireninio putplasčio storis, mm	Išorinio tinko storis, mm	Vidinio tinko storis, mm	Išorės apdailos (čerpių) storis, mm	G/K plokštė, mm	Gumos granuliatas, mm
1	150	–	5	5	12,5	12
2	150	10	10	5	12,5	12
3	150	–	20	5	12,5	12
4	150	10	20	5	12,5	12

Eksperimentiniu metodu tirtų bandinių išorinio tinko storis siekė 0–10 mm, o vidinio tinko storis – 0–20 mm. Bituminės čerpės, kaip išorės apdaila, buvo pritvirtintos prie konstrukcijos naudojant ploną sluoksnį klijuojančios mastikos. Paruoštos tyrimams konstrukcijos talpinimo jos tyrimo vietoje vaizdas iš priimamojo garso patalpos pusės ir iš siunčiamojo garso patalpos pusės pateiktas 3 pav.

Gumos granuliatas visuomet pasižymėjo geromis garso sugerties ir izoliacinėmis savybėmis (Sukontasukul, 2009). Orinio garso sumažėjimo koeficientui R'_{w} pagerinti buvo panaudota inovatyvi perdirtos padangų gumos plokštė, sudaryta iš 12,5 mm storio gipskartonio

plokštės, kurios tankis – 8,75 kg/m³, ir 12 mm storio perdirtos padangų gumos granuliato plokštės, kurios tankis yra 750–800 kg/m³.



2 paveikslas. Bandinio Nr. 3 konstrukcinis vaizdas



3 paveikslas. Tiriamoji konstrukcija talpinimo vietoje: a) iš priimamojo garso patalpos pusės; b) iš siunčiamojo garso patalpos pusės

Konstrukcijos garso izoliacinės savybės priklauso nuo jos masės ir sluoksnių skaičiaus (Júnior et al., 2021), todėl, naudojant gumos granuliata, galima tikėtis žymaus konstrukcijos izoliacinių savybių pagerėjimo.

Gipskartonio ir padangų gumos granuliato plokštė (4 pav.) buvo tvirtinama iš vidinės modulių namų konstrukcijos pusės, taip sudarant vientisą elementą. Sutvirtinta konstrukcija įstatoma į bandiniui talpinti skirtą vietą ir tiriama pakartotinai pagal anksčiau aprašytą metodiką.

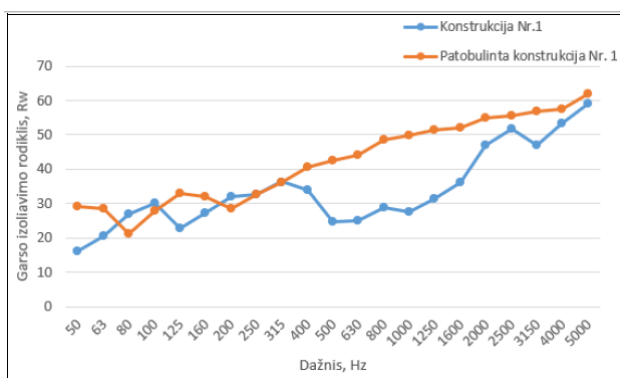


4 paveikslas. Gipskartonio ir gumos granuliato kompozitas

Rezultatai ir jų analizė

Tyrimų metu ištirtos 4 modulinė namų statybai naudojamos konstrukcijos. Bandiniai sudaryti iš 15 cm polistireninio putplasčio plokščių, skirtingo storio išorinio bei vidinio tinko ir bituminių čerpių. Siekiant pagerinti konstrukcijos garso izoliavimo savybes, panaudota inovatyvi perdirtos padangų gumos ir gipskartonio plokštė. Konstrukcijos garso izoliavimo rodiklis ištirtas pakartotinai.

Bandinio Nr. 1, sudaryto iš 150 mm polistireninio putplasčio plokštės, 5 mm storio vidinio tinko ir 5 mm bituminių čerpių garso izoliacijos dažninės charakteristikos, panaudojus perdirtos padangų gumos ir gipskartonio plokštę ir jos nenaudojant, pateiktos 5 paveiksle.

