

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Albertas VENSLOVAS

RESEARCH AND APPLICATION OF STRUCTURES WITH CHOPPED TIRE FOR INHIBITE OF NOISE

SUMMARY OF DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
ENVIRONMENTAL ENGINEERING (04T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2013

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2008–2013.

Scientific Supervisor

Assoc Prof Dr Raimondas Leopoldas IDZELIS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Environmental Engineering – 04T)

The dissertation is being defended at the Council of Scientific Field of Environmental Engineering at Vilnius Gediminas Technical University:

Chairman

Prof Dr Habil Donatas BUTKUS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Environmental Engineering – 04T).

Members:

Prof Dr Habil Pranas BALTRĖNAS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Environmental Engineering – 04T),

Dr Habil Algimantas BUBULIS (Kaunas University of Technology, Technological Sciences, Mechanical Engineering – 09T),

Assoc Prof Dr Eglė JOTAUTIENĖ (Aleksandras Stulginskis University, Technological Sciences, Environmental Engineering – 04T),

Prof Dr Egidijus Rytas VAIDOGAS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

Opponents:

Prof Dr Habil Vladislovas Algirdas KATINAS (Lithuanian Energy Institute, Technological Sciences, Energetics and Power Engineering – 06T),

Prof Dr Saulius VASAREVIČIUS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Environmental Engineering – 04T).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Council of Scientific Field of Environmental Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University 2 p. m. on 22 January 2014.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4952, +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112;

e-mail: doktor@vgtu.lt

The summary of the doctoral dissertation was distributed on 20 December 2013.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

© Albertas Venslovas, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Albertas VENSLOVAS

KONSTRUKCIJŲ SU PADANGŲ GUMOS GRANULĖMIS TRIUKŠMUI SLOPINTI TYRIMAI IR TAIKYMAS

DAKTARO DISERTACIJOS SANTRAUKA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
APLINKOS INŽINERIJA (04T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2013

Disertacija rengta 2008–2013 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.
Mokslinis vadovas

doc. dr. Raimondas Leopoldas IDZELIS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, aplinkos inžinerija – 04T).

Disertacija ginama Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos inžinerijos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkas

prof. habil. dr. Donatas BUTKUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, aplinkos inžinerija – 04T).

Nariai:

prof. habil. dr. Pranas BALTRĖNAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, aplinkos inžinerija – 04T),

habil. dr. Algimantas BUBULIS (Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, mechanikos inžinerija – 09T),

doc. dr. Eglė JOTAUTIENĖ (Aleksandro Stulginskio universitetas, technologijos mokslai, aplinkos inžinerija – 04T),

prof. dr. Egidijus Rytas VAIDOGAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

Oponentai:

prof. habil. dr. Vladislovas Algirdas KATINAS (Lietuvos energetikos institutas, technologijos mokslai, energetika ir termoinžinerija – 06T),

prof. dr. Saulius VASAREVIČIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, aplinkos inžinerija – 04T).

Disertacija bus ginama viešame Aplinkos inžinerijos mokslo krypties tarybos posėdyje 2014 m. sausio 22 d. 14 val. Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4952, (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112;

el. paštas doktor@vgtu.lt

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2013 m. gruodžio 20 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos „Technika“ 2227-M mokslo literatūros knyga.

© Albertas Venslovas, 2013

Introduction

Topicality of the problem

Industrial production, considerable amounts of side-products, and home worn out and obsolete products. Quite often, the human impact on the environment is negative. One of the most pressing contemporary environmental problems – physical pollution – noise.

Noise reduction is still one of the most pressing problems around the world. It is important to protect the human living environment from noisy sources, search for technical means and ways to alleviate them.

In urban areas, the noise induced by the continuity of traffic flow is the most irritating factor in the human body. Often the noise levels permitted in Norms exceeds not only on motorways or other roads, but also the local area. Various technological processes as well as a major noise. For the permissible noise levels often exceeded not only in the workplace or business areas, but also outside the company. It also suffers from the noise and the people who live near airports, planes take off and landing areas. For these reasons, the violation of safe working conditions in the workplace, the disturbance of rest and detrimental to health. Noise problem still remain very relevant, but is still difficult to solve.

One of the ways to reduce the noise can be noise-reducing structures creation and use of noise scatter. It is particularly important that the design is effective, inexpensive, made of cheap materials and to effectively damp the low-frequency sound. When used in the production of construction waste, such as waste tires, couples environmental effect.

Lack of data on shredded tire bead noise bandwidth performance tests. Most of the research work is limited to sound insulation, diffusion examination, using common building materials. Research and literature data and the lack of foreign scientific works. Therefore the importance of the research results and practical applications are obvious.

Silencing the wall is one of the measures against motor and train noise. Walls, which are used in the production of sound reflective materials can be used for wide streets and roads. Narrow streets should be built in noise-absorbing wall. As the latest of which is more efficient and adaptable, it encourages the search for materials with good noise absorbing qualities.

One of the most effective noise-killing walls and partitions are available with a variety of bead fillers. They suggested for industrial structures, protection from aircraft noise, pitched roofs and other structures. Shredded tires (bead) potential applications of noise-inhibiting structures research would to some extent reduce the current environmental, social and economic problem.

Each year, increasing traffic flow on highways, towns, residential areas noise and vibration. In addition, generated huge amounts of worn tires, which could be used as a secondary raw material for pellet production. Also it can be used to suppress noise.

It is known that the noise suppression depends on the rubber particle size and rubber granule layer thickness. It is unknown how noise levels in different dimensions of rubber granules of different frequency range. Therefore, experiments must be used in studies of different size beads.

It is clear that in recent years the growing number of vehicles rubber pellets quantities Lithuania and other countries is growing rapidly. Therefore, in various areas of the economy it is necessary to look for new areas and ways of using tires. In this paper, the use of targeted experiments base and equipment, searching for new shredded tire rubber granules effective use of opportunities in various sound insulating structures.

Object of the work – noise design filled with crumb rubber.

Aim and tasks of the work

The aim of this thesis is complex to investigate and evaluate designs with shredded tire bead filler noise reduction performance by frequency response.

To reach the aim set in the thesis, it is necessary to tackle the following tasks:

1. To investigate the structure filled with shredded tires of different fractions of pellets sound retention characteristics, assessment of the sound pressure level reduction set sound insulation index.
2. To set the effective low frequency suppress structures and propose their application in the manufacture of silencing the walls, roof structures.
3. To make noise suppression of pitched roofs field investigation.
4. To customize simulator concrete and granular structures with a slit resonators sound absorption is analyzed.
5. To create beads and concrete mix design to evaluate the sound attenuation.

