

Noise

Theory and Practice

Scientific Journal

 INTERNATIONAL NOISE AWARENESS DAY 24 Aprile 2013 "RI-CONOSCI IL RUMORE"  GIORNATA INTERNAZIONALE DI SENSIBILIZZAZIONE SUL RUMORE Collegamento video con le scuole del mondo... http://www.facebook.com/groups/InadItalia INFO: inad.italia@gmail.com	The INAD Italia experience 
 LIFE08 ENV/IT/000386 With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community HUSH: Harmonization of urban noise reduction Strategies for Homogeneous Action Plans  GIORNATA INTERNAZIONALE CONTRO IL RUMORE 28 aprile 2010 Scuola Don Minzoni - Firenze  Trasforma il Rumore Collegamento video con la scuola Isaac Newton - Madrid "ESCUCHA EL SILENCIO"	 GIORNATA INTERNAZIONALE DI SENSIBILIZZAZIONE SUL RUMORE 24 aprile 2012 - Scuole di Firenze  Collegamento video con le scuole del mondo... 

III

2016

Noise Theory and Practice

Научный журнал

Том 2 №3

Учредитель - Общество с ограниченной ответственностью "Институт акустических конструкций" (ООО "Институт акустических конструкций") при БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова

Главный редактор

Иванов Н.И. д.т.н., проф.
г. Санкт-Петербург, РФ

Заместитель главного редактора

Курцев Г.М. к.т.н., проф.
г. Санкт-Петербург, РФ

Редакционная коллегия

Дроздова Л.Ф. к.т.н., проф.
г. Санкт-Петербург, РФ

Заплетников И.Н. д.т.н., проф.
г. Донецк, Украина

Цукерников И.Е. д.т.н., проф.
г. Москва, РФ

Sergio Luzzi проф.
г. Флоренция, Италия

Тупов В.Б. д.т.н., проф.
г. Москва, РФ

Васильев А.В. д.т.н., проф.
г. Самара, РФ

Тюрин А.П. д.т.н., проф.
г. Ижевск, РФ

Тюрина Н.В. д.т.н.
г. Санкт-Петербург, РФ

Шашурин А.Е. к.т.н., доц.
г. Санкт-Петербург, РФ

Фактический адрес редакции

Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. 1-ая Красноармейская, д. 3/5
+7 (812) 495-77-97

www.noisetp.com

e-mail: noise.science@gmail.com

Ответственный секретарь

Бойко Ю.С.

Зарегистрировано в Федеральной
службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций

Свидетельство

ЭЛ № ФС 77-61637

Содержание

Luzzi S., Natale R., Carfagni M.,
Borchi F., Bartalucci C.

АНГЛ

Реализация директивы внешнего шума:
уровень технического развития, участие
общественности и информированность о шуме
стр. 2-15

Калиниченко М.В., Булкин В.В., Балашова А.А.

РУС

О возможности применения акустических
экранов-резонаторов для снижения шума в зоне
перед экраном
стр. 16-22

Пильненко А.К., Заплетников И.Н.,
Гордиенко А.В., Квилинский О.Д.

РУС

Шумовые характеристики машины измельчения
мяса для эксплуатации на предприятиях
общественного питания
стр. 23-29

Дроздова Л.Ф., Кудаев А.В.

РУС

Оценка и анализ шума компрессорных станций
стр. 30-37

Васильев А.В., Комлик Е.А.

РУС

Исследование уровня акустического излучения
системы «шины автотранспортного средства –
дорожное покрытие»
стр. 38-44

Васильев А., Ли-Ко-Шин Ю., Кудаев А.В.,
Куклин Д.А., Матвеев П.В.

РУС

Эффективность малых акустических экранов
для защиты от шума железнодорожного транспорта
стр. 45-49

Environmental Noise Directive implementation: state of art, public participation and noise awareness

Luzzi S.¹, Natale R.², Carfagni M.³, Borchì F.⁴, Bartalucci C.⁵

¹Adjunct Professor at University of Florence, President and Technical Director of Vie en.ro.se.

Ingegneria, Florence, Italy

²Architect at Vie en.ro.se. Ingegneria, EAA INAD representative for Italy, Florence, Italy

³Full Professor at University of Florence, Florence, Italy

⁴Research Grant Holder at University of Florence, Florence, Italy

⁵PhD student at University of Florence, Florence, Italy

Abstract

In this paper some aspects of the Environmental Noise Directive 2002/49/EC (END) state of implementation in EU countries are presented with special regard to public information and participation in action plans and to the experiences of participatory approaches to planning and design of solutions for noise mitigation. The results of public and stakeholders involvement are shown in case studies implemented in Italy and in other EU countries, in pilot areas of EU funded projects, regarding END implementation issues. The review includes examples of participatory design derived by strategic noise mapping and action plans implementation for agglomerations and infrastructures of transport. The International Noise Awareness campaigns are considered as a very important event for public information and participation.

Key words: environmental noise, directive, action plans, participation, awareness.

Реализация директивы внешнего шума: уровень технического развития, участие общественности и информированность о шуме

Luzzi S.¹, Natale R.², Carfagni M.³, Borchì F.⁴, Bartalucci C.⁵

¹Адъюнкт-Профессор Университета Флоренции, Президент и Технический директор Vie en.ro.se. Ingegneria, Флоренция, Италия

²Архитектор Vie en.ro.se. Ingegneria, представитель ЕАА INAD в Италии, Флоренция, Италия

³Профессор Университета Флоренции, Флоренция, Италия

⁴Исследователь-стипендиат Университета Флоренции, Флоренция, Италия

⁵Аспирант Университета Флоренции, Флоренция, Италия

Аннотация

В этой статье раскрываются некоторые аспекты Директивы шума окружающей среды (внешнего шума) 2002/49/ЕС (The European Directive 2002/49/EU on Environmental Noise) по состоянию ее реализации в странах ЕС с уделением особого внимания информированию и участию общественности в отношении планов действий и опыта совместных подходов к планированию и проектированию решений для снижения уровня шума. Результаты участия общественности и других заинтересованных сторон представлены в исследованиях, выполненных в Италии и в других странах ЕС, в проектах финансируемых ЕС и реализованных в пилотных регионах. Освещена проблема внедрения. Обзор включает в себя примеры совместно разработанных стратегических карт шума и планы действий по реализации для крупных населённых пунктов и транспортной инфраструктуры. Международная кампания по информированию о шуме (The International Noise Awareness) рассматривается, как очень важное событие для информирования и участия общественности

Ключевые слова: шум окружающей среды, директива, планы действий, участие, информирование.

*E-mail: sergio.luzzi@vienrose.it (Luzzi S.)

Introduction

Among the aims of Environmental Noise Directive 2002/49/EC (END) there is the definition of a common approach intended to map, prevent or reduce, on a prioritized basis, the harmful effects, including annoyance, due to exposure to environmental noise. The END also aims at providing a basis for developing Community measures to reduce noise emitted by the major sources, in particular road and rail vehicles and infrastructure, aircraft, outdoor and industrial equipment and mobile machinery.

The END (1) provides indications and recommendations about items such as noise mapping, action planning, quiet areas and the importance of communication and dissemination towards citizens.

In many cases only definitions and general indications are made available by the END, while specific suggestions about how to deal in practice with the above cited items are still absent. To help solving this problem the EU funded projects LIFE+2008 HUSH (2-4), LIFE+2009 NADIA (5-7) and LIFE+2010 QUADMAP (8-13) have given important contributions to END interpretation and implementation.

In this paper, after a brief analysis of the state of the art about the END implementation, aspects related to public participation and information are further discussed. The results of public and stakeholders involvement are shown in case studies implemented in Italy and in other EU countries, in pilot areas of HUSH and QUADMAP EU funded projects.

1. State of art of END implementation

Noise mapping and action planning have been performed for almost all EU agglomerations and main infrastructures. At this time, agglomerations and main infrastructures are currently working for the updating their noise maps and action plans. In particular, END has been transposed in all 28 Member States and any transposition and legislative issues have been resolved. In 15 member States the END was the first national legislative milestone in the frame of environmental noise. Concerning the administrative approach to the END implementation, some Member States have preferred a centralised approach, while others a decentralised one; moreover, also combined approaches have been adopted. In terms of noise mapping and action planning implementation, significant delays have been encountered both in the first (2007/2008) and in the second (2012/2013) rounds. As a relevant example, in the last round (to be completed in 2012) more than 30% of the maps were missing at the time of analysis at the end of 2014 (5).

