

3 laboratorinis darbas

GAMYBOS TRIUKŠMAS IR JO MAŽINIMO BŪDAI

Darbo tikslas

1. Susipažinti su gamybos triukšmu ir jo mažinimo būdais.
2. Nustatyti kai kurių triukšmo mažinimo priemonių efektyvumą.

Teorinė dalis

Šiuo metu žmogaus nuo triukšmo apsauga tapo viena aktualiausių problemų. Diegiant naujus technologinius procesus gamyboje, didėjant mašinų galingumui ir našumui bei jų skaičiui, žmogus yra dažnai veikiamas labai intensyvaus triukšmo.

Triukšmas, veikdamas centrinę nervų sistemą, kenkia visam žmogaus organizmui, sukelia sunkius susirgimus.

Triukšmas mažina dėmesį, lėtina psichines reakcijas, mažina darbingumą ir gali būti nelaimingų atsitikimų priežastis.

Fiziniu požiūriu triukšmas yra netvarkingas, skirtingo dažnio ir stiprio garsų junginys. Fiziologiniu požiūriu – garsinis procesas, kuris daugiau ar mažiau nemalonus žmogui, trukdo jo darbui ir poilsiui.

Garso bangas galima sužadinti ir skleisti ten, kur yra elastinga terpė (oras, dujos, skysčiai ir kt.). Garsą sukelia virpantis kūnas, kurį veikia periodinės jėgos. Žmogus girdi tik tuos garsus, kurių dažnis yra nuo 20 iki 20 000 Hz ribose. Mažesnio dažnio garsas, pvz., 20 Hz, vadinamas infragarso, o didesnio dažnio, pvz., 20 000 Hz, vadinamas ultragarso.

Infragarso ir ultragarso žmogaus ausis negirdi, tačiau, kai jie pasiekia tam tikrą intensyvumą, yra kenksmingi žmogui.

Veikiant garso šaltiniui, terpėje atsiranda nedideli slėgio svyravimai. Skirtumas tarp momentinės pilno garso slėgio reikšmės ir vidutinio slėgio, kuris pastebimas terpėje be garsų bangų, vadinamas *garso slėgiu*. Garso slėgis matuojamas paskaliais (Pa).

Triukšmo mažinimo praktikoje kartais nepaprastai smarkiai pasikeičia garso slėgio diapazonas, pvz., net 10^7 karto. Atsižvelgiant į tai, kad žmogaus ausis reaguoja ne į absoliutinius, o į sąlygiškus garso pasikeitimus, įvestas (tarptautiniu mastu) *garso slėgio lygio* supratimas, kuris išreiškiamas decibelais (dB):

$$L = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \text{ dB}; \quad (3.1)$$

čia: p – šaltinio garso slėgis, Pa;

p_0 – ribinis (pradinis) garso slėgis, kuris, esant 1000 Hz dažnumui, lygus $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (mažiausia girdima riba).

Garso slėgio lygis (triukšmo lygis) matuojamas triukšmomačiu. Sudėtingo svyravimo proceso (triukšmo) išskirstymas į paprastas sudedamąsias, vadinamas dažnumine triukšmo analize, o jų skirstymas pagal garso slėgio amplitudę ir dažnį vadinamas *triukšmo spektru*. Skirtingo dažnio garsai, esant vienodiems garso slėgio lygiams, skirtingai veikia žmogaus klausą. Patys nemaloniausi aukšto dažnio garsai – 1000÷2000 Hz.

Kad būtų galima sumažinti triukšmo lygį, pirmiausia reikia išanalizuoti triukšmo spektrą. Triukšmo analizė atliekama triukšmomačiu ir analizatoriumi arba filtrais. Analizatorius yra sudarytas iš elektrinių

filtrų rinkinio. Kiekvienas filtras iš tiriamo triukšmo išskiria tam tikrą dažnių juostą. Ši dažnių juosta apibūdinama ribiniais dažniais.