Methodology of research. Noise abatement walls, building structural elements of sound insulation properties of the investigation carried out by using shredded tires for various fractions of the granules according to the ISO standard contains testing methodologies. Work carried out in subsistence conditions and noise suppression chamber under noise insulation characteristics

methodologies. The mathematical modeling using MAPLE and MATLAB software packages.

Scientific novelty of the work. The novelty of work consists of complex laboratory and kind of noise reduction studies, using designs with a crushed aggregate from post-tire beads of various sizes. Research will allow the design of effective noise abatement walls, roof structures based on the noise level and frequency characteristics. For the purposes of the simulation program to obtain results, the proposed method of selecting the desired frequency to suppress the slit resonator design parameters.

Practical value. Solved two pressing problems: different transport noise abatement issues, and from post-processing of the tire problem. Assessed the current status and new approaches to reduce the noise levels in residential and recreational environment to normative documents allowable noise levels. Based on the experimental studies, the proposed effective low-frequency structural mitigation measures. Designed for the noise damping element, made with crushed concrete and tire bead mixture with cavities (resonators), the construction of the State Patent Office of a patent.

Defended propositions

1. The design filled with shredded tires 5–6 mm pellets for the most efficient use of low-frequency sounds (250 Hz) to suppress high frequency noise (1000–8000 Hz) effectively inhibits the smallest selected tire 0.5–1 mm fraction.
2. Mathematical modelling derived resonator radius r values to suppressive noise frequency and wavelength allows you to select the optimum design geometry are made.
3. Concrete and shredded tire bead design with cavities (resonators), effectively reduces the noise levels at various frequencies and higher efficiency for the same composition of the smooth surface of the structure approximately 4 dB.

The scope of the scientific work. The dissertation consists of three research material revealing chapters, general conclusions and recommendations, bibliography, and the author of publications on the topic lists.

Scope of the thesis is – 153 pages, 22 numbered formulas, 79 figures and 6 tables. The list of references consists of 127 sources

1. Worn tire management and utilization

The increasing urbanization of the scale, increasing the flow of all modes of transport in cities and towns, rapidly growing areas with increased noise level number. The physical effects of the pollution is becoming more and more important in the design of buildings. New materials from waste generated by the use of not only solves the noise reduction, but also the waste management problems, while one of the aims of sustainable development.

Tyres can be 100% recycled, their chemical and physical properties are used as a valuable source of raw materials. Crumb rubber are neither harmful nor dangerous, if properly handled, transported or stored. Tires are made of a mixture of various substances, including synthetic and natural rubber, butyl rubber, textiles, steel, carbon black and various chemical additives.

Taking into account the results of foreign researchers can assume that crumb rubber can be used for the roofs of structures like the sound absorbing material. Also it can be used for noise reduction screens as noise control materials. Scientists Horeshenkov and Swift (2001) found that less rubber granule fractions particularly reduces noise absorption coefficient. Indicated that the 4–6 mm size pellets has an optimum noise suppression ability.

Sometimes you need to reach higher-end noise insulation, the noise insulation index must be less than $R_w = 60$ dB. Using a single-structure to meet this requirement is difficult. In this case, it is appropriate to use two panels with an air gap.

Massive construction reduces noise levels across the octave band, but very little can be made available in any field effect at low frequencies. There is almost no information about what we would get if you insert the inhibitory effect of porous materials such as rubber pellets pellets in concrete construction.

2. Structures with chopped tires silencing studies and mathematical modeling techniques

Shredded used tires ability to use noise suppression structures used to investigate specific building materials and structures they produce noise isolation properties of designed noise reduction camera. It is designed and equipped with Vilnius Gediminas Technical University, Department of Environmental Protection in 2007. The methodology is based on the research of noise suppression chamber sukonstravusių authors methodology (Grubliauskas 2009), however, investigated different materials, ie different size fractions broken crumb rubber. Sound diffusion through the structures can not always be

measured, so the spread evaluated using mathematical modeling – one of the best alternatives.

Measurements conducted noise suppression chamber with outgoing sound room (which the noise source) and the reception room noise of areas and volumes are the same. Primary and secondary premises used for the measurement of local fixed microphones at one primary spaces is the way the noise emitter position.

Shredded tires from post – use sound damping structures investigated is the range in size from post – broken tire particles (fractions), which are filled with the test design. Investigated three shredded tires from post-fractions: the smallest group – 0.5–1 mm, 3–4 mm fraction and the largest group – 5–6 mm (Fig. 1).

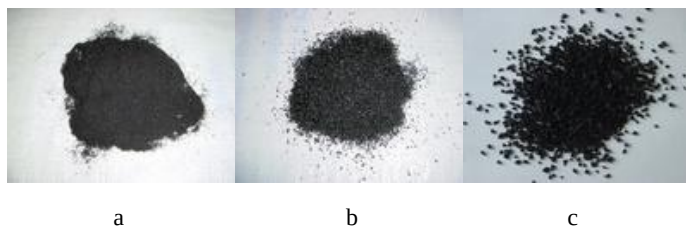


Fig. 1. The test shredded tires fractions: 0.5–1 mm fraction, 3–4 mm fraction, 5–6 mm fraction

Different-sized tires used for particle and the cylinder was weighed 3 times. The scales used BP 3100 P scales that can weigh a maximum 3100 g.

Experimental measurements of the accuracy and reliability of the data assessed by calculating the arithmetic average of the measurement data standard deviation of absolute error (because $n < 25$, the errors assessed Student approach, when $P = 95\%$).

These groups have been filled with different thickness structure (wall): 5 cm, 10 cm, 15 cm (Fig. 2).

Investigated shredded tire particles characteristics and determined the sound pressure level reduction using the completed test boxes (wall) different from post-shredded tire particles. We also analyze the shredded tire bead filler thickness on silencing efficiency.

Studies have been conducted noise suppression chamber, which was constructed for the roof elements are: length – 1000 mm, height – 1000 mm, thickness – 200 mm). Investigated roofing (bituminous, concrete roof tiles,

corrugated tin sheets, Non-asbestine slate), fillers used shredded tire bead 5–6 mm beads and glass wool.