On the technical point of view, the END made available only definitions and general indications, while specific suggestions about how to deal in practice with the above cited items are absent. Concerning the preparation of noise maps, a significant methodological reference used by the operators is the Good Practice Guide (GPG) published by European Commission (14). Anyway, referring to the GPG practical application, numerous publications in recent national and international congresses pointed out the difficulties in noise mapping procedures (15/18).

Referring to the main aspects defined by END like action planning, quiet areas and information and participation of public, since a few years ago practical guideline were not available. Some relevant contributions came from some EU funded projects like LIFE+2008 HUSH, LIFE+2009 NADIA and LIFE+2010 QUADMAP that have given important contributions to END interpretation and implementation.

Concerning the evaluation of the END through the Regulatory Fitness and Performance Programme (REFIT), according to criteria of Relevance, Coherence, Effectiveness, Efficiency and EU added value, good outcomes have been achieved.

Moreover, considerable progresses have been made towards the development of a common approach to noise assessment methods in Europe thanks to CNOSSOS-EU process, which was completed in 2015. Some important news have recently come with the introduction of European Directive 2015/996 (19) that defines new calculation procedures to be used for noise mapping. The new procedures will be mandatory effective in 2018 and it will be important to understand possibilities and limits of new calculation procedures. In fact, the effectiveness of new calculation methods and their adaptability to different territories need to be verified in practice. Finally, European Directive 2015/996 clarifies some issues on noise mapping which have been left open by European Directive 2002/49: required accuracy levels, use of default data, verification of how methods are implemented by different software (20).

Moreover, concerning the second objective, its achievement is considered reasonably effective (21-22).

2. Public Participation and Noise Reduction Actions

The article 9 of END (1) established that information to the public must be ensured by Member States as the strategic noise maps are adopted and the action plans are drawn up. Data should be made fully available and disseminated to the public, information must be clear, comprehensible and accessible. It sounds evident that information, communication and participation are important keywords for a correct and effective implementation of the Directive. Sometimes the participation of public is needed to make the best choice among different solutions for actions of noise reduction plan and acoustic quality improvement in strategic action plans, sometimes the public can be involved, as main stakeholder, in the definition of policies for noise control at local level including regulations for the correct use of entertainment areas and quiet areas as well.

2.1. Public participation: general definition

As a general definition, it can be said that public participation is a process that directly engages the public in decision-making and gives full consideration to public input in making that decision. If we consider public participation as a process, its basic steps consist of a series of activities and actions aiming to both inform the public and obtain input from the public. In figure 1 the general scheme of public participation process, proposed by US Environmental Protection Agency (23) and agreed by all the most important experts in environmental issues governance and policy makers, is shown.

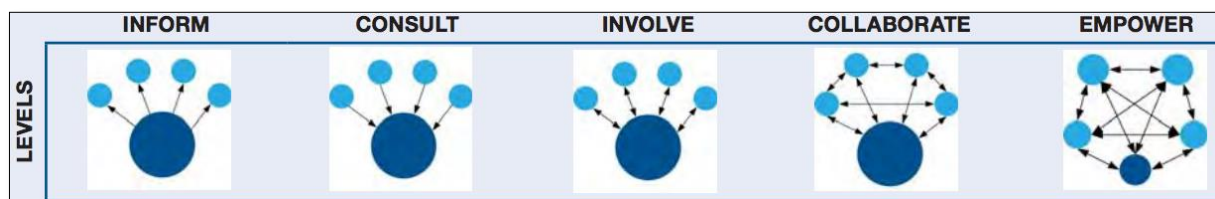


Fig. 1. Representation of a typical process of public participation (Source EPA, 2014)

2.2. Public participation: a definition for noise control and reduction

In figure 2 a more detailed table of actions and expectations (24), in terms of goals and promises, is proposed. It can be easily applied to noise control issues and in particular to the strategic actions that END requires in the Action Plans for agglomerations and transport

infrastructures authorities. The general plan and the punctual solution can be designed and implemented following the five-step path, listening to public and stakeholder suggestions, defining consequently the goals and the promises.



	INFORM	CONSULT	INVOLVE	COLLABORATE	EMPOWER
PUBLIC PARTICIPATION GOAL	To provide the public with balanced and objective information to assist them in understanding the problem, alternatives, opportunities and/or solutions.	To obtain public feedback on analysis, alternatives and/or decisions.	To work directly with the public throughout the process to ensure that public concerns and aspirations are consistently understood and considered.	To partner with the public in each aspect of the decision including the development of alternatives and the identification of the preferred solution.	To place final decision making in the hands of the public.
PROMISE TO THE PUBLIC	We will keep you informed.	We will keep you informed, listen to and acknowledge concerns and aspirations, and provide feedback on how public input influenced the decision. We will seek your feedback on drafts and proposals.	We will work with you to ensure that your concerns and aspirations are directly reflected in the alternatives developed and provide feedback on how public input influenced the decision.	We will work together with you to formulate solutions and incorporate your advice and recommendations into the decisions to the maximum extent possible.	We will implement what you decide.

Fig. 2. Public participation: actions and expectations (Source IAPP, 2016)

According to the END disposals, urban areas and areas located in proximity of infrastructures are identified by means of their acoustic climate and of the number of citizens exposed to relevant levels of noise in the areas: consequently hotspots (noisy critical areas) are individuated and action plans are defined and implemented for reducing noise in hotspots and, at the same time, for preserving quiet and for improving soundscapes in quiet areas. In the EU countries, following the disposals of END (1), methods like questionnaires, surveys, soundscapes analysis are frequently used in combination with traditional methods for mapping territory and planning noise management and control, adding information and preferences of residents to measured data.

In the case studies and pilot areas experiences reported in this paper, public orientation has been considered in the various phases of decisional processes regarding noise management and control planning. The public participation in decision on general strategic choices and on specific issues as well, has been considered submitting checklists of problem and solutions, collecting lists of possible expectations, and being careful in checking that expected solutions are actually feasible. Annoyance and heavy annoyance, as defined by the WHO guidelines for Europe (25) and general comfort indicators have been taken in account.

The five-steps procedure for public participation defined in figure 1, as detailed in figure 2, has been adapted to noise policies and noise actions required by END as shown in figure 3. In this general scheme, after the preliminary analysis and data collection, operated by the agglomeration or infrastructure authorities, stakeholders and end-users of areas are involved in dynamic and participative processes that carry to shared strategies and shared actions (compatible with strategies), respectively.

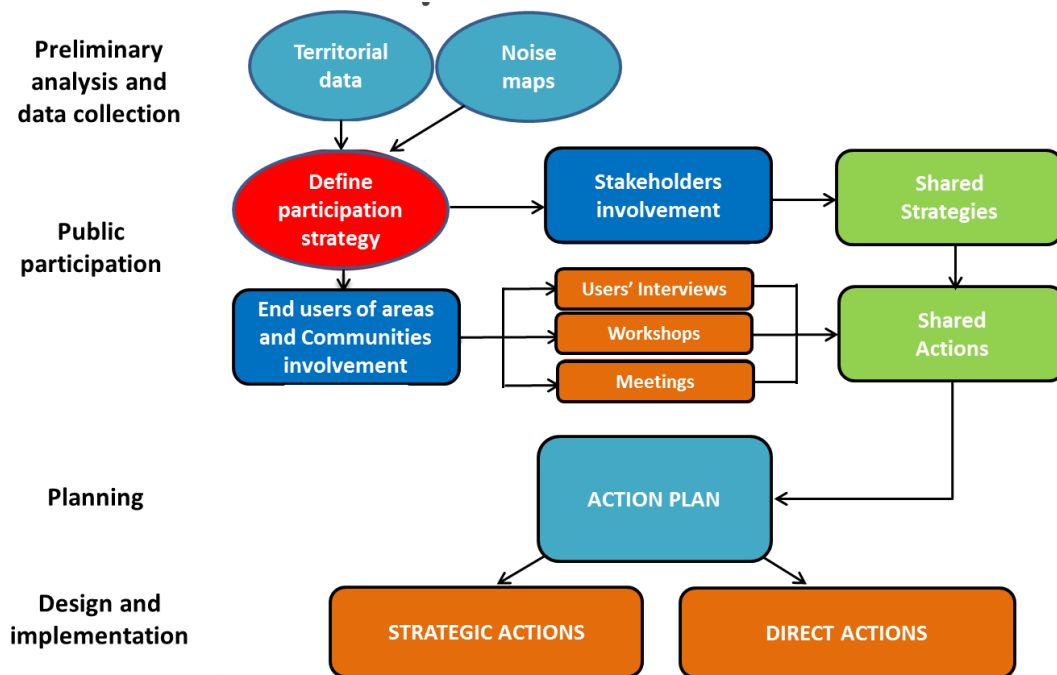


Fig. 3 – Flowchart of public participation in the frame of END implementation

2.3. Examples of participatory design of barriers for school and school yards

According to the END Directive and to the National Legislation of European Countries, schools are considered sensitive receivers. Local administrators and policy makers must consider with particular care the noise mitigation in schools and their external areas. In the following examples the Participatory Design Scheme has been implemented in action plans and noise reduction plans relative to a group of primary schools of Florence involved in some project co-funded by the European Union. Stakeholders opinions have been collected on strategic issues, end user questionnaires have been defined to collect the perceived level of acoustic comfort and acoustic quality of investigated areas, aiming to carry out, via simple analysis, useful results for designing phase.