Vidutinis dažnis yra geometrinė vidutinė reikšmė, kuri lygi:

$$f = \sqrt{f_1 \cdot f_2}, \text{ Hz}; \quad (3.2)$$

čia: f_1 – žemutinis ribinis dažnis;
 f_2 – aukštutinis ribinis dažnis.

Tiriant triukšmą, paprastai naudojami filtrai su pastovia santykyne pralaidumo juosta ($f_2/f_1 = \text{const}$). Juosta, kurios santykis $f_2/f_1 = 2$, vadinama oktava, o jei $f_2/f_1 = 1,26$, tai juosta vadinama trečdaliu oktavos. Standartinės ribinės ir vidutinio geometrinio dažnio pralaidumo juostos parodytos 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Standartinės ribinės ir vidutinio geometrinio dažnio pralaidumo juostos

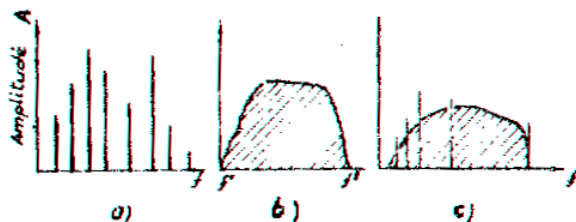
Oktavinių juostų ribiniai dažniai, Hz	Vidutinis geometrinis dažnis, Hz		
	Juostos		
	Oktavinė	Pusiauk oktavinė	1/3 oktavos
20-40	31,5	31,5 45	25 31,5 40
90-180	125	125 180	100 125 160
180-355	250	250 355	200 250 315
355-710	500	500 710	400 500 630
710-1400	1000	1000	800 1000 1250
1400-2800	2000	2000 2800	1600 2000 2500
2800-5600	4000	4000 5600	3150 4000 5000
5600-11200	8000	8000	6300 8000 10000

3.1 pav. parodyti skirtingų tipų triukšmo spektrai. Jei spektre garso sinusoidės atskirtos tam tikrais tarpais, jis vadinamas linijiniu ar diskretiniu spektru (3.1 a pav.). Spektras, kurio tarpai tarp dažnių sudedamųjų yra labai maži, vadinamas ištisiniu spektru (3.1 b pav.).

Mišriame spektre ant ištisinio spektro uždedamos atskiros diskretinės sudedamosios (3.1 c pav.).

Triukšmas normuojamas. Yra nustatyti leidžiami garso slėgio lygiai vidutinio geometrinio dažnio juostose oktavose. Apytiksliai triukšmo ekvivalentinė norma gali būti išreiškiama vienu skaičiumi – garso lygiu ir žymima dBA.

3.2 lentelėje pateikti leidžiami triukšmo lygiai gyvenamuosiuose ir visuomeniniuose pastatuose bei jų teritorijose.



3.1 pav. Triukšmo spektrai: a – linijinis arba diskretinis; b – ištisinis; c – mišrus

Triukšmo mažinimo metodai

1. Triukšmo mažinimas jo kilimo šaltinyje.
2. Garso izoliacija.
3. Garso absorbcija.
4. Virpesių izoliacija.
5. Virpesių slopinimas.
6. Individualios apsauginės priemonės.

Mažinti triukšmą jo kilimo šaltinyje – pats reikalingiausias būdas, tačiau jį realizuoti dėl sudėtingų konstruktyvių mašinos pakeitimų ne visada galima. Tada taikomi kiti metodai.