Prepared samples of experimental research designs sectional diagram of Figure 3.

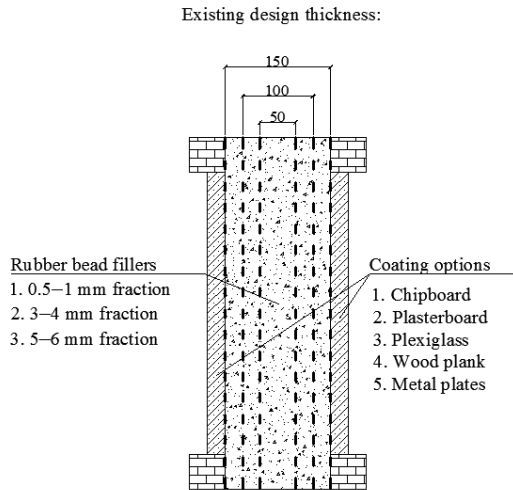


Fig. 2. Silencing design with different coating building materials and rubber pellets filled

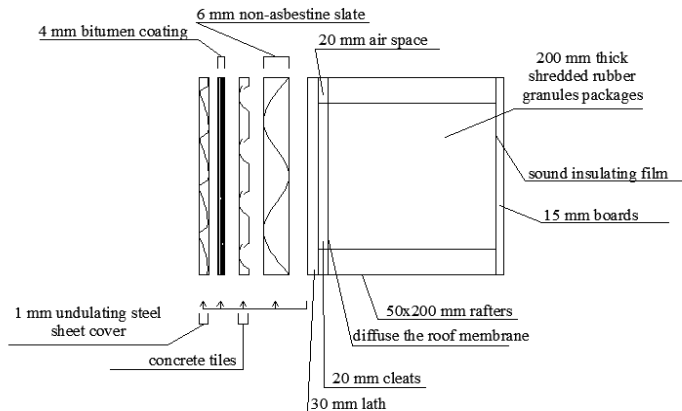


Fig. 3. Sound absorbing construction section

Silencing cell structures were analyzed (1000x1000x200 mm size) with rubber infill pellets coated with different coatings noise insulation properties. Light two-layer construction with 200 mm air gap was completely filled with 6 mm rubber granules. Such a level of pellets have the best noise isolation properties of the noise aviatransporto (Maderuelo – Sanz et al., 2011, Zhou et al., 2007).

Each of the eight structures analyzed the structure of the elements:

- 1 – 15 mm thick boards;
- 2 – 0.2 mm thick insulating vapor film;
- 3 – 50 mm wide and 200 mm high rafters;
- 4 – 200 mm filler layer (5–6 mm rubber granules or glass wool);
- 5 – 0.2 mm thick diffusive roof membrane;
- 6 – 20 mm cleats;
- 7 – 20 mm air gap;
- 8 – 30 mm thick lath;

9 – design top cover (6 mm Non-asbestine slate, concrete tiles, 4 mm thick bitumen, 1 mm thick undulating steel sheets).

Roll-top covered with four different coatings: Non-asbestine slate (thickness 6 mm and height 46 mm), concrete tile (wave height of 42 mm), bitumen (4 mm) and an undulating steel sheet coating (thickness of 1 mm and a wave height of 39 mm). Structures with rubber infill pellets coated with different coatings, noise insulation properties compared with 200 mm mineral wool filling. 200 mm thick glass wool filler, which many scientists work is identified as having optimum levels of noise reduction in resolution.

Modeled single cavity radius r and length L values versus frequency. To make a noise suppressor designs are quite complex in design, fabrication and testing requires a lot of time and money. Knowing the frequency that you want to suppress the simulation can help choose rezonatorinę design with a specific radius and length. Relevant resonant structure layout is shown in Figure 4.

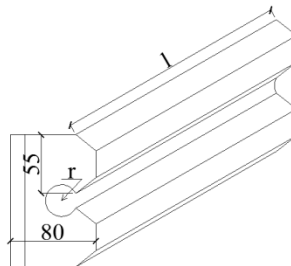


Fig. 4. Modeled acoustic resonant structure

Resonator consists of a frame structure, cellular fibrous layer, interlayer and punched the air dense material (plywood, drywall, aluminum, etc.). After the perforated sheets add friction material, which not only increases the sound energy loss but also prevents the fibrous material to crumble and dusty. Sheets together and serve as decoration.

3. Structures with chopped tires silencing research and numerical simulation results and their analysis

Sound pressure level reduction screens are used to support sound insulation and absorption ability. These rates vary depending on the screen and settled filling the structural elements of sound insulation properties. In this chapter, the issue of the sound damping structures laboratory results. Analyzes the structural characteristics and the isolation of shredded tire beads of different fractions of the use efficiency of sound suppression.

Best sound insulation according to geometric frequency band (Fig. 5). Distinguished design with the smallest fraction (0.5–1 mm) granules, this material noise levels up to 500 Hz frequency was reduced to 40 dB. At high frequencies of 2.500 Hz, the best sound isolation marked the largest group (5–6 mm).

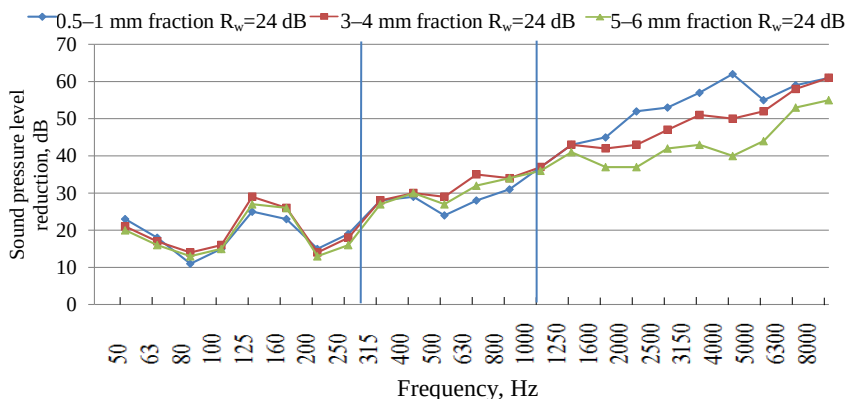


Fig. 5. Sound level difference. Design exploration for bulk material 15 mm thick filled with different groups

Figure 5 to provide a sound pressure level of reduction in data received by different groups of shredded tires filled 150 mm test structure (wall).