The noise reduction interventions are generally designed with the only aim of noise reduction without considering other environmental aspects and the effective perception from the end-users. However, the participatory design and awareness-raising activities are considered as valuable tools for informing, consulting and involving the students and scholastic staff in general in the intervention designing process (26).

2.3.1. Participatory design for smart acoustic barriers

In the frame of HUSH (27) and QUADMAP projects (28), three interventions of noise reduction for the school courtyards have been developed according to the participatory design approach. The first intervention, as pilot-case of HUSH Project (27), regards the acoustic requalification of the courtyard of “Don Minzoni” School in Florence. In this case study the students have been involved into the design process with ideas and drawings about their courtyard. The school has followed the INAD experience during the three years for designing and construction of the intervention.



Fig. 4 – Drawings for the design of the new garden made by pupils of “Don Minzoni” School

The intervention has been defined and implemented according to the indications emerged by end-users questionnaire and suggestions derived by involvement of pupils, parents and teachers in a noise awareness campaign. It consists of:

- integrated barriers with elements that make the barrier enjoyable to pupils during lessons and playtime;
- integrated playground and outdoor spaces for educational purposes, including a mobile amphitheater where to give lesson in the garden.

The location of different functions is closely related to the noise climate of the garden sub-areas. A noise barrier has been built with a continuous bench very useful as a part of playground for children, and as a seat for teachers and parents as well.



Fig. 5 – Barriers and playground at “Don Minzoni” School

The second intervention, as pilot-case of QUADMAP Project (28), regards the noise reduction in the garden of “Dionisi” Primary School in Florence.

The intervention defined and built according to the indications given by end-users questionnaire consisted of a noise barrier with some blackboards applied in the internal side, allowing to be used from students and teachers when they are in the garden.



Fig. 6 – Intervention at “Dionisi” School

Another pilot case of QUADMAP Project (28) is relative to noise reduction in the garden of “Vamba-Montessori” School in Florence where the results of the acoustic measurements in ante-operam scenario had shown the need to protect the school garden from the noise emitted by the nearby road infrastructure. This need has been confirmed by the non-

acoustic investigation. For this reason, the intervention implemented for the noise reduction in the scholastic courtyard has been a noise barrier. A part of this barrier is made of plants for botanical education.

In this case the non-acoustic investigation showed the need to design a space for teaching in external. To do this a wooden gazebo in the garden area protected by the barrier has been designed. This element has been used for the external teaching and is shaded, as required by end-users.



Fig 7 – Intervention at “Vamba-Montessori” School

In the following paragraphs the results of the participatory design approach are analysed comparing with a traditional design approach and by using data collected in ante and post operam scenarios.

2.3.2. Comparative analysis between traditional and participatory design approaches in the schools

The participatory design method has been evaluated also through the comparison with the traditional design procedures. The case-studies used for the comparison is the intervention carried out in the HUSH project in “Don Minzoni” school performing a participatory design approach and the intervention implemented some years before (2007) in “M. L. King” school in Florence, consisting in a noise barrier, realized with a traditional and non-participatory design approach.

The comparison has been carried out through the definition of objective and subjective criteria. The objective evaluation is based on the analysis of all documents (reports and technical drawings) foreseen in the several design phases and the effectiveness of the design process. Referring to the subjective criteria, specific end-users questionnaires have been defined and collected in post-operam scenario (29).

According to results obtained from objective and subjective evaluation previously described, the participatory design developed in the school pilot cases have produced the following results:

- the participatory design was effective: the end-users can give a “direction” to the designing phase (based on the ante-operam questionnaire results);
- the intervention is able to match the expectations of end-users (based on the post-operam questionnaire results);
- the intervention is able to take into account noise reduction together with other non-acoustic aspects (based on objective comparison of the design of a similar intervention developed for another school of Florence).

In the pilot-case of “Dionisi” School the satisfaction of the intervention according to participatory design has been evaluated through the comparison between the results in ante and post-operam scenario.

In figures 8 and 9 some results of the survey on levels of perceived pleasantness are reported. They show that the percentage of people who consider the current soundscape as a good acoustic environment is higher in the post-operam scenario as well as people who consider the current sounds very congruent with the scholastic garden. The considered rating of pleasantness consists in five categories of agreement, from 5 (strongly agree) to 1 (strongly disagree).

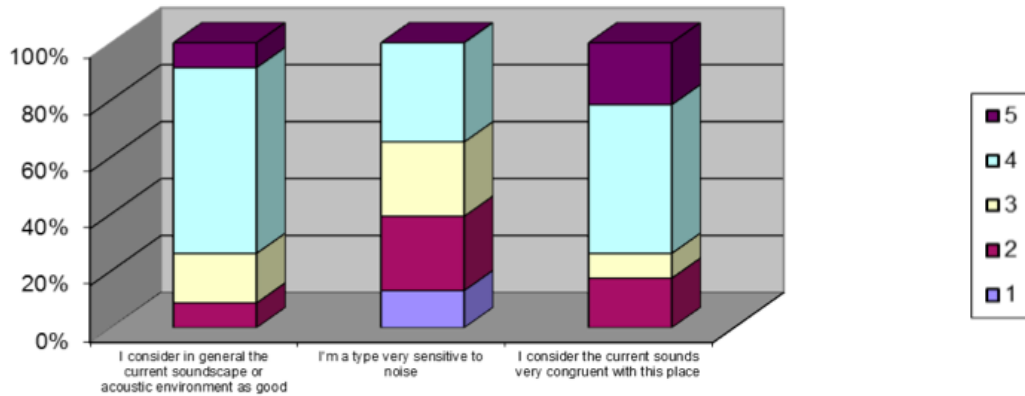


Fig. 8 – Agreement with pleasantness statement in the ANTE-OPERAM SCENARIO

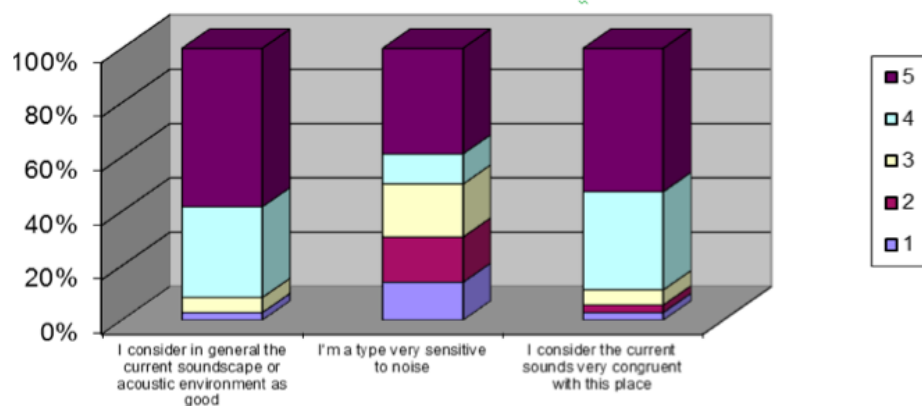


Fig. 9 – Agreement with pleasantness statement in the POST-OPERAM SCENARIO

2.4. Participatory design for noise masking and active soundscape correction

In the frame of HUSH project, a strategical intervention of noise masking for the school yard of “Paolo Uccello” School has been developed according to the participatory design.