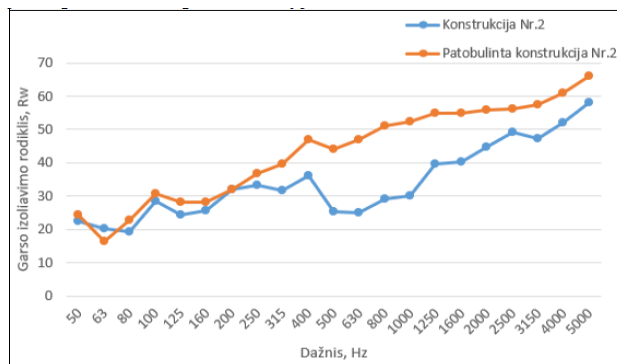


5 paveikslas. Konstrukcijos Nr. 1 garso izoliavimo dažninės charakteristikos

Atlikus tyrimus, paaiškėjo, kad konstrukcijos Nr. 1 savybės izoliuoti garsą žemųjų bei vidutinių dažnių diapazone, esant 50–400 Hz, atitinkamai siekia 16,2–33,9 dB. Vidutiniuose dažniuose – nuo 500–1000 Hz garso izoliavimo rodiklis siekia 24,7–27,4 dB. Nuo 1000 Hz dažnio izoliavimo rodiklis didėja ir ties 5000 Hz dažniu yra 59,0 dB. Nustatytas konstrukcijos Nr. 1 tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w – 31,9 dB (9 pav.). Panaudojus gipskartonio ir gumos granuliuotą kompozitą, matomi ryškūs garso izoliavimo pakitimai 315–2500 Hz diapazone. Tam didžiausią įtaką daro didelis gumos granuliuotą tankis, kuris siekia 750–800 kg/m³, o konstrukcijoje naudojamo putplasčio tankis yra 30 kg/m³ ir granuliuotos medžiagos poringumas. Didžiausias skirtumas tarp tiriamųjų konstrukcijų nustatytas esant 1000 Hz ir siekia 22,5 dB. Nustatytas patobulintos konstrukcijos Nr. 1 tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w yra 46,1 dB (9 pav.).

Konstrukcijos Nr. 2, sudarytos iš 150 mm polistireninio putplasčio plokštės, 10 mm storio išorinio ir 10 mm storio vidinio tinko ir 5 mm bituminių čerpių, garso izoliacijos dažninės charakteristikos, panaudojus perdirtos

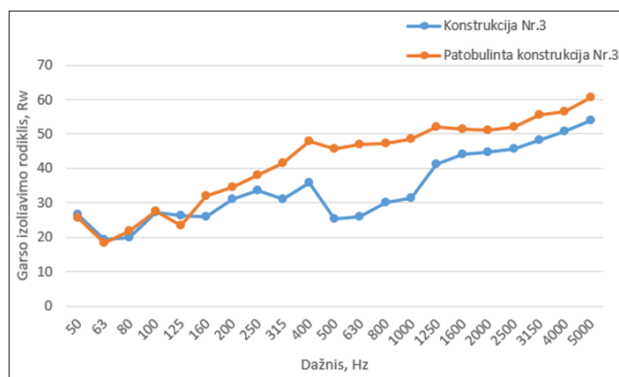
padangų gumos ir gipskartonio plokštę ir jos nenaudojant, pateiktos 6 pav.



6 paveikslas. Konstrukcijos Nr. 2 garso izoliavimo dažninės charakteristikos

Ištirus nustatyta, kad konstrukcijos Nr. 2 savybės izoliuoti garsą žemųjų ir vidutinių dažnių diapazone, esant 50–400 Hz, labai panašios į konstrukcijos Nr. 1 ir atitinkamai siekia 22,3–36,2 dB. Nuo 400 Hz garso izoliavimo rodiklis silpsta iki 25,0 dB (esant 630 Hz dažniui). Nuo 630 Hz dažnio izoliavimo rodiklis didėja ir, esant 5000 Hz dažniui, yra 58,1 dB. Nustatytas konstrukcijos Nr. 2 tariamasis garso izoliavimo rodiklis (R'_w) – 33,9 dB (9 pav.). Panaudojus gipskartonio ir gumos granuliuotą kompozitą, nustatyti garso izoliavimo pakitimai 250–5000 Hz diapazone. Didžiausias skirtumas (22,1 dB) tarp tiriamųjų konstrukcijų nustatytas, esant 630 Hz ir 800 Hz. Nustatytas patobulintos konstrukcijos Nr. 2 tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w – 48,0 dB (9 pav.).