At low frequencies (below 300 Hz), all three groups of shredded tire sound was similar, i. e., sound pressure level reduction of 3–4 mm and 5–6 mm fraction reaches 28 dB, and 0.5–1 mm fraction – 25 dB. Medium frequency sounds (300–800 Hz) to suppress the most effective use of 3–4 mm and 5–6 mm fractions. The fractions of the sound pressure level reduction of up to 34 dB.

Examination of 15 cm test structure (wall), which was filled with 5–6 mm fraction and comparison coated one and two sided building materials have been received sound pressure level decreases, presented in Figure 6.

Medium band best protects nuogarso, the smallest fraction of the two sides with a chipboard panels, gypsum boards, wood paneling and plexiglass sound pressure level reduction of 51 dB.

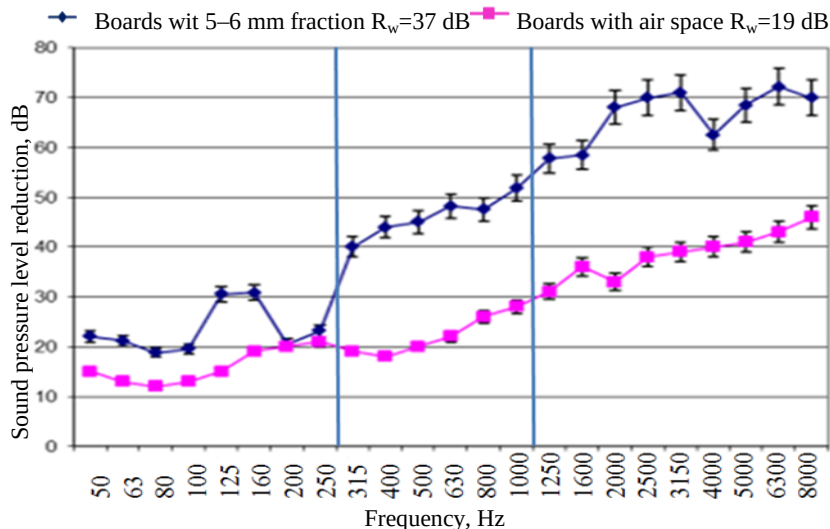


Fig. 6. Sound level difference. Design for bulk materials under 15 cm thick, filled with pellets of 5–6 mm fraction and the air gap, and the two sides with a variety of building materials

According concluded additions for low frequencies (below 300 Hz) to reduce the appropriate chipboard, drywall and wood paneling, the sound pressure level reduction of up to 46 dB. At high frequencies the effective remains the same material as the medium frequencies, the sound pressure level reduction of up to 72 dB. In the frequency bands to protect against the worst sound design is covered with a metal sheet. This results in sound isolation

metal sheet to reflect the characteristic of the noise-absorbent, the denser the material, the more it reflects the sound rather than absorb, the more we can and justify that other materials such as wood and plaster, being softer to better absorb the sound.

Investigating the thickest of the selected 15 cm thick structure composed of 5–6 mm pellet fraction and mutual building materials by coating a decrease from the level of dependence shown in Figure 6. The granules used as infill construction, and for comparison, replacing the pellets air space. As with all of the above cases, the best insulation coating is characterized using the boards. In this case, the difference by changing the fill air gap variation of less. However, this is sufficient to conclude that the filling is more efficient use of air space for insulation.

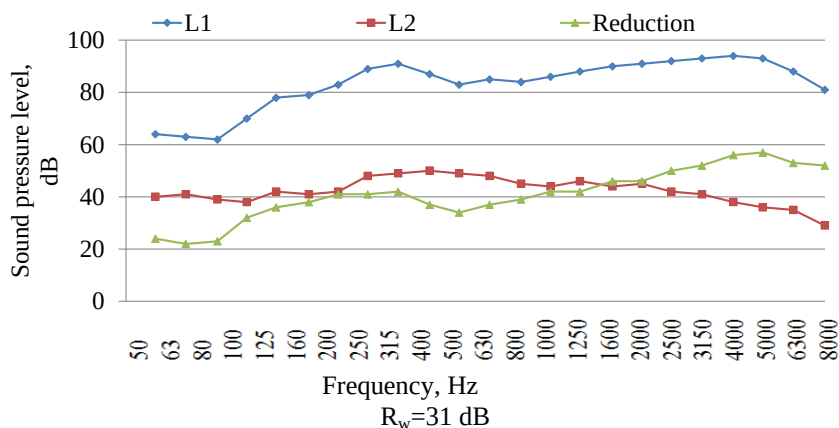


Fig. 7. Sound pressure level difference. construction with shredded tire chips and concrete with a mixture of concave surface results. The sound pressure level is sent to the L1, L2, sound pressure level for the wall

Examining the plates were covered, as the most effective of all examined, special attention arises phenomena occurring at three frequencies, i. e., 125 Hz, 230 Hz and 3200 Hz. At 125 Hz decrease in the level suddenly increases by 11 dB value. The reason could be approaching resonance, which begins 180 Hz. A wide range from 180 Hz to 350 Hz frequency resonant phenomenon obviously reduces this construction of low and medium – frequency insulation properties.

Medium – band sound pressure levels decrease levels off and continues to increase gradually with increasing frequency, and becomes approximately constant at high frequencies of 2000–8000 Hz. However, the 3200 Hz frequency

resonance occurs in the second jump, which is less pronounced as compared with that of low – frequency band. In the resonance phenomenon value changes from 70 to 63 dB. Characteristic leveling at 7000 Hz sound frequency and further slight change near 70 dB value. Containment index R_w value of 15 cm structure consisting of plates and 5–6 mm pellet fraction coverage is equal to 37 dB, i. e., medium – insulating properties of all cases dealt with different groups.

The experimental results show that the design of concrete and crushed tire bead mixture with plyšinėmis cavities (resonators), effectively suppressing the high – frequency sounds (1000-8000 Hz). Sound level reduction of between 38 to 58 dB. Meanwhile, Midrange area (from 250 to 1000 Hz) sound level is detained from 31 to 40 dB of low-frequency sound area (up to 250 Hz frequency) noise level is reduced by approximately 22–39 dB (Fig. 7).

Shaped by the single – cavity radius r and length L values, depending on the frequency. Since making noise suppressor designs are quite complex in design, fabrication and testing requires a lot of time and money. Knowing the frequency you want to suppress further presented in graphs can choose design with a specific radius and length (Figure 8).