The school staff had expressed both the disagreement with barrier and the desire of a more interesting and pleasant soundscape in the garden, that was not used by students because of road traffic noise.

The intervention consists of the introduction of sound sculptures in the school garden (shown in figure 10) that diffuse composed soundscapes as a mix of natural sound and artificial sounds typical of the area with the aim of masking the traffic noise in active control mode.



Fig. 10 – Noise masking in the “Paolo Uccello” school yard

Also in this case the participatory design procedures have been tested in the pilot cases, based on ante and post operam end-users questionnaires. In figure 11 the chart shows the users’ opinion on the improvement of sound quality, the increased use of the area and the cost/benefit ratio of the project.

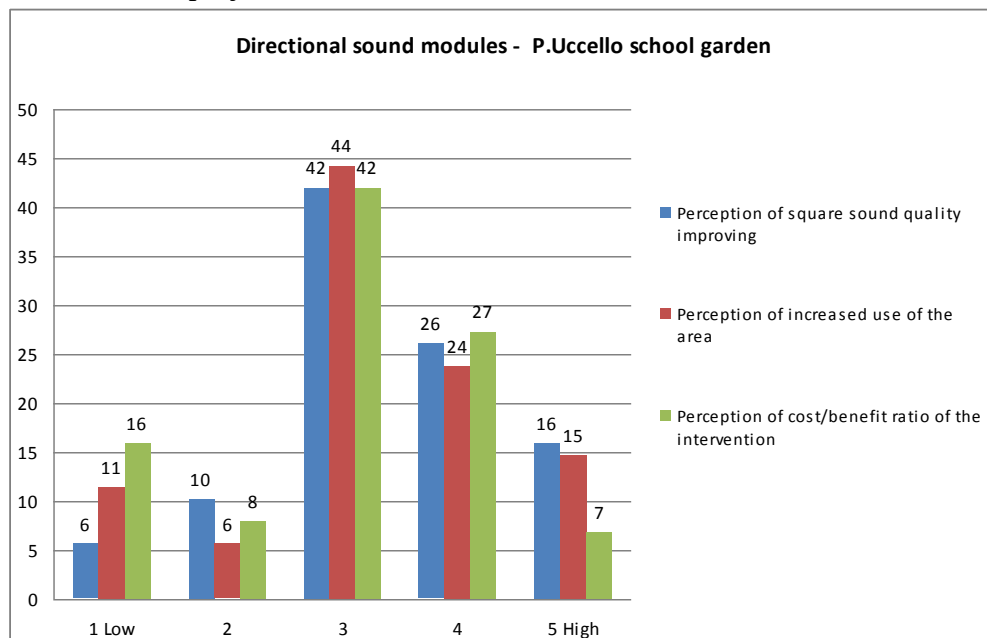


Fig. 11 – Users’ opinion about the intervention at “Paolo Uccello” School

2.5. Participatory design for acoustic comfort in classrooms

In the "Papini" School a participatory approach in designing the acoustic correction of classrooms, canteen, gym, auditorium and art-laboratory. The children took part in a project called "Planning together the acoustics of your school". During this project, students after some lesson on basic concepts of acoustics, materials, etc., have joined the acousticians involved in the measurements of reverberation time and other parameters. In the second phase of the project the students have provided together with their teachers a relevant contribution in the design of the intervention (choice of materials, shapes and colors).



Fig.12 – Participatory room acoustic design at “Papini” School



Fig.13 – Intervention at “Papini” School

3. Noise awareness and Public Participation

Information, communication and participation are important keywords for a correct and effective implementation of END. Following the article 9 of END, information to the public must be ensured by Member States as the strategic noise maps are adopted and the action plans are drawn up. Data should be made fully available and disseminated to the public, information must be clear, comprehensible and accessible.

Sometimes the participation of public is needed to make the best choice among different solutions for actions of noise reduction plan and acoustic quality improvement in strategic action plans. In other situations the public can be involved, as main stakeholder, in the definition of policies for noise control at local level including regulations for the correct use of entertainment areas and quiet areas as well.

One of the most important event to increase the information of public and the public noise awareness consists of the International Noise Awareness Day (INAD), launched by the American Center for Hearing and Communication in 1996 and celebrated every year in the last week of April. In general, during this event, students and teachers of primary and secondary schools are invited, with the help of acousticians, to give direct contribution in terms of participatory design of quieter schoolyards and green areas open to neighborhood as well as more comfortable classrooms. Since 1996, every year, some private and public institutions, together with schools, in a growing number of nations, organize initiatives involving students and citizens.

The event involves also Communities responsible of regulating the noise problems in public spaces and neighborhood. In the INAD frame of activities, communities can hold a town meeting to "sound off on noise" inviting local officials from the Police Department, City Council and the Department of Environmental Protection; attend public meetings, meet with town or city officials and educate them about the hazard of noise; analyze local noise ordinances and share the results of Noise Maps and Action Plans, according to END.

3.1 Noise awareness in the Italian experience

In the past seven years AIA (the Acoustic Society of Italy) working group has involved schools of different level in educational events on the theme of Noise Awareness (1). Original materials have been produced and distributed in schools, the Quiet Diet has been presented and a web connection among “schools of the world” participating at the event has been established on the last week of April. A very active Facebook group has been created, developed and updated in the following months with news and information regarding sound and noise, stimulating interest of the numerous young and adult members of the group itself.

AIA has also defined the general objectives of “Noise Awareness Day – Italia”, the awareness program to be implemented in Italy, drafting the initiatives yearly organized in Italian schools, aiming to: inform and increase awareness of students and citizens on noise reduction by social media (posters, publications, social networks, etc.); measure and assess noise in schools (indoor and outdoor); design solutions for noise mitigation and improve acoustic climate; describe soundscapes of schools and scholastic gardens; write and / or draw an advertising campaign on noise; understand, define and observe a “quiet diet”; distribute and collect questionnaires and interviews about sound quality in schools and in living environments; invent games and playing activities related to acoustic and noise; take a minute for listening to silence; create links between schools in different cities and countries to share the actions taken.



Fig. 14 – INAD Italia – posters of past 7 editions (2010-2016)

3.2 INAD 2017 in Europe – the EAA proposal

The European Acoustics Association (EAA), that includes in its membership the national societies of 32 European countries, interested to promote development and progress of acoustics in its different aspects, plans to organize in 2017 a wide campaign in order to raise the interest of the European citizens towards noise and its bad effects on the quality of life and their health. It is the purpose of the EAA to collaborate with the European Commission (in particular the DG-Environment) and the European Environment Agency for promoting and coordinating specialized activities during this year, among EAA Member Societies, European and National authorities, associations, schools, museums, etc. in order

that a wide audience gets the most accurate and scientifically correct information on noise effects.

Conclusions

The END provides indications and recommendations about items such as noise mapping, action planning, quiet areas and the importance of communication and dissemination towards citizens.

In this paper some examples of solutions based on participatory design process, using also the awareness campaigns, are shown. The participatory design represents an opportunity for a better education in acoustics and for designing more appropriated solutions according to end-users expectations.

The participation of public seems to be needed to make the best choice among different solutions for actions of noise reduction plan and acoustic quality improvement in strategic action plans, sometimes the public can be involved, as main stakeholder, in the definition of policies for noise control at local level including regulations for the correct use of entertainment areas and quiet areas as well. Information, communication and participation are important keywords for a correct and effective implementation of END.