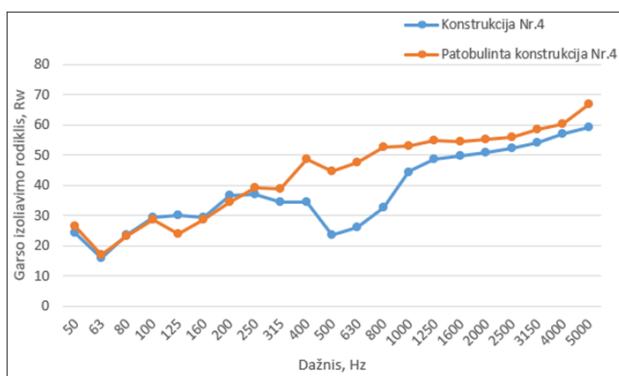
Konstrukcijos Nr. 3, sudarytos iš 150 mm polistireninio putplasčio plokštės, 20 mm storio vidinio tinko ir 5 mm bituminių čerpių, garso izoliacijos dažninės charakteristikos, panaudojus perdirtos padangų gumos ir gipskartonio plokštę ir jos nenaudojant, pateiktos 7 pav.



7 paveikslas. Konstrukcijos Nr. 3 garso izoliavimo dažninės charakteristikos

Nustatytos konstrukcijos Nr. 3 savybės izoliuoti garsą diapazone esant 50–400 Hz siekia 26,7–35,7 dB. Nuo 400 Hz garso izoliavimo rodiklis silpsta iki 25,3 dB (esant 500 Hz dažniui). Nuo 630 Hz dažnio izoliavimo rodiklis didėja ir ties 5000 Hz dažniu yra 53,9 dB. Nustatytas bandinio Nr. 3 tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w – 34,6 dB (9 pav.). Panaudojus gipskartonio ir gumos granulių kompozitą, nustatyti garso izoliavimo pakitimai 250–1600 Hz diapazone. Didžiausias skirtumas (21,1 dB) tarp tiriamųjų konstrukcijų nustatytas ties 500 Hz. Nustatytas patobulintos konstrukcijos Nr. 3 tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w – 47,9 dB (9 pav.).

Konstrukcijos Nr. 4, sudarytos iš 150 mm polistireninio putplasčio plokštės, 10 mm storio išorinio, 20 mm vidinio tinko ir 5 mm bituminių čerpių, garso izoliacijos dažninės charakteristikos, panaudojus perdirtos padangų gumos ir gipskartonio plokštę ir jos nenaudojant, pateiktos 8 pav.

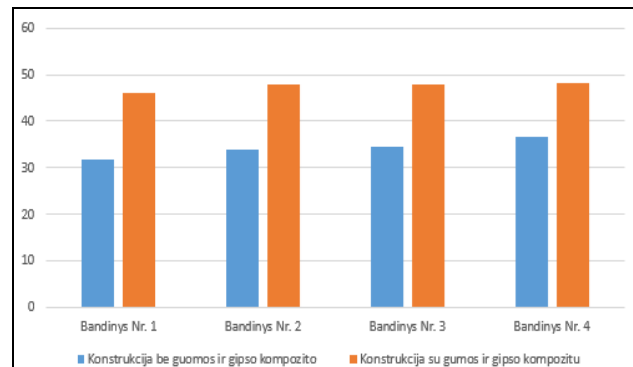


8 paveikslas. Konstrukcijos Nr. 4 garso izoliavimo dažninės charakteristikos

Nustatytos konstrukcijos Nr. 4 savybės izoliuoti garsą diapazone ties 50–250 Hz siekia 24,1–37,0 dB. Nuo 250 Hz garso izoliavimo rodiklis silpsta iki 23,4 dB (esant 500 Hz dažniui). Nuo 500 Hz dažnio, izoliavimo rodiklis didėja ir ties 5000 Hz dažniu yra 59,1 dB. Nustatytas bandinio Nr. 4 tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w – 36,6 dB (9 pav.). Panaudojus gipskartonio ir gumos granulių kompozitą, matomi garso izoliavimo pakitimai 400–1000 Hz diapazone. Didžiausias skirtumas (21,3 dB) tarp tiriamųjų konstrukcijų nustatytas ties 600 Hz. Nustatytas patobulintos konstrukcijos Nr. 4 tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w – 48,1 dB (9 pav.).