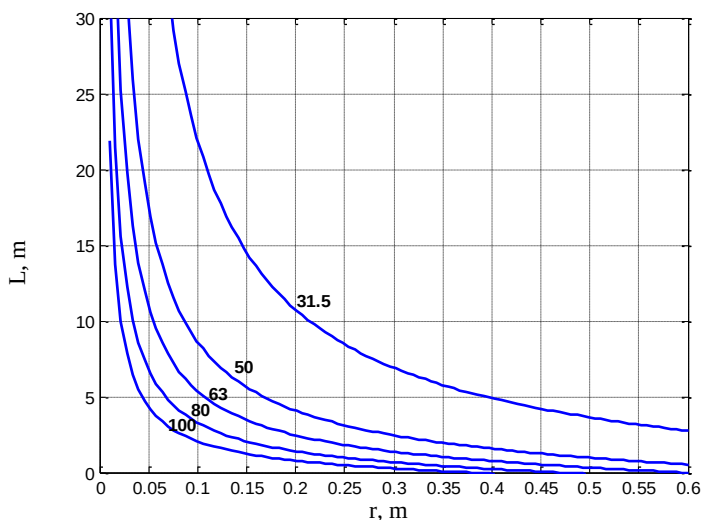


Fig. 8. Cavity of radius r values, depending on the frequency f and the length L (for low frequencies)

When the resonator drops varying lengths of sound waves, the air mass in the neck will start to oscillate. Neck in the air particle velocity fluctuations much higher than the air particle velocity fluctuations in a free sound field. The

inner cavity volume will increase the pressure. Since the particle velocity fluctuations plunging wave is constant, it increases the flow of sound waves close to the neck as far as the distortion and cover a larger area, as soon as the cervix will increase the speed fluctuations. There is a tendency to low frequencies more efficiently inhibit beam resonators.

Moving air masses in the neck cavity energy is weak, because of the energy dissipated in the cavity volume on the neck of the ongoing friction.

If the neck of the resonator, i.e., where there is the greatest fluctuations in the speed of putting sound absorbent material, it will increase the overall system sound absorption. There is a tendency to low frequencies more efficiently inhibit beam resonators.

The smaller the radius of the cavity is more frequent in the high weakens sounds. Perforated design acts as a Helmholtz resonator. Classical Helmholtz resonator consists of a rigid wall cavity capped connected by a narrow neck with room air. When the sound wave length is large compared to the dimensions of the cavity, the air cavity acts as an elastic resistance. Such resonators absorb only a narrow range of frequencies (resonant frequency) sound. Resonant sound – absorbing structure absorbs sound energy Helmholtz resonator principle. This resonator consists of an indoor air volume, which communicates with the ambient air through a narrow neck.

General conclusions

1. An analysis of the scientific literature found that unsatisfactory targeted complex laboratory and in kind study, which examines the use of shredded tires in various noise attenuation structures for different frequencies to suppress.
2. Fragmentation of worn tires not only partially addressed the generation of waste and disposal problem, but still received a very useful secondary raw materials – rubber granules, which are purposefully using structural elements of the production are sourced noise suppression components, and their efficiency is up to 64 dB.
3. Research by selecting the most widely produced granular texture (up to 85% of the total amount of recycled tires), it was found that, given the nature of the noise level and the characteristics of the motor LIFTING low frequencies (250 Hz) to suppress the most suitable use of shredded tires 6mm pellets. They filled 50 mm thick sample design reduces the sound level to 31 dB.
4. High-frequency sounds (1000–8000 Hz), which occurs most often in domestic and industrial premises, effectively inhibits the smallest selected

tire 0.5–1 mm fraction. The fraction of filling experimental samples of different thickness structures – 50, 100, 150 and 200 mm, the sound pressure level reduction in effect ranging from 53 dB to 64 dB. Structures with the smallest fraction of granules to increase the thickness of 250–300 mm, the sound pressure level of inhibition efficiency increases by only 3–4 dB, thus increasing the thickness of the structure is not appropriate.

5. Aircraft noise is characterized by a wide frequency range, so it is necessary to use complex “active” items. Experimental studies have shown that the roofing material for the production of construction using 6mm rubber bead filler is effectively suppressed 1000–8000 Hz frequency sounds, and when the top is covered by bitumen roofing, it is reduced and the high– frequency noise. This effect is obtained during an integrated effect reaches 58–60 dB.
6. The application of mathematical modeling from the cavity radius r values to suppressive noise frequency f and wavelength L allows to find the optimal geometry of the structures produced. When the sound wave length is large compared to the dimensions of the cavity, the air cavity acts as an elastic resistance, and such resonators absorbs the selected frequency range (resonant frequency) sound, which is important for specific industrial or public building sound insulation.
7. Design with cavities (resonators), which allows to effectively reduce the noise levels at various frequencies. Exercising during the simulation proceeds additions and manufacture of experimental items was achieved noise levels decrease at lower frequencies – 21–39 dB and high frequency sound bar to 32–59 dB. Its efficiency is higher for the same composition of the smooth surface of the structure approximately 4 dB.

Recommendation

1. Taking into account the noise level of the specifics, it is recommended for low prevalence of frequencies, noise barriers used to produce 5–6 mm shredded tire rubber granules, which effectively inhibited below 250 Hz wave noise by 38–40 dB. Shredded tire chips is proposed for use in structures, of size or weight is limited and the noise source is characterized by medium – and high – frequency characteristics. Using this size pellets buildings pitched roofing, residents will be better protected from the airport environment caused by aircraft noise.
2. Whenever possible, it is recommended to change a flat or undulating surface made structures with the elements of cavities (resonators). They offer guided gaminat mathematical modeling derived numerical additions, which will increase the noise reduction effect of approximately 4 dB in

problem frequencies, thus increasing the overall noise absorption capability.

List of published works on the topic of the dissertation In the reviewed scientific journals

Venslovas, A.; Aleksandravičiūtė, D.; Idzelis, R. L. 2011. Experimental investigation of scrap-tire crumb rubber application in noise-suppression structures. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. Vilnius: Technika. ISSN 1822-4288. 6(2): 102–106 (IF=1.610).

Venckus Ž.; Grubliauskas R., Venslovas A. 2012. „The reasearch on the effectiveness of the inclined top type of a noise barrier“ *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. Vilnius: Technika. ISSN 1648-6897. 20(2): 155–162. (IF=1.958).