References

1. Directive 2002/49/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
2. Borchì, F., Carfagni, M., Governi, L., The H.U.S.H. project - A harmonized methodology for action planning, Euronoise 2012 Proceedings, Prague, 2012.
3. Borchì, F., Carfagni, M., Curcuruto, S., Governi, L., Silvaggio, R., HUSH project results: definition of a platform for an integrated and harmonized noise Action Plan and proposals for revision of Italian legislation and END Directive, AIA-DAGA 2013 Proceedings, Merano, Italy, 2013.
4. Borchì, F., Carfagni, M., Governi, L., Curcuruto, S., Silvaggio, R., Bellomini, R., Luzzi, S., Licitra, G., Palazzuoli, D., Melloni, A., LIFE+2008 HUSH project results: a new methodology and a new platform for implementing an integrated and harmonized noise Action Plan and proposals for updating Italian legislation and Environmental Noise Directive, Noise Mapping, 3, 71-85, 2016.
5. Schiavoni, S., D'Alessandro, F., Conte, A., The contribution of LIFE+ NADIA project on the implementation of the European Directive on Environmental Noise, Noise Mapping, 2, 13-20, 2015.
6. D'Alessandro, F., Schiavoni, S., A review and comparative analysis of European priority indices for noise action plans, Science of the Total Environment, 518-519, 290-301, 2015.
7. Asdrubali, F., Schiavoni, S. and D'Alessandro, F., An innovative approach for the realization of a Noise Action Plan: the experience of Vicenza agglomeration, Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration, Athens, Greece, 10-14 July, 2016.
8. Bartalucci, C., Borchì, F., Carfagni, M., Governi, L., Weber, M., Wolfert, H., Quiet areas definition and management in action plans: general overview, Proceedings of the Internoise 2012, New York City, USA, 2012.
9. Bartalucci, C., Bellomini, R., Borchì, F., Carfagni, M., Governi, L., Luzzi, S., Natale, R., LIFE+2010 QUADMAP project (Quiet Areas Definition and Management in

Action Plans): the proposed methodology and its application in the pilot cases of Firenze, Proceedings of the InterNoise 2013, Innsbruck, Austria, 2013.

10. Carfagni, M., Bartalucci, C., F. Borchì, L. Governi, Petrucci, A., Weber, M., Aspuru, I., Bellomini, R., Gaudibert, P., LIFE+2010 QUADMAP Project (QUIet Areas Definition and Management in Action Plans): the new methodology obtained after applying the optimization procedures, Proceedings of the 21st International Congress on Sound and Vibration, Beijing, China, 13-17 July, 2014.

11. QUADMAP project 2015, Guidelines for the identification, selection, analysis and management of Quiet Urban Areas, ver. 2.0, March 2015, [Online.] available: www.quadmap.eu

12. Bartalucci, C., Borchì, F., Carfagni, M., Governi, L., Zonfrillo, G., Bellomini, R., Wolfert, H., Aspuru, I., Gaudibert, P., LIFE+2010 QUADMAP Project (QUIet Areas Definition and Management in Action Plans): results of post operam data analysis and the optimized methodology, Proceedings of the 22nd International Congress on Sound and Vibration, Firenze, Italy, 12-16 July, 2015.

13. Aspuru, I., Garcia, I., Bartalucci, C., Borchì, F., Carfagni, M., Governi, L., Bellomini, R., Luzzi, S., Wolfert, H., Gaudibert, P., LIFE+2010 QUADMAP Project: a new methodology to select, analyze and manage Quiet Urban Areas defined by the European Directive 2002/49/EC, Noise Mapping, 3, 120-129, 2016.

14. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Good Practice Guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure – Version 2, 13 August 2007.

15. Borchì, F., Carfagni, M., An Urban Noise Management System integrated into a GIS, Proceedings of Euronoise 2003, Naples, Italy, 2003.

16. Nijland, HA, Van Wee, GP., Traffic noise in Europe: A comparison of calculation methods, noise indices and noise standards for road and railroad traffic in Europe, Transport Reviews, 25, 591-612, 2005.

17. O'Malley, V., King, E., Kenny, L., Dilworth, C., Assessing methodologies for calculating road traffic noise levels in Ireland – Converting CRTN indicators to the EU indicators (Lden, Lnight), Applied Acoustics; 70, 284-296, 2009.

18. Baldinelli, G., Bellomini, R., Borchì, F., Carfagni, M., Curcuruto, S., Luzzi, S., Silvaggio, R., Stortini, M., Correlation between traffic flows and noise reduction in HUSH project strategic actions, Proceedings of Forum Acusticum 2011, Aalborg, Denmark, 2011.

19. Directive 2015/996/EC of 19 May 2015 establishing common noise assessment methods according to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council.

20. Paviotti M.; Kephelopoulou S., The main requirements of the Commission Directive 996/2015, Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration, Athens, Greece, 10-14 July, 2016.

21. Juraga I., Berger B., Paviotti M., Introduction: Policy context and evaluation of the Environmental Noise Directive, Proceedings of the InterNoise 2016, Hambourg, Germany, 21-24 August, 2016.

22. Kephelopoulou S., Paviotti M., Common noise assessment methods for Europe (CNOSSOS-EU): implementation challenges in the context of EU noise policy developments and future perspectives, Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration, Athens, Greece, 10-14 July, 2016.

23. EPA (US Environmental Protection Agency, Public Participation Guide: Introduction to Public Participation, 2014.

24. International Association for Public Participation, The public-participation-SPECTRUM, 2016.

-
25. World Health Organization, Night noise guidelines, 2009.
 26. Luzzi S, Natale R, Maricone R, Noise Awareness for smart cities, in Proc. ICSV20, Bangkok, 2013.
 27. HUSH project, website: www.hush.eu.
 28. QUADMAP project, website: www.quadmap.eu.
 29. Borchì F., Carfagni M., Governi L., Curcurutu S., Silvaggio R., Bellomini R., Luzzi S., Licitra G., Palazzuoli D. and Melloni A., LIFE+2008 HUSH project results: a new methodology and a new platform for implementing an integrated and harmonized noise Action Plan and proposals for updating Italian legislation and Environmental Noise Directive, Noise Mapping magazine, 2016; 3:71–85.

О возможности применения акустических экранов-резонаторов для снижения шума в зоне перед экраном

Калиниченко М.В.¹, Булкин В.В.², Балашова А.А.³

¹ Старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»,

² Профессор кафедры «Техносферная безопасность»,

³ Студентка кафедры «Техносферная безопасность»,

^{1, 2, 3} Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета, г. Муром, Владимирской области, ул. Орловская д. 23, РФ

Аннотация

Показана актуальность проблемы борьбы со сверхнормативной акустическим шумовой нагрузкой на урбанизированных территориях. Рассмотрены пассивные инженерные средства защиты от шума на пути его распространения от источника до защищаемого объекта, самыми распространенными из которых являются акустические экраны. Рассмотрена возможность применения акустических конструкций, выполненных на основе резонаторов Гельмгольца. Описана экспериментальная модель акустического экрана, а именно акустический экран, выполненный в виде резонатора с регулируемой шириной зазора щелевых отверстий и непостоянной глубиной резонатора. Проанализированы результаты полученных экспериментальных данных по уровню отраженного звукового сигнала в зоне перед экраном. В ходе эксперимента учитывались резонирующие способности самих акустических конструкций. Сделаны выводы о проделанной работе. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-08-00186.

Ключевые слова: акустическое загрязнение, акустические экраны, шумозащита, резонатор Гельмгольца.

On the possibility of application of acoustic screens-resonators to reduce noise in the area in front of the screen

Kalinichenko M.V.¹, Bulkin V.V.², Balashova A.A.³

¹ Senior lecturer of the Department "Technosphere safety",

² Professor, Department "Technosphere safety",

³ Student of the Department "Technosphere safety",

^{1, 2, 3} Murom Institute (branch) of Vladimir state University, Murom city, Vladimir region, Orlovskaya str., 23, Russian Federation

Abstract

The urgency of the problem of fight against excessive noise load in urban areas. Engineering is considered a passive protection against noise in the way of its propagation from the source to the protected object, the most common of which are acoustic screens. The possibility of application of acoustic structures, made on the basis of Helmholtz resonators. Described experimental model of the acoustic screen, the acoustic screen, made in the form of a resonator with an adjustable gap width of the slotted holes and irregular depth of the cavity. We analyzed the results of experimental data on the level of the reflected sound signal in the area in front of the screen. In the experiment, we considered the ability of the resonant acoustic structures. The conclusions on the work done.

Key words: Acoustic pollution, Acoustic screens, Noise, Helmholtz resonator.

* E-mail: marinakali@mail.ru (Калиниченко М.В.), vbulkin@mail.ru (Булкин В.В.), alexa_balashova@mail.ru (Балашова А.А.)

Введение

Большое количество техногенного шума вокруг нас создаётся различными источниками, такими как автотранспорт, промышленные и энергетические предприятия, общественные учреждения, а также различные источники шума, связанные с жизнедеятельностью людей (например, спортивные и игровые площадки и пр.). Из всего этого разнообразия источников шума наиболее значимым для урбанизированного пространства является автотранспорт.