3.2 lentelė. “Akustinis triukšmas. Leidžiami lygiai gyvenamoje ir darbo aplinkoje”.
Lietuvos higienos norma HN-33-2001

Objekto pavadinimas	Garso lygis, ekvivalentinis garso lygis, dBA	Maksimalus garso lygis, dBA	Paros laikas, val.
1	2	3	4
001 Butų, bendrabučių, pensionų, senelių ir invalidų namų, poilsio namų, viešbučių gyvenamieji kambariai	40 30	55 45	7-23 23-7
002 Ikimokyklinių įstaigų ir mokyklų-internatų miegamieji kambariai	40 30	55 45	7-23 23-7
003 Ligoninių palatos ir operacinės, sanatorijų kambariai	35 25	50 40	7-23 23-7
Objekto pavadinimas	Garso lygis, ekvivalentinis garso lygis, dBA	Maksimalus garso lygis, dBA	Paros laikas, val.
004 Ligoninių, poliklinikų, ambulatorijų, dispanserių, sanatorių gydytojų kabinetai	35	50	
005 Mokyklų ir kitų mokymo įstaigų auditorijos, mokymo kabinetai, klasės, mokytojų kambariai	40	55	
006 Konferencijų salės ir bibliotekų skaityklos	40	55	
007 Kavinių, restoranų, valgyklų salės	55	70	

008 Restoranų, kavinių, barų ir kitų maitinimo įmonių salės muzikos ansamblių koncertų metu	80	85	
009 Parduotuvių, buitinio aptarnavimo įstaigų prekybos salės, priėmimo punktai	60	75	

Garso izoliacija – tai patalpų apsaugojimas nuo triukšmo įsiskverbimo. Garsą izoliuojančios medžiagos ir konstrukcijos – tai tankios, tvirtos ir masyvios medžiagos bei konstrukcijos, pvz., metalas, plytos, medis, betonas ir kt.

Konstrukcijos garso izoliaciją galima apskaičiuoti kiekvienoje dažnių juostoje pagal formulę:

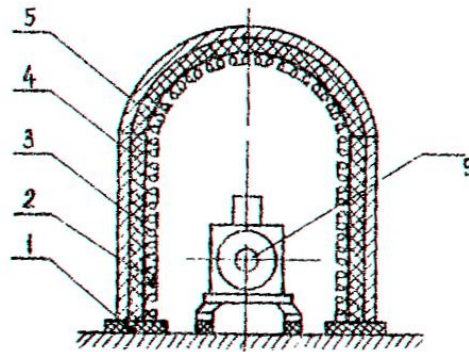
$$R = 20 \lg Q + 20 \lg f - 47,5, \text{ dB}; \quad (3.3)$$

čia: Q – konstrukcijos 1 m² svoris, kg/m²;
 f – vidutinis dažnis, Hz.

Darbe tirsime gaubto garso izoliacijos efektyvumą, užgaubus juo triukšmo šaltinį.

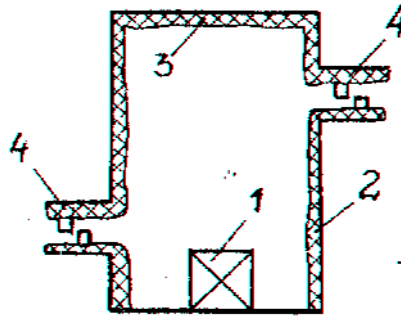
Garsą izoliuojančiais gaubtais (3.2 pav.) uždengiami didžiausią triukšmą keliantys mechanizmai. Gaubtai paprastai gaminami iš tankios medžiagos – metalo, plastmasės arba medžio, atsižvelgiant į gaisrinės saugos, technologinius reikalavimus ir gamybines galimybes.

Vidinės gaubto sienos būtinai padengiamos garsą sugeriančia medžiaga. Kad mechanizmas neperkaistų, gaubte daromos ventiliacinės angos su slopintuvais (3.3 pav.).



3.2 pav. Garsą izoliuojantis gaubtas:

1 – amortizuojantis padėklas; 2 – tinklas; 3 – garsą sugerianti medžiaga; 4 – virpesius slopinanti mastika;
5 – metalinis kevalas; 6 – triukšmą keliantis įrenginys



3.3 pav. Garsą izoliuojantis gaubtas su ventiliacinėmis angomis:

1 – triukšmo šaltinis; 2 – gaubto sienelės; 3 – garsą absorbuojanti medžiaga; 4 – oro įėjimo ir išėjimo angos

Plono metalinio gaubto paviršius iš vidaus arba lauko padengiamas virpesius slopinančia 2÷5 mm storio mastika.