In the other editions

Venslovas A.; Idzelis, R. L. 2011. Scrap-tire crumb rubber application in noise suppression structures recovered of the building materials , experimental investigation. *The 8th International conference “Environmental engineering” selected papers*, May 19–20, 2011 Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika. ISBN 2029-7106. Vol. 1: 446–451.

Venslovas, A.; Aleksandravičiūtė, D.; Idzelis, R. L. 2010. „Smulkintų padangų granulių konstrukcijų triukšmo izoliacijos tyrimai“. Aplinkos apsaugos inžinerija, 13-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ *pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika. 133–138.

Venslovas, A.; Idzelis, R. L. 2009. „Autotranspoto triukšmo skirtingo eismo intensyvumo gatvėse vertinimas“. Aplinkos apsaugos inžinerija, 12-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ *pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika. 53–58.

Prepared request of patent

Idzelis, R. L.; Venslovas, A. 2013. *Triukšmą slopinanti užtvara* [Noise inhibitory barrier]. Nr. – LR 2013 137.

About the author

Albertas Venslovas was born in Molėtai district on 27 May 1983. In 2006. obtained a bachelor's degree in environmental engineering Lithuanian University of Agriculture, Water and Land Management Department. In 2008 obtained a master's degree in Environmental Engineering, Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Environmental Engineering. Since 2008 Vilnius Gediminas Technical University doctoral student. Currently working as an assistant at Vilnius Gediminas Technical University, Department of Environmental Protection.

KONSTRUKCIJŲ SU PADANGŲ GUMOS GRANULĖMIS TRIUKŠMUI SLOPINTI TYRIMAI IR TAIKYMAS

Problemos formulavimas

Pramoninėje gamyboje susidaro dideli šalutinių gamybos produktų, o buityje – susidėvėjusių ir pasenusių gaminių kiekiai. Gana dažnai žmogaus daromas poveikis aplinkai būna neigiamas. Viena iš aktualiausių šiuolaikinių aplinkosaugos problemų – fizinė tarša – triukšmas.

Triukšmo mažinimas vis dar išlieka viena aktualiausių problemų visame pasaulyje, todėl stengiamasi rasti būdų, kaip gyvenamąją žmogaus aplinką apsaugoti nuo triukšmą keliančių šaltinių, ieškant techninių priemonių jam sumažinti.

Miesto teritorijose triukšmas, sukeliamas nenutrūkstamų eismo srautų, yra labiausiai dirginantis žmogaus organizmą veiksnys. Dažnai triukšmas higienos normose leidžiamus lygius viršija ne tik automagistralėse ar kituose keliuose, bet ir gyvenamojoje teritorijoje. Įvairūs technologiniai procesai taip pat kelia didelį triukšmą. Dėl to leistinieji triukšmo lygiai neretai viršijami ne tik darbo vietose ar įmonių teritorijose, bet ir už jų ribų. Taip pat nuo triukšmo kenčia ir žmonės, kurie gyvena šalia oro uostų lėktuvų kilimo ir leidimosi teritorijose. Dėl šių priežasčių pažeidžiamos saugaus darbo sąlygos darbo vietose, trikdomas poilsis ir kenkiama sveikatai. Triukšmo problema iki šiol išlieka labai aktuali, bet vis dar sunkiai sprendžiama.

Vienas iš triukšmo mažinimo būdų galėtų būti triukšmą mažinančių konstrukcijų sukūrimas ir panaudojimas triukšmo sklaidai slopinti. Ypač svarbu tai, kad tokios konstrukcijos būtų efektyvios, nebrangios, pagamintos iš pigių žaliavų ir efektyviai slopintų žemo dažnio garsą. Jeigu gaminant konstrukcijas būtų panaudotos tokios atliekos, kaip susidėvėjusios padangos, būtų gautas dvigubas aplinkosauginis efektas.

Trūksta tyrimų apie susmulkintų padangų gumos granulių triukšmo pralaidumo savybes. Dauguma tiriamųjų darbų apsiriboja garso izoliacijos, sklaidos nagrinėjimu, panaudojant įprastas statybines žaliavas. Eksperimentinių ir literatūrinių duomenų nėra gausu ir užsienio šalių mokslininkų darbuose. Todėl ši problema yra svarbi, o jos rezultatų praktinis pritaikymas yra akivaizdus.

Darbo aktualumas

Triukšmo slopinimo sienelės yra viena iš priemonių apsaugai nuo autotransporto ir traukinių keliamo triukšmo. Sienutės, kurių gamyboje naudojamos garsą atspindinčios medžiagos, gali būti naudojamos tik plačiose

gatvėse ir keliuose. Siaurose gatvėse turėtų būti statomos triukšmą sugeriančios sienelės. Kadangi pastarosios yra efektyvesnės ir labiau pritaikomos, tai skatina ieškoti medžiagų, turinčių geras triukšmą sugeriančias savybes.

Vienos iš efektyviausių triukšmą slopinančių priemonių yra sienos ir pertvaros su įvairių granulių užpildais. Norint apsaugoti nuo triukšmo, jas siūloma taikyti pramoniniuose statiniuose, šlaitinių stogų konstrukcijose ir kt. Susmulkintų padangų (granulių) panaudojimo galimybių triukšmą slopinančiose konstrukcijose tyrimai leistų tam tikru mastu sumažinti šią aktualią aplinkosauginę, ekonominę ir socialinę problemą.

Kasmet didėjantys automobilių srautai automagistralėse, miestuose ir kitose gyvenamosiose teritorijose kelia triukšmą ir vibraciją. Be to, susidaro milžiniški kiekiai susidėvėjusių padangų, kurias būtų galima panaudoti kaip antrinę žaliavą granulių gamybai, taip pat ir triukšmui slopinti.

Yra žinoma, kad triukšmo slopinimas priklauso nuo naudojamos gumos dalelių dydžio ir gumos granulių sluoksnio storio. Tačiau nežinoma, kaip triukšmą slopina įvairių matmenų gumos granulės, esant skirtingų dažnių diapazonui. Todėl atsižvelgiant į tai eksperimentiniuose tyrimuose turėtų būti panaudotos skirtingo dydžio granulės.