Уровень транспортного шума зависит от габаритных размеров автомобиля, типа его двигателя, скорости движения автомобиля, от категории улиц и дорог, от интенсивности и неравномерности дорожного движения, а также от состава автотранспортного потока, т.е. соотношения различных категорий транспорта: автобусов, грузовых и легковых автомобилей.

Шум свыше 80 дБА оказывает вредное влияние на физическое состояние человека. Автотранспортом могут достигаться пики в 100-120 дБА, что плохо влияет на здоровье людей. Сейчас на главных магистралях больших городов уровни шумов превышают 90 дБА и имеют тенденцию к увеличению каждый год на 0,5 дБА, что является большой угрозой для окружающей среды в районах оживленных транспортных магистралей [1]. Медицинские исследования показывают, что повышенные уровни шумов способствуют развитию нервно-психических заболеваний и гипертонической болезни. Всё это позволяет сказать, что выбранная тема является актуальной.

Целью работы является исследование возможности применения пассивных средств защиты от шума, выполненных на основе резонатора Гельмгольца, применяемых на открытых пространствах. Исходя из этого, были поставлены следующие задачи:

- разработка средств снижения шумового загрязнения;
- испытание акустических экранов - резонаторов в натурных условиях;
- обработка полученных результатов и выработка рекомендаций по их применению.

1. Методы борьбы с шумом

В качестве борьбы с шумом используются следующие методы:

— архитектурно-строительный. Этот метод основан на том, что интенсивность шума на урбанизированных пространствах зависит не только от прямого, но и от отражённого звука. Если в какой-то ситуации нет возможности уменьшить прямой звук, то для снижения шума можно уменьшить энергию отражаемых волн. Это достигается увеличением эквивалентной площади звукопоглощения с помощью нанесения на фасады зданий и другие архитектурные элементы звукопоглощающих облицовок.

— планировочный. Более шумные улицы, промышленные объекты, спортплощадки и прочие шумные объекты при планировке должны располагаться на достаточном расстоянии от спальных районов, детских садов, больниц и школ и др. Если предприятие расположено в черте города, то шумные цеха должны находиться в глубине его территории.

— инженерно-технический. Суть этого метода заключается в экранировании защищаемых объектов инженерно-техническими сооружениями, наиболее распространенными из которых являются акустические экраны (АЭ).

Инженерно-технические средства борьбы с шумом можно классифицировать как активные и пассивные. Пассивные средства не требуют энергетических затрат, достаточно просты в изготовлении, но они имеют недостаточно большой эффект

подавления шума, тогда как активные методы гасят шум в большей степени. В свою очередь активные методы имеют существенные недостатки – высокая стоимость, сложность реализации и пр.

2. Модель испытуемого акустического экрана

АЭ можно классифицировать по следующим признакам:

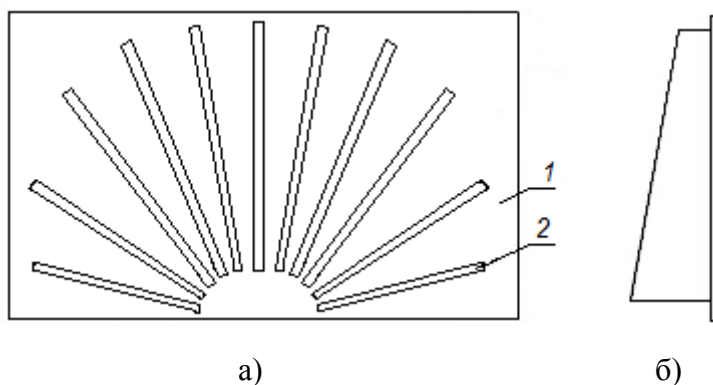
- физическому принципу снижения шума;
- виду верхней части экрана;
- материалам акустической панели;
- областям применения.

В зависимости от физического принципа подавления шума акустические экраны разделяют на:

- отражающие;
- отражающе-поглощающие.

В работе в качестве средства защиты от шума использовалась модель отражающее-поглощающего акустического экрана, сконструированная на основе резонатора Гельмгольца (рис. 1).

Конструктивной особенностью этой модели является совмещение обычной шумозащитной конструкции (акустического экрана) с резонансным поглотителем Гельмгольца, образующимся благодаря наличию внутреннего объема экрана. Корпус модели выполнен из фанеры толщиной 15 мм. Основа корпуса – из деревянных брусков, швы (сочленения листов) обработаны герметиком. Передняя панель АЭ-резонатора имеет размеры $1,58 \times 1,58$ м и перфорирована щелевыми зазорами, образующими горловины резонаторов. При проектировании опытной модели АЭ-резонатора руководствовались принципами, изложенными в [2].



а) фронтальная панель перфорированная щелевыми прорезями (вид спереди); б) вид сбоку;
1 – передняя панель АЭ с щелевыми прорезями; 2 – щелевые прорези (горловины)

Рис. 1. Акустический экран, спроектированный на основе резонатора Гельмгольца

Для защиты от возникновения собственных резонансных колебаний передней и задней панелей при падении на переднюю поверхность акустической волны, внутри конструкции применены дополнительные элементы крепления, обеспечивающие повышение жёсткости экрана. В модели имеется возможность регулирования величины зазора щелевых горловин резонатора за счет изменения положения алюминиевых уголков, закреплённых по краям щелевых прорезей. Такие конструкции обладают способностью к демпфированию воздухом, т.е. обладают свойством звукоподавления [4].

Принцип действия резонатора основан на образовании стоячей акустической волны различной фазы. При попадании фронтальной звуковой волны на переднюю часть резонатора, скорость потока частиц в горловине наибольшая, а значит, обладает кинетической энергией. Задняя часть выполнена замкнутой и имеет определенный объём, что при сжатии обеспечивает накопление потенциальной энергии. В резонаторах возникают колебания даже от сравнительно слабых звуковых волн, падающих на них. Резонаторы, в зависимости от фазы, образующейся в конструкции стоячей волны, могут как усиливать, так и ослаблять звуковой сигнал.

Рассчитать собственную частоту резонатора, Гц, с щелевыми отверстиями возможно по формуле [3]

$$f_0 = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\frac{b}{Lh_p l_{эф}}},$$

где f_0 – резонансная частота резонатора, Гц;

c_0 – скорость звука в воздухе, м/с;

b – ширина щели, м;

L – расстояние между щелями, м;

h_p – расстояние от верхнего листа до дна резонатора (глубина резонатора), м;

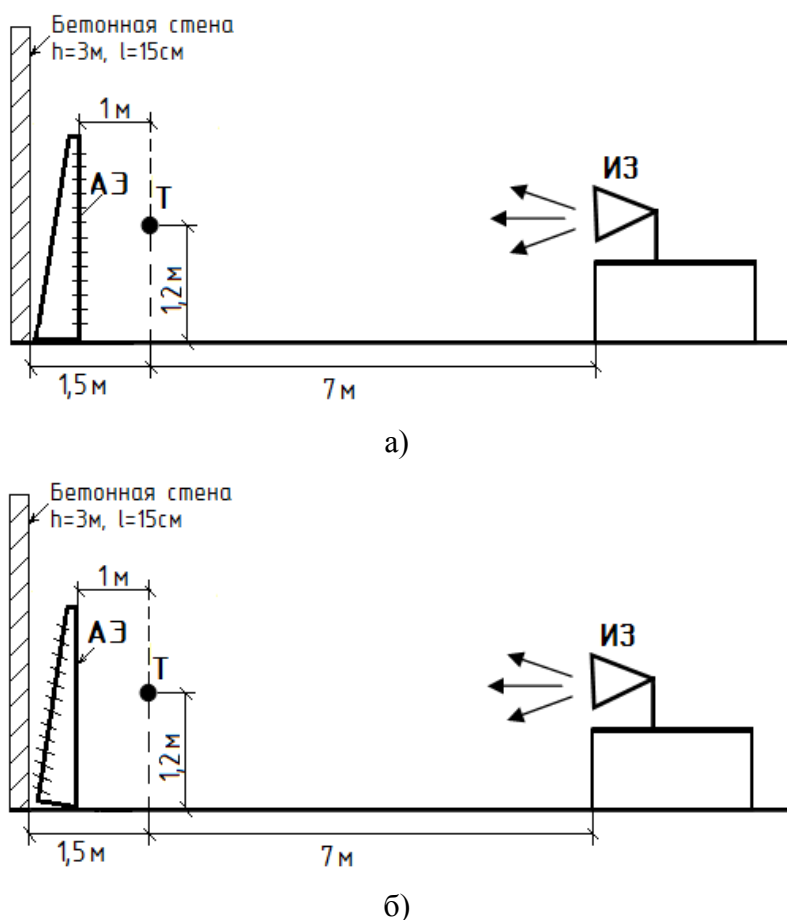
$l_{эф}$ – эффективная длина горловины, м.