Norint užkirsti kelią korpuso triukšmo plitimui į pastato konstrukcijas, garsą izoliuojantį gaubtą reikia statyti ant amortizuojančio padėklo iš tamprios (elastingos) medžiagos.

Gaubto efektyvumas (D_g) nustatomas pagal formulę:

$$D_g = R + 10 \lg \alpha, \text{ dB} \quad (3.4)$$

čia: R – gaubto sienų garso izoliacija, nustatoma pagal formulę 3.3;

α - medžiagos, kuria padengtas vidinis gaubto paviršius, garso absorbcijos koeficientas. Jis parodo sugertos ir krintančios energijos santykį.

Atsižvelgiant į tai, kokia gaubto konstrukcija ir izoliuojamojo triukšmo pobūdis, gaubtas gali sumažinti bendrą triukšmo lygį 15÷20 dB, o kai kuriose dažnių oktavose – 25÷30 dB.

Tais atvejais, kai gaubtas turi dideles angas ir tarpus (dešimtis kvadratinų centimetrų), jis vadinamas ekranu. Jo efektyvumas priklauso nuo triukšmo dažninės sudėties: kai dažniai vidutiniai, triukšmo lygis sumažėja 8÷10 dB, kai dažniai didesni kaip 1000 Hz – 12÷15 dB ir kai žemi – 2÷4 dB. Kai atstumas didelis, o dažniai žemi, ekrano efektyvumas visai dingsta.

Virpesių izoliavimas. Labai svarbu nuo virpesių apsaugoti įrenginius, juos derinant, montuojant ir eksploatuojant. Gerai izoliavus virpesius, sumažėja triukšmas.

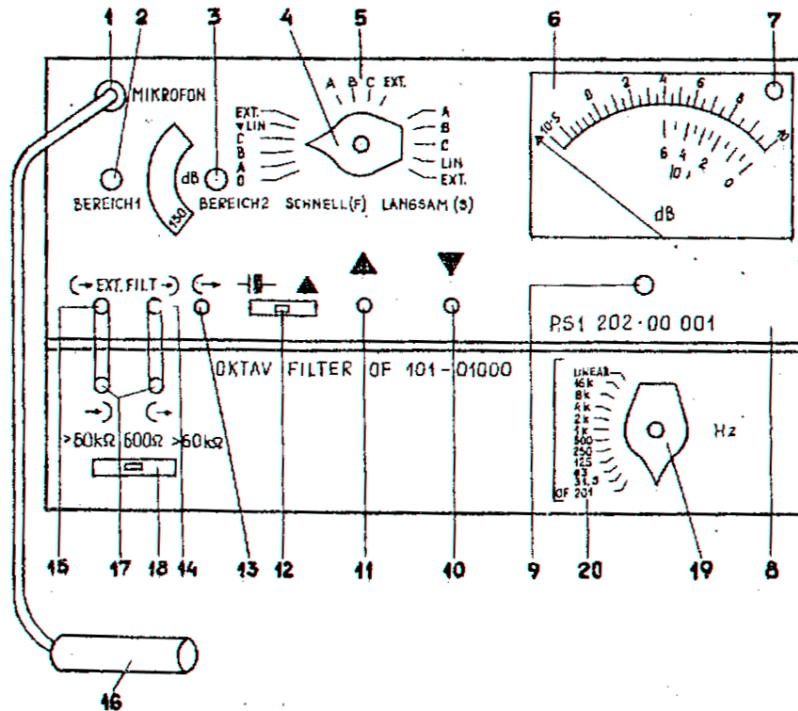
Virpesių izoliacija – tai papildomo glaudaus ryšio sudarymas, pastačius amortizatorius tarp šaltinio ir jį laikančios konstrukcijos bei jos elementų virpesių.