Akivaizdu, kad pastaraisiais metais augant automobilių skaičiui sudėvėtų padangų kiekiai Lietuvoje ir kitose šalyse sparčiai didėja. Todėl įvairiose ūkio srityse būtina ieškoti vis naujų sričių ir padangų panaudojimo būdų. Šiame darbe naudojant tikslinę eksperimentų bazę bei įrangą, ieškoma naujų susmulkintų padangų gumos granulių efektyvaus panaudojimo galimybių įvairiose garsą izoliuojančiose konstrukcijose.

Darbo tyrimų objektas – triukšmą mažinančios konstrukcijos, užpildytos sudėvėtų padangų granulėmis.

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – pagal dažninę charakteristiką kompleksiškai ištirti ir įvertinti konstrukcijų su susmulkintų padangų granulių užpildu triukšmo mažinimo efektyvumą.

Darbo tikslui pasiekti reikia išspręsti šiuos uždavinius:

1. Triukšmo slopinimo kameroje nustatyti konstrukcijų, užpildytų susmulkintų padangų skirtingų frakcijų granulėmis, garso sulaikymo savybes, įvertinti garso slėgio lygio sumažėjimą, nustatyti garso izoliavimo rodiklį.
2. Nustatyti efektyvias žemą dažnį slopinančias konstrukcijas ir siūlyti jas taikyti triukšmo slopinimo sienelių ir stogų konstrukcijų gamybai.
3. Atlikti šlaitinių stogų natūrinius triukšmo slopinimo tyrimus.

4. Pritaikyti modeliavimo programą betono ir granulių konstrukcijų su plyšiniais rezonatoriais garso sugerčiai modeliuoti.
5. Sukurti susmulkintų gumos ir betono granulių mišinio konstrukciją, įvertinti jos garso slopinimo lygį.

Tyrimų metodika

Triukšmo mažinimo sienelių, pastatų konstrukcinių elementų triukšmo izoliavimo savybių tyrimai atlikti, panaudojant susmulkintų padangų įvairių frakcijų granules, remiantis ISO standartuose pateiktomis bandymų atlikimo metodikomis. Darbas atliktas natūrinėmis sąlygomis ir triukšmo slopinimo kameroje pagal triukšmo izoliavimo rodiklių nustatymo metodikas. Atliktas matematinis modeliavimas, panaudojant MAPLE ir MATLAB programinius paketus.

Mokslinis darbo naujumas

Darbo naujumą sudaro kompleksiniai laboratoriniai ir natūriniai triukšmo mažinimo tyrimai, panaudojant konstrukcijas, kurių užpildas yra susmulkintų sudėvėtų padangų įvairių dydžių granulės. Tyrimai turėtų suteikti galimybę projektuoti efektyvias triukšmo mažinimo sienes ir stogo konstrukcijas, priklausomai nuo triukšmo lygio ir dažninių spektro. Taikant modeliavimo programą gautų rezultatų pagrindu siūlomas būdas norimam dažniui slopinti parenkant plyšinės konstrukcijos rezonatoriaus parametrus.

Praktinė reikšmė

Sprendžiamos dvi aktualios problemos: įvairaus transporto sukulto triukšmo mažinimo klausimai ir sudėvėtų padangų tvarkymo problema. Įvertinta esama būklė bei pasiūlyti nauji būdai siekiant sumažinti triukšmo lygius gyvenamojoje ir rekreacinėje aplinkoje iki normatyviniuose dokumentuose leistinų triukšmo lygių. Remiantis gautais eksperimentinių tyrimų duomenimis, pasiūlytos efektyvios žemą dažnį mažinančios konstrukcinės priemonės. Sukurtas triukšmo lygio slopinimo elementas, pagamintas iš betono ir susmulkintų padangų granulių mišinio su plyšinėmis ertmėmis (rezonatoriais), kurio konstrukcija pateikta Valstybiniam patentų biurui patentui gauti.

Ginamieji teiginiai

1. Konstrukcija, užpildyta susmulkintų padangų 5–6 mm granulėmis efektyviausiai tinka naudoti žemo dažnio garsams (iki 250 Hz) slopinti, aukšto dažnio garsus (1000–8000 Hz) efektyviausiai slopina smulkiausia pasirinktų padangų 0,5–1 mm frakcija.

2. Matematinio modeliavimo metu gautos rezonatoriaus spindulio reikšmių priklausomybės nuo slopinamo triukšmo dažnio ir bangos ilgio, leidžia parinkti geriausią gaminamos konstrukcijos geometriją.
3. Betono ir susmulkintų padangų gumos granulinių konstrukcija su plyšinėmis ertmėmis (rezonatoriais) efektyviai sumažina įvairių dažnių triukšmo lygį, jo efektyvumas didesnis už tokios pačios sudėties lygaus paviršiaus konstrukciją vidutiniškai 4 dB.

Darbo apimtis. Disertaciją sudaro įvadas, trys tiriamąją medžiagą atskleidžiantys skyriai, bendrosios išvados ir rekomendacijos, naudotos literatūros ir autoriaus publikacijų disertacijos tema sąrašai.

Darbo apimtis 153 puslapiai, panaudota 22 numeruotos formulės, 79 paveikslai ir 6 lentelės. Rašant disertaciją buvo panaudoti 127 literatūros šaltiniai.

Įvadiniame skyriuje aptarta tiriamoji problema ir darbo aktualumas, aprašytas tyrimų objektas, suformuluotas darbo tikslas bei iškelti uždaviniai, aprašyta tyrimų metodika, atskleistas mokslinis darbo naujumas, pagrįsta praktinė darbo rezultatų reikšmė ir pateikti ginamieji teiginiai. Taip pat pristatytos disertacijos tema paskelbtos autoriaus publikacijos bei pranešimai konferencijose ir detalizuota disertacijos struktūra.