Suminiame grafike (9 pav.) galime matyti, kad konstrukcijos be gumos granuliato ir gipskartonio plokštės tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w siekė 31,9–36,6 dB. Didžiausią įtaką konstrukcijų garso izoliavimo savybėms turėjo vidinio ir išorinio tinko storis. Geriausias

izoliavimo rodiklis buvo nustatytas tiriant konstrukciją Nr. 4, kur R'_w siekė 36,6 dB. Šios konstrukcijos bendras vidinio ir išorinio tinko storis siekė 30 mm.



9 paveikslas. Konstrukcijų garso izoliavimo rodiklio R_w vertės

Konstrukciją Nr. 4 patobulinus, ją sujungiant su perdirtos gumos granuliato ir gipskartonio plokšte, nustatytas tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w padidėjo iki 48,1 dB. Didelis gumos granuliato tankis ir granuliuotos medžiagos absorbcinės savybės sukelia ryškų konstrukcijos garso izoliavimo savybių pagerėjimą. Gumos granuliato tankis siekia iki 750–800 kg/m³, o konstrukcijoje naudojamo putplasčio yra 30 kg/m³.

Išvados

1. Triukšmo slopinimo kameroje ištirtų modulių namų konstrukcijų iš polistireninio putplasčio, vidinio, išorinio tinko ir bituminių čerpių nustatytas tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w siekė 31,9–36,6 dB. Didžiausią įtaką bandinių garso izoliavimo savybėms turėjo vidinio ir išorinio tinko storis.

2. Atsižvelgiant į nustatytas konstrukcijų garso izoliavimo dažnines charakteristikas, daroma išvada, kad konstrukcijos garsą geriausiai izoliuoja aukštųjų dažnių diapazone ir ties 5000 Hz dažniu siekia 53,9–59,1 dB. Stabilus izoliavimo rodiklio augimas pastebimas ir žemuosiuose dažniuose (50–250 Hz), kur siekia 16,2–37,0 dB. Nustatytas garso izoliacinės savybės skirtinguose dažniuose lemia konstrukcijų masę bei vidinio ir išorinio tinko storis, dėl kurio masė didėja.

3. Konstrukciją patobulinus, ją sujungiant su perdirtos gumos granuliato ir gipskartonio plokšte, nustatytas tariamasis garso izoliavimo rodiklis R'_w padidėjo iki 46,1–48,1 dB. Nustatyta, kad visais atvejais garso izoliacinės savybės ypač pagerėjo ties 400 Hz iki 1000 Hz dažniais, kur rodiklis išaugo 22,5 dB ir siekė iki 49,9 dB. Gumos granuliato tankis siekia iki 750–800 kg/m³, o

konstrukcijoje naudojamo putplasčio yra 30 kg/m^3 . Didelis gumos granuliuotasis tankis ir granuliuotos medžiagos absorbcinės savybės sukelia ryškų konstrukcijos garso izoliavimo savybių pagerėjimą.

4. Konstrukcijas iš polistireninio putplasčio yra tikslinga apdengti perdirbtos gumos granuliuotą ir gipskartonio kompozitu, taip padidinant konstrukcijos garso izoliavimo savybes ir užtikrinant akustinio komforto pastatuose sąlygas.