Naudojami prietaisai

Triukšmomatis PSI 202 skirtas tiksliam gamybiniam triukšmui matuoti (3.4 pav.).

Prietaisas gali būti panaudotas vienas – bendram triukšmo lygiui matuoti be dažnio charakteristikos ir su charakteristikomis, taip pat su išoriniais filtrais, analizuojant triukšmą pagal dažnį. Prijungiant prie mikrofono stiprintuvo integratorių – adapterių, panaudojant virpesių daviklius, šiuo prietaisu galima matuoti virpesių parametrus garso diapazone. Prietaisas turi A, B, C garso matavimo charakteristikas su vidiniais filtrais. Garso lygiui nustatyti taikysime A charakteristiką. Išmatuotas garso lygis žymimas dBA. Be šių charakteristikų, triukšmomatis turi linijinę skalę (LIN) ir išėjimą į išorinius filtras (EXT). Dinaminiai triukšmomačio rodikliai yra: impulsas (I), greitai (F), lėtai (S).

Filtrai. Filtrai skirti triukšmo dažninei charakteristikai matuoti triukšmomačiu. 3.4 pav. parodytas OF 101 filtras komplekte su triukšmomačiu. Išorinėje plokštėje išdėstyti signalo įėjimo ir išėjimo kontaktai, vidinių varžų ir dažnių perjungikliai. Dažnių perjungiklis sukamas pagal laikrodžio rodyklę iš apačios į viršų, pradėdant nuo 31,5 Hz iki 16 kHz dažnio.



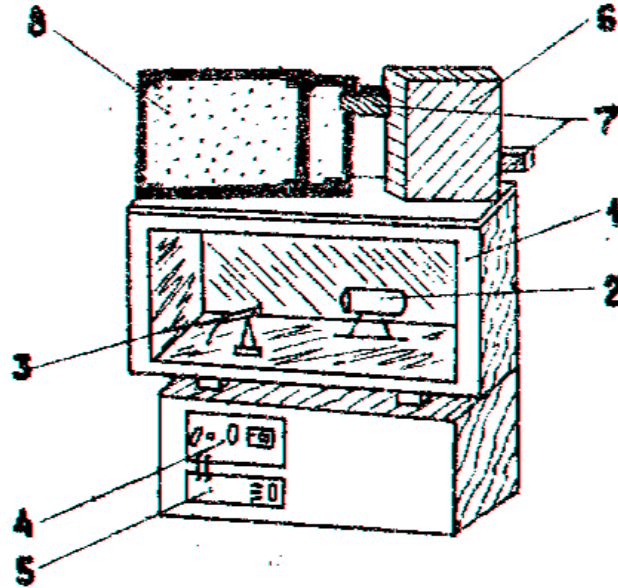
3.4 pav. Triukšmomatis PSI su filtru OF 101

1 – mikrofono laido perjungimas; 2 – perjungiklis “Diapazon 1”, 3 – perjungiklis “Diapa-zon 2”; 4 – darbo režimo perjungiklis; 5 – darbo režimo rodyklės; 6 – skalė; 7 – moduliacinė lemputė; 8 – viduje sumontuoti stiprin-tuvai; 9 – rodyklės reguliavimas; 10 – kalibravimo reguliavimas; 11 – rodyklės elektrinis reguliavimas; 12 – elementų įtampos per-jungiklis; 13 – kintamos įtampos išėjimo kontaktas; 14 – kontaktas filterui prijungti (iš filtro); 15 – kontaktas filterui prijungti (į filtra); 16 – mikrofonas; 17 – filtrų prie triukšmomačio prijungimas; 18 – vidinės varžos reguliavimas; 19 – filtro dažnių perjungiklis; 20 – filtro dažnių skalė Hz ir kHz

Triukšmo mažinimo įranga pavaizduota 3.5 paveiksle.