Изменяя параметры глубины, ширины горловины и внутренний объем резонатора, меняется соответственно собственная частота резонатора. Это позволяет конструировать АЭ-резонаторы настроенные на определенные частоты, т.е. адаптированные к определенным акустическим условиям конкретной местности.

Применение таких конструкций имеет ряд преимуществ, наиболее значимым из которых является значительное (до 10-12 дБА) уменьшение уровня отражённого звукового сигнала. Кроме того, конструкции АЭ-резонаторов имеют незначительную массу, по сравнению с АЭ-стенками, что дает возможность применения таких облегченных конструкций в условиях ограничения массы сооружения (мосты, эстакады и пр.) [3].

3. Испытание АЭ-резонатора в натуральных условиях

Эксперимент проводился в условиях открытой местности. Точка (Т), в которой производился замер звукового давления, располагалась на расстоянии 7 м от источника звука (ИЗ) и 1,5 м от бетонной стены (рис. 2). Высота стены 3 м, толщина – 15 см, длина более 30 м. Для измерения звукового давления использовался стандартный шумомер ВШВ-003-МЗ, включённый в режиме среднего эквивалентного уровня. Измерения проводились на среднегеометрических частотах третьоктавных диапазонов 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000 Гц.



а) размещение АЭ-резонатора в прямом положении; б) размещение АЭ-резонатора в обратном положении

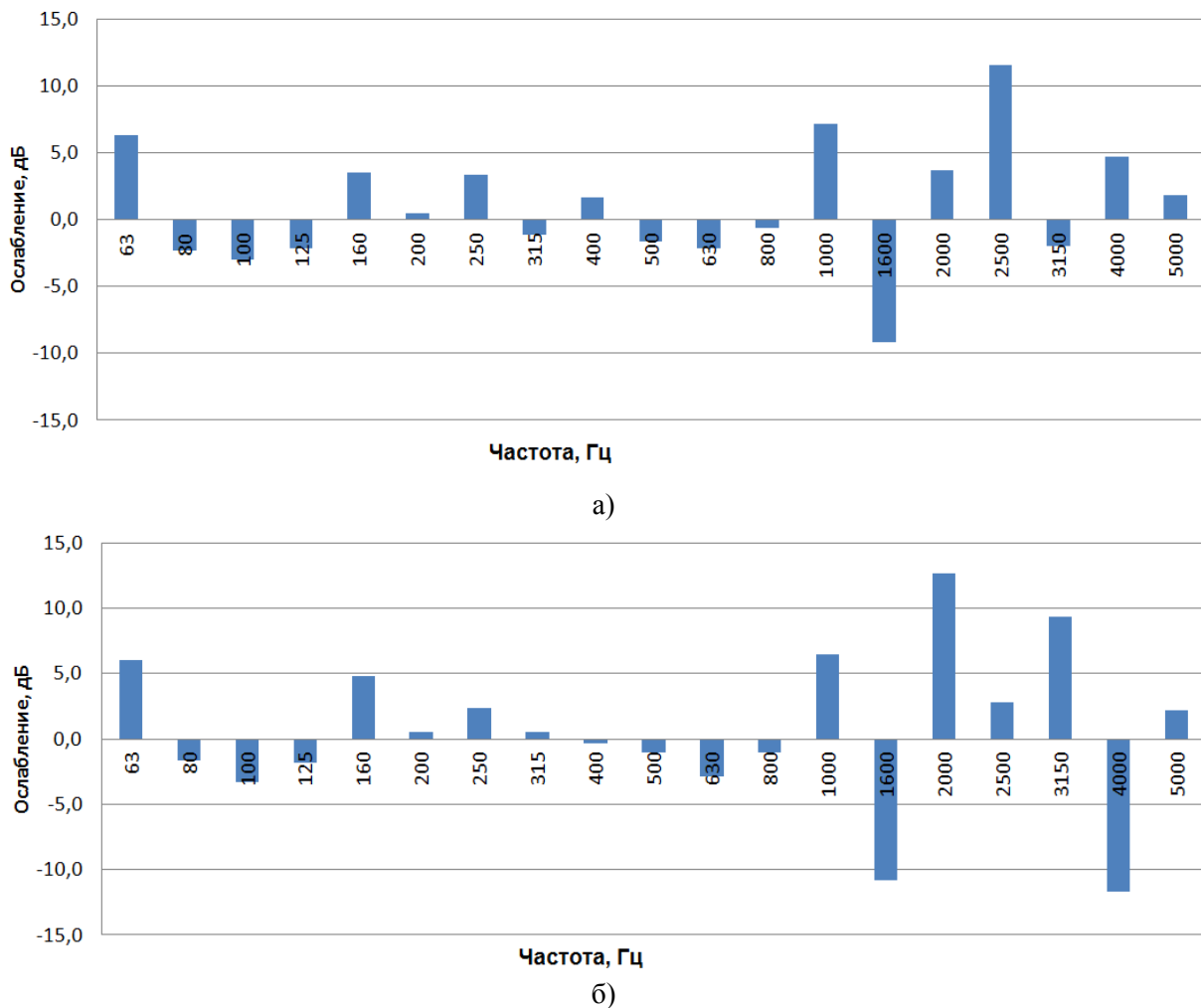
Рис. 2. Схема проведения эксперимента

АЭ-резонатор устанавливался непосредственно перед бетонной стеной в двух положениях: прямом, горловинами в сторону источника акустического сигнала (рис. 2,а), и обратном, обращённом к источнику тыловой частью (рис. 2,б). В обоих случаях выдерживался одинаковый угол падения звуковой волны на фронтальную панель АЭ-резонатора. В ходе эксперимента исследовалась реакция АЭ на сигнал при двух фиксированных значениях зазоров – 1,0 и 3,0 мм. В каждом случае проводился ряд измерений, и определялось среднестатистическое значение.

Оценка степени ослабления акустического сигнала осуществлялась для случая отражения падающей на переднюю панель АЭ звуковой волны, т.е. в зоне перед экраном (в Т). Количественные оценки величины ослабления сигнала в прямом положении АЭ получены в сопоставлении уровней со случаем экрана в виде глухой стенки (экран установлен в обратном положении).

4. Практические измерения и выводы

Оценки изменения уровней отражённого от АЭ сигнала показаны на рис. 3. Фактически речь идёт об ослаблении уровня шума в зоне, непосредственно примыкающей к экрану. Оценки даны для двух величин зазоров (b) – 1,0 мм (рис. 3,а) и 3,0 мм (рис. 3,б).



а) $b = 1,0$ мм; б) $b = 3,0$ мм

Рис. 3. Гистограммы ослабления отражённого сигнала при заданных величинах зазоров

Из представленных гистограмм видно, что при имеющихся конструктивных особенностях конкретной модели экрана имеет место, как ослабление, так и усиление отражённого сигнала. Так, на обеих гистограммах в целом можно говорить о положительном эффекте с точки зрения ослабления уровня акустических сигналов. Имеются некоторые резонансные явления на отдельных частотах, включая «всплески» до уровня 9 дБ на частоте 1600 Гц (рис. 3,а). При величине зазора 3 мм (рис. 3,б) резонансные явления более выражены и достигают 11-12 дБ на частотах 1600 и 4000 Гц.

Наличие резонансных «всплесков» вместе с ослаблением сигнала объясняется уже отмечавшейся способностью резонаторов Гельмгольца как усиливать, так и ослаблять акустический сигнал. Очевидно, что в данном конкретном случае сочетание размеров щелевых зазоров и внутреннего переменного объёма резонатора обеспечивает именно такое сочетание реакций на пришедший сигнал. Для получения другого сочетания «всплесков» и «провалов» необходимо изменить конструкцию экрана или применить другое сочетание основных характеристик, определяющих резонансные явления, например, применить сочетание различных щелевых зазоров.