Pirmajame skyriuje pateikiama mokslo darbų disertacijos temos apžvalga, kurioje aptariamos sudėvėtų padangų tvarkymo ir panaudojimo ypatumai, pateikiama apžvalga apie padangų tvarkymo būklę bei padangų panaujimas triukšmo slopinimo konstrukcijose, atskleidžiama triukšmo problema aplinkosaugoje, pagrindiniai triukšmo parametrai bei jo normavimas, atskleidžiamas modeliavimo programų principai. Antrajame skyriuje detalizuojama garso slėgio lygių sumažėjimų tyrimų, panaudojant susmulkintas padangas ir statybines medžiagų konstrukcijas, konstrukcijas skirtas šlaitiniams stogams, orlaivių triukšmo, kilnojamojo ekrano su užpildu kameroje ir matematinio modeliavimo metodika. Trečiajame skyriuje pateikiama garso slėgio lygių sumažėjimo triukšmo slopinimo kameroje tyrimų ypatumų analizė ir nagrinėjami skirtingų konstrukcijų su sudėvėtomis padangų granulėmis konstrukcijų garso slėgio lygių sumažėjimų eksperimentinių tyrimų duomenys bei gautieji matematinio modeliavimo rezultatai. Skyriuje atskleidžiami žemo dažnio garso slėgio lygių mažinančių konstrukcijų tyrimai, pristatomas gautų tyrimų pagrindu sukurta triukšmą mažinanti užtvara.

Bendrosios išvados

1. Išanalizavus mokslinę literatūrą, nustatyta, kad nepakankamai atlikta kryptingų kompleksinių laboratorinių ir natūrinių tyrimų, kuriuose

- analizuojamos susmulkintų padangų panaudojimas įvairiose triukšmo slopinimo srityse, ypač konstrukcijose žemiems dažniams slopinti.
2. Smulkinant sudėvėtas padangas ne tik iš dalies sprendžiama atliekų susidarymo bei deponavimo problema, bet dar ir gaunama labai naudinga antrinė žaliava – gumos granulės, kurias, kryptingai panaudojus konstrukcinių elementų gamybai, yra gaunami triukšmo slopinimo elementai, o jų efektyvumas siekia iki 64 dB.
 3. Tyrimams pasirinkus plačiausiai gaminamų granulių granulimetrinę sudėtį (iki 85 % nuo bendro perdirbtų padangų kiekio) buvo nustatyta, kad atsižvelgiant į triukšmo lygio pobūdį ir jo charakteristikas, autotransporto keliais žemo dažnio garsams (iki 250 Hz) slopinti efektyviausiai tinka naudoti susmulkintų padangų 6 mm granules. Jomis užpildžius 50 mm storio bandinio konstrukciją garso lygis sumažinamas iki 31 dB.
 4. Aukšto dažnio garsus (1000–8000 Hz), kurie dažniausiai pasireiškia buitinėse bei gamybinėse patalpose, efektyviausiai slopina smulkiausia pasirinktų padangų 0,5–1 mm frakcija. Šia frakcija, užpildžius skirtingo storio eksperimentinių bandinių konstrukcijas – 50, 100, 150 ir 200 mm, garso slėgio lygio sumažėjimo efektas siekia nuo 53 dB iki 64 dB. Konstrukcijos su smulkiausios frakcijos granulėmis storį padidinus iki 250–300 mm, garso slėgio lygio slopinimo efektyvumas padidėja tik 3–4 dB, todėl konstrukcijos storio didinti netikslinga.
 5. Orlaivių keliamas triukšmas pasižymi plačiu dažniniu spektru, todėl būtina naudoti kompleksškai „veikiančius“ elementus. Eksperimentinių tyrimų metu nustatyta, kad stogo dangai skirtos konstrukcijos gamybai panaudojus 5–6 mm gumos granulių užpildą efektyviausiai yra slopinami 1000–8000 Hz dažnio garsai, o kai jos viršų dengia bituminė stogo danga, tai yra sumažinamas ir aukšto dažnio triukšmo lygis. Šio kompleksiško poveikio metu gaunamas efektas siekia 58–60 dB.
 6. Matematinio modeliavimo būdu galima parinkti konstrukcijos parametrus norimam triukšmo dažniui ir bangos ilgiui, ir rasti geriausią pasirinktos konstrukcijos geometriją. Kai garso bangos ilgis yra didelis, palyginti su rezonatoriaus matmenimis, oras rezonatoriuje veikia kaip tampri varža, o tokie rezonatoriai gerai sugeria pasirinkto dažnumų diapazono (rezonansinių dažnumų) garsą, o tai aktualu specifinių gamybinių ar visuomeninių pastatų garso izoliacijai.
 7. Konstrukcija, su plyšinėmis ertmėmis (rezonatoriais), leidžia efektyviai sumažinti įvairių dažnių triukšmo lygius. Panaudojus modeliavimo metu gautas priklausomybes ir pagal jas pagaminus eksperimentinius triukšmą mažinančius elementus, pasiektas triukšmo lygių sumažėjimas – žemuose dažniuose – 21–39 dB, o aukštų dažnių juostoje iki 32–59 dB. Jos

efektyvumas didesnis už tokios pačios sudėties lygaus paviršiaus konstrukciją vidutiniškai 4 dB.

Rekomendacijos

1. Atsižvelgiant į keliamo triukšmo lygio specifiką, rekomenduojama, vyraujant žemiems dažniams, triukšmo slopinimui sienelės gamybai naudoti 5–6 mm susmulkintų padangų gumos granules, kurios efektyviai slopina mažesnio nei 250 Hz dažnio bangų triukšmo lygį iki 38–40 dB. Susmulkintų padangų granules siūloma naudoti konstrukcijose, kurių dydis ar masė yra ribojama, o triukšmo šaltinis pasižymi vidutinio ir aukšto dažnio charakteristikomis. Panaudojus šio dydžio granules pastatų šlaitinių stogų gamybai gyventojai bus labiau apsaugoti nuo oro uostų aplinkoje orlaivių keliamo triukšmo.
2. Esant galimybei keisti rekomenduojama lygaus ar banguoto paviršiaus konstrukcijas keisti į elementus su plyšinėmis ertmėmis (rezonatoriais). Juos gaminant siūloma vadovautis matematinio modeliavimo metu gautomis skaitinėmis priklausomybėmis, kurios leistų padidinti triukšmo slopinimo efektą vidutiniškai 4 dB probleminiuose dažniuose, taip padidinant bendrą triukšmo sugerties gebą.

Trumpos žinios apie autorių

Albertas Venslovas gimė 1983 m. gegužės 27 d. Molėtų rajone. 2006 m. įgijo aplinkos inžinerijos bakalauro laipsnį Lietuvos žemės ūkio universiteto Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultete. 2008 m. įgijo aplinkos inžinerijos magistro laipsnį Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos inžinerijos fakultete. Nuo 2008 m. – Vilniaus Gedimino technikos universiteto doktorantas. Šiuo metu dirba asistentu Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos apsaugos katedroje.