Literatūra

- Butkus, D., Frohner, K.-D., & Grubliauskas, R. (2008, May). Investigation of noise level in Trakai city during day. In *Proceedings of the 7th International Conference Environmental Engineering* (pp. 86–92). Vilnius, Lithuania. http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/641/1/butkus_et_al_investigation.pdf
- Grubliauskas, R. (2009). *Aplinkos triukšmo ir jo mažinimo, taikant lengvas konstrukcijas, tyrimai bei skaitinis modeliavimas* [Research and digital modelling of environmental noise and its reduction by applying light structures]. Technika.
- Hongisto, V. (2000). *Airborne sound insulation of wall structures: Measurement and prediction methods*. Helsinki, University of Technology, Laboratory of Acoustics and Audio Signal Processing. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/2305>
- Júnior, O. J. S., Pinheiro, M. A. S., Silva, J. J. R., Pires, T. A. C., & Alencar, C. O. S. (2021). Sound insulation of gypsum block partitions: An analysis of single and double walls. *Journal of Building Engineering*, 39, 102253. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102253>
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2003). Aplinkos ministro įsakymas dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.07:2003 „Pastatų vidaus ir išorės aplinkos apsauga nuo triukšmo“ patvirtinimo. 2003 m. liepos 17 d. Nr. 387. *Vals-tybės žinios*, 2003-08-13, Nr. 79-3614. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.216317/TRjbbaNsIE>
- Lietuvos Standartizacijos departamentas. (2010). *Akustika. Laboratorinis pastato elementų garso izoliacijos matavimas. 2 dalis: Ore sklindančio garso izoliacijos matavimas* (LST EN ISO 10140-2:2010).
- Lietuvos Standartizacijos departamentas. (2013). *Akustika. Statinio atitvarų ir jo dalių garso izoliavimo įvertinimas. 1 dalis. Ore sklindančio garso izoliavimas* (LST EN ISO 717-1:2013).
- Mickaitis, M. (2011). *Mažaauskčių pastatų konstrukcijos: projektavimo metodikos nurodymai*. Technika. <https://doi.org/10.3846/1216-S>
- Stauskis, V. J. (2007). *Statybinė akustika* (2-oji pataisyta laida). Technika.

- Sukontasukkul, P. (2009). Use of crumb rubber to improve thermal and sound properties of pre-cast concrete panel. *Construction and Building Materials*, 23(2), 1084–1092. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.05.021>
- Vilniškis, T. (2017). *Konstrukcijos su kintamąja garso izoliacija tyrimas ir kūrimas* [Creation and experimental research of construction with changeable noise isolation]. Vilnius. <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:22721343/index.html>
- Zhang, J.-F., Zhao, J.-J., Yang, D.-Y., Deng, E.-F., Wang, H., Pang, S.-Y., Cai, L.-M., & Gao, S.-C. (2020). Mechanical-property tests on assembled-type light steel modular house. *Journal of Constructional Steel Research*, 168, 105981. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.105981>
- Žukauskienė, A. ir Grubliauskas, R. (2012). *Buitinių prietaisų skleidžiamo triukšmo tyrimai triukšmo slopinimo kameroje* [Research into noise generated by domestic appliances in the anechoic chamber]. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania*, 4(5), 441–447. <https://doi.org/10.3846/mla.2012.71>

INVESTIGATION AND IMPROVEMENT OF ACOUSTIC PROPERTIES OF POLYSTYRENE FOAM STRUCTURES USING RUBBER PLATES OF RECYCLED TIRES

E. Strazdas, T. Januševičius

Summary

Noise is a harmful, untidy mixture of sound waves of different frequencies and strengths. This is a major factor in causing unpleasant sensations in the home environment, so scientists, in collaboration with designers, strive to create well-soundproofing, economically attractive and environmentally friendly building structures. Experimental studies were performed in an acoustic chamber at the Department of Environmental Protection and Water Engineering in accordance with the LST EN ISO 10140-2:2010 standard, using Class 1, high-precision, calibrated equipment. During the research, samples of polystyrene foam used in the construction of 4 modular houses were investigated. The samples consisted of 15 cm polystyrene foam boards, structural plaster of different thickness and bituminous tiles. To improve the apparent sound reduction factor $R'w$, an innovative recycled tire rubber board consisting of a drywall board and a recycled tire rubber composite was used. The apparent sound reduction factor $R'w$ found in the experimental studies ranged from 31.9 to 36.6 dB, and with the use of innovative recycled rubber tires, the factor increased from 11.5 dB to 14.2 dB. Based on the obtained results, it can be stated that it would be useful to improve the structure used in the construction of modular houses from polystyrene foam by adding gypsum board and recycled tire rubber composite, thus improving the sound insulation properties of the structure.

Keywords: sound insulation, apparent sound reduction, noise, modular houses, tire rubber.