Kamera (1) imituoja gamybines patalpas, kuriose yra triukšmo šaltinis (2). Triukšmo šaltiniu gali būti ventilatorius arba elektrinis skambutis, kurie prijungti prie tinklo. Triukšmui kameroje matuoti įtaisytas mikrofonas (3), kuris specialiu kabeliu sujungtas su triukšmomačiu (4). Prie triukšmomačio prijungti filtrai (5). Garsą izoliuojantis gaubtas (6) pagamintas iš faneros, vidinės sienelės padengtos garsą sugeriančia medžiaga (porolonu ir kt.) Gaubtas turi ventiliacines angas su slopintuvais (7). Garsą sugeriantys apdarai (8) įstatomi į kameros vidines sienas (statybinis sausas tinkas).

Triukšmomačio ir filtro paruošimas darbui. Reikia įjungti triukšmomačio maitinimą. Triukšmomatis darbui įjungiamas režimų perjungikliu 4 (Betriebsart). Moduliacinė lemputė pradeda mirksėti, skalės rodyklė pajuda į priekį ir po to grįžta atgal (visa kita reguliuoja vadovaujantis). Filtras OF 101 turi būti sujungtas su triukšmomačiu dviem kontaktais. Vidaus varžų perjungiklis turi stovėti varžos 600±30 skaičiaus pusėje. Matuojamųjų dažnių perjungiklis nustatomas ant atžymos “išjungtas”. Prietaisas paruoštas darbui.



3.5 pav. Triukšmo mažinimo įranga:

1 – kamera; 2 – triukšmo šaltinis; 3 – mikrofonas; 4 – triukšmomatis; 5 – filtras; 6 – gaubtas; 7 – slopintuvai; 8 – garsą sugeriantys apdarai (garsą izoliuojanti medžiaga)

Matavimų atlikimo tvarka

1. Išmatuoti garso lygį (dBA). Įjungti triukšmo šaltinį (elektros skambutį), po to – triukšmomatį. Matuojant garso lygį dBA, triukšmomačio jungiklį (4) pastatyti kairėje pusėje (Schnell, F) ties raide A ir, nustačius diapazonų perjungiklius taip, kad rodyklė stovėtų skalėje tarp $0 \div 10$ dB, užrašyti rodmenį, susumavus su diapazonų perjungiklių rodikliu.

2. Išmatuoti garso slėgio lygį (dB) 8 oktavoje, pradedant antra oktava 63 Hz ir baigiant 8 kHz. Prieš matuojant filtrais, triukšmomačio režimų perjungiklis 4 nustatomas į dešinę padėtį (Langsam (s)) – EXT. Diapazonų perjungiklis 2 ir 3 nustatomas taip, kad prietaiso rodyklė išsitektų skalėje $0 \div 10$ dB. Perjungiklis “Diapazon-2” turi būti pasuktas į kairę iki atramos. Iš pradžių naudotis tik diapazonų perjungikliu “Diapazon-1” (nuo didžiausio skaičiaus einant prie mažiausio). Kai perjungiklis “Diapazon-1” ateina į dešinę iki atramos, tik tada leidžiama naudotis diapazonų perjungikliu “Diapazon-2” (sukant rankeną pagal laikrodžio rodyklę). Prietaiso parodymus viršutinėje skalėje nuo $0 \div 10$ dB pridėti prie decibelų skaičiaus, kuris matyti langelyje tarp diapazonų perjungiklių. Matuojant būtina stebėti, kad prietaiso rodyklė neužsikirstų į dešinę pusę, t.y. daugiau 10 dB. Tai priklauso nuo diapazonų perjungiklių 2, 3 padėties. Baigus matuoti, prietaisų rankenėles nustatyti pradinėje padėtyje. Triukšmomatį ir triukšmo šaltinį išjungti.

Garsą izoliuojančio gaubto efektyvumo nustatymas

1. Atidaryti kamerą ir ant triukšmo šaltinio uždėti gaubtą (garsą sugeriančių apdarų kameroje nėra). Gaubtas neturi liesti prie triukšmo šaltinio, o vėdinimo angos turi sutapti su oro cirkuliavimo kryptimi.

2. Įjungti skambutį arba kitą triukšmo šaltinį ir prietaisus bei išmatuoti triukšmą, kaip ir pirmuoju atveju (be gaubto).

3. Išjungti triukšmo šaltinį ir prietaisus, išimti garsą izoliuojantį gaubtą.

Darbo atlikimo tvarka

1. Išmatuoti garso lygį (dBA).
2. Išmatuoti garso slėgio lygį (dB) 8 oktavose be gaubto (L) ir uždengtu gaubtu (L') pagal anksčiau aprašytą metodiką. Filtrų diapazonas – nuo 63 Hz iki 8 kHz. Nustatyti garso slėgio lygio sumažėjimą $\Delta L = L - L'$. Nubrėžti grafiką $\Delta L = f(f)$.
3. Apskaičiuoti dėstytojo nurodyto garsą izoliuojančio gaubto efektyvumą: sužinoti bendrą gaubto 1 m^2 svorį Q , kg/m^2 ; (priimame putų polistirolo $8 \div 12 \text{ kg/m}^2$);

<i>Variantas</i>	<i>I variantas</i>	<i>II variantas</i>	<i>III variantas</i>	<i>IV variantas</i>	<i>V variantas</i>
Q , kg/m^2	8	9	10,5	11	12

3.2. naudojant formulę 3.3, apskaičiuoti gaubto garso izoliaciją R vidutinio geometrinio dažnio oktavinėse juostose (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 ir 8000 Hz);

3.3. nustatyti papildomo triukšmo lygio sumažėjimą dėl garsą sugeriančios medžiagos pagal formulę:

$$\Delta L = 10 \lg \alpha;$$

čia α - medžiagos, kuria padengtas gaubto vidinis paviršius, garso sugerties koeficientas. Jo reikšmės pateiktos 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Garso sugerties koeficientas

Vidutinis geometrinis dažnis, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α	0,13	0,20	0,33	0,58	0,71	0,72	0,66	0,56

3.4. nustatyti gaubto, kuriuo uždengiamas triukšmingas agregatas, efektyvumą D_g vidutinio geometrinio dažnio oktavose pagal 3.4 formulę;

3.5. skaičiavimo rezultatus surašyti į ataskaitos lentelę.

Laboratorinio darbo ataskaita

1. Išmatuotas garso lygis (dBA).
2. Gaubto efektyvumo nustatymas.

Parametrai	Vidutiniai geometriniai dažniai oktavose f , Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Agregato garso slėgio lygis be gaubto L , dB								
Agregato garso slėgio lygis su gaubtu L , dB								
Slėgio lygio sumažėjimas arba gaubto efektyvumas, ΔL , dB								

Grafikas $\Delta L = f(f)$.

3. Garsą izoliuojančio gaubto (nurodo dėstytojas) efektyvumo skaičiavimas.

Skaičiuojamieji parametrai	Vidutiniai geometriniai dažniai oktavose f , Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$20 \lg Q$								
$20 \lg f$								
Gaubto garso izoliacija R , dB								
Papildomas triukšmo sumažėjimas ΔL , dB								
Gaubto efektyvumas D_g , dB								

Išvados.

Kontroliniai klausimai

1. Kas yra garso slėgio lygis ir kaip jis išreiškiamas?
2. Kokie yra triukšmo spektrai ir jų tipai?
3. Kokiais būdais mažinamas triukšmas?
4. Nuo ko priklauso konstrukcijos (gaubto) garso izoliacija?
5. Kaip keičiasi garso slėgio lygis to paties triukšmo šaltinio atvirame lauke?
6. Kaip normuojamas triukšmas?