Заключение

На данном этапе работы можно сформулировать следующие выводы:

1) как показывают натурные эксперименты, применение акустических экранов на основе резонаторов Гельмгольца на открытых пространствах в целом обеспечивает получение положительного результата в зоне непосредственно перед экраном – ослабление уровня акустического шума;

2) наличие резонансных явлений требует предварительного анализа спектрального состава доминирующего акустического шума на конкретной территории городской среды с целью «подбора» конструктивных параметров экрана, обеспечивающих как минимум – отсутствие такого резонанса на значимых частотах диапазона;

3) дальнейшие исследования следует направить в сторону сочетания различных зазоров, что, как представляется, должно обеспечить взаимную компенсацию возможных резонансных явлений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-08-00186.

Список литературы

1. Шубин И.Л. Акустический расчёт и проектирование конструкций шумозащитных экранов: автореферат дис. ... д-ра тех. наук. –М.: 2011.

2. Патент РФ №2567255, E04B1/84, E01F8/00. Способ повышения эффективности шумопоглощающих экранов и шумопоглощающий экран. / Булкин В.В., Калиниченко М.В. Оpubл.: 10.11.2015, БИПМ №31.

3. Kalinichenko M.V. About the possibility of using acoustic screens, made on the basis of Helmholtz resonators, to reduce noise / Noise Theory and Practice. Vol. 1 No 1 – С.Пб.: 2015, №1(1). –pp. 45-54.

4. Мурзинов П.В. Разработка звукоподавляющих облегченных структурированных панелей с заданными акустическими характеристиками: дис. к-та тех. наук. – Воронеж: 2011. [электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-zvukopodavlyayushchikh-oblegchennykh-strukturirovannykh-panelei-s-zadannymi-akust#ixzz3cybCvBkt> (дата обращения 12.06.2015).

Шумовые характеристики машины измельчения мяса для эксплуатации на предприятиях общественного питания

Пильненко А.К.¹, Заплетников И.Н.², Гордиенко А.В.³, Квилинский О.Д.⁴

¹ Доцент кафедры оборудования пищевых производств

² Заведующий кафедрой оборудования пищевых производств

³ Доцент кафедры оборудования пищевых производств

⁴ Студент 6-го курса ОБ-11ма Института пищевых производств

^{1, 2, 3, 4} Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, Украина, г. Донецк, ул. Щорса, 31

Аннотация

Установлены шумовые характеристики (ШХ) машины для измельчения мяса и рыбы в условиях эксплуатации в различных режимах. Дана оценка влияния составных частей машины на ее ШХ в зависимости от переменных технологических факторов.

Ключевые слова: машина измельчения мяса, шумовая характеристика, математическая модель, уровень звуковой мощности, измельчение, многофакторная модель.

Noise characteristics of the machine grinding meat for use in catering establishments

Pilnenko A.K.¹, Zapletnikov I.N.², Gordienko A.V.³, Kvilinsky O.D.⁴

¹ Assistant professor, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine

² Professor, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine

³ Assistant professor, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine

⁴ Master student, Institute of Food Production, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine

Abstract

The article shows established noise characteristics (NC) of machines for shredding meat and fish in operation in different modes. Authors indicate the estimation of influence of machine components to NC, depending on variables technological factors.

Key words: Machine grinding meat, Noise performance, Mathematical model, Noise level, Grinding, multifactor model.

Введение

Машины для измельчения мяса (МИМ) применяются на предприятиях питания, столовых, кафе, ресторанах, торговых и кулинарных предприятиях, а также предприятий пищевой промышленности и в быту. В зависимости от назначения и области применения они различаются по технологическим функциям – производительности, степени измельчения; по конструктивным – габаритами, рабочим органом, приводным механизмом, корпусом, способом установки; по электрическим –

*E-mail: pilnenko_a@mail.ru (Пильненко А.К.), obladn@kaf.donnuet.education (Заплетников И.Н.), gordienko_aleksa@mail.ru (Гордиенко А.В.), kvilinskiy93@mail.ru (Квилинский О.Д.)

установленной мощностью привода, подводимым напряжением. Как показали результаты предыдущих исследований ШХ МИМ [1] наиболее существенное влияние на них оказывают конструктивные факторы. Особенно это касается приводного механизма. В качестве приводного механизма используют зубчатые или червячные передачи, а также клиноременные. Наибольший уровень шума излучают прямозубые и косозубые передачи. Несмотря на это обстоятельство, производители машин МИМ отдают предпочтение применению зубчатых передач из-за высокой надежности при измельчении мяса и рыбы, а также меньшему энергопотреблению, чем у червячных передач.

На предприятиях общественного питания нашли широкое применение машины МИМ небольших габаритов, производительностью от 80 до 500 кг/ч, с зубчатым приводом, корпусом из алюминиевых сплавов, устанавливаемых на технологическом столе на амортизаторах или жестко.

Машины МИМ серийно выпускаются для стран СНГ Барановичским заводом торгового машиностроения (Республика Беларусь), а также итальянскими, хорватскими, немецкими, французскими и др. зарубежными фирмами. На рынок эти машины поступают сертифицированными, в т.ч. по шумовым характеристикам. Вместе с тем установлено [2], что ШХ машин в процессе эксплуатации «деградируют» вплоть до «шумового отказа», когда излучаемая машиной звуковая мощность превышает предельно допустимые нормы по шуму (ПДШХ). Нарушение санитарно-гигиенических норм по шуму отрицательно сказывается на здоровье трудящихся предприятий питания, а при применении этих машин в быту и на здоровье не только взрослых, но и детей [3]. Следует отметить, что в нормативно-технической литературе сведения о ШХ машин отсутствуют, даже при работе без нагрузки.

Превышение машинами санитарно-гигиенических норм в процессе эксплуатации серийно выпускаемых и сертифицированных машин необходимо периодически контролировать. Санитарные службы городов и других местностей этой работой не занимаются.

Поэтому целью данной работы является установление ШХ машины МИМ в различных режимах при работе с нагрузкой и без, установление влияния на ШХ машины ее отдельных составляющих, влияния вида продукта, острота ножей и усилия на толкателе.

1. Методические предпосылки

Измерения проводились в лаборатории виброакустики кафедры оборудования пищевых производств ДонНУЭТ в реверберационной камере объемом 70 м³ в соответствии со стандартом ИСО 3743-1-94; 3743-2-94. Расхождение между внешним шумом и источником звука составило более 10 дБ (дБА) как в октавных полосах частот, так и по скорректированному по А уровню звука. Измерения уровней звукового давления (УЗД) проводилось аттестованным шумомером «Ассистент» (Россия) в октавных полосах частот и уровню звука. Микрофон устанавливался на измерительном расстоянии 1 м.

В качестве исследуемого образца использовалась машина Kopcar MEM 12E хорватского производства. Эти машины достаточно широко применяются на предприятиях общественного питания и в быту в странах СНГ и Европе. Конструкцию профессиональных мясорубок Kopcar отличает простота и отличные прочностные характеристики. Корпус и шнек изготовлены из высококачественной нержавеющей

стали, все модели комплектуются односторонним ножом и решеткой Ø4 мм. Производительность машины – 100 кг/ч, установленная мощность электродвигателя – 250 Вт, ток переменный, напряжением 220 В, масса – 11 кг, число оборотов рабочего органа – 280 об/мин, габариты – 420х250х250 мм. Машина устанавливается на технологическом столе на специальных резиновых амортизаторах, приводной механизм – зубчатая передача. Машина предназначена для измельчения свежего и дефростированного мяса и рыбы. Подача продукта в машину производится оператором толкателем вручную. В качестве рабочего органа используются ножи скользящего резания и ножевая решетка, подача продукта к рабочему органу осуществляется шнеком. Прижатие ножа к ножевой решетке выполняется натяжной гайкой. ШХ машины и нагрузка на привод зависят от усилия затяжки этой гайки, которая выполняется вручную оператором.

В процессе эксперимента для фиксированной величины подачи использовались тарированные грузы различной массы, но такой, которая обеспечивала бы подачу продукта в машину: 2,95 и 1,48 кг. Грузы выполнены в виде дисков с центральным отверстием. Диаметр отверстий позволял надевать грузы на ручку толкателя.

2. Результаты экспериментальных исследований

Излучаемые уровни звуковой мощности (УЗМ) машины МИМ Консаг при работе без нагрузки и с нагрузкой в октавных полосах приведены на рисунке 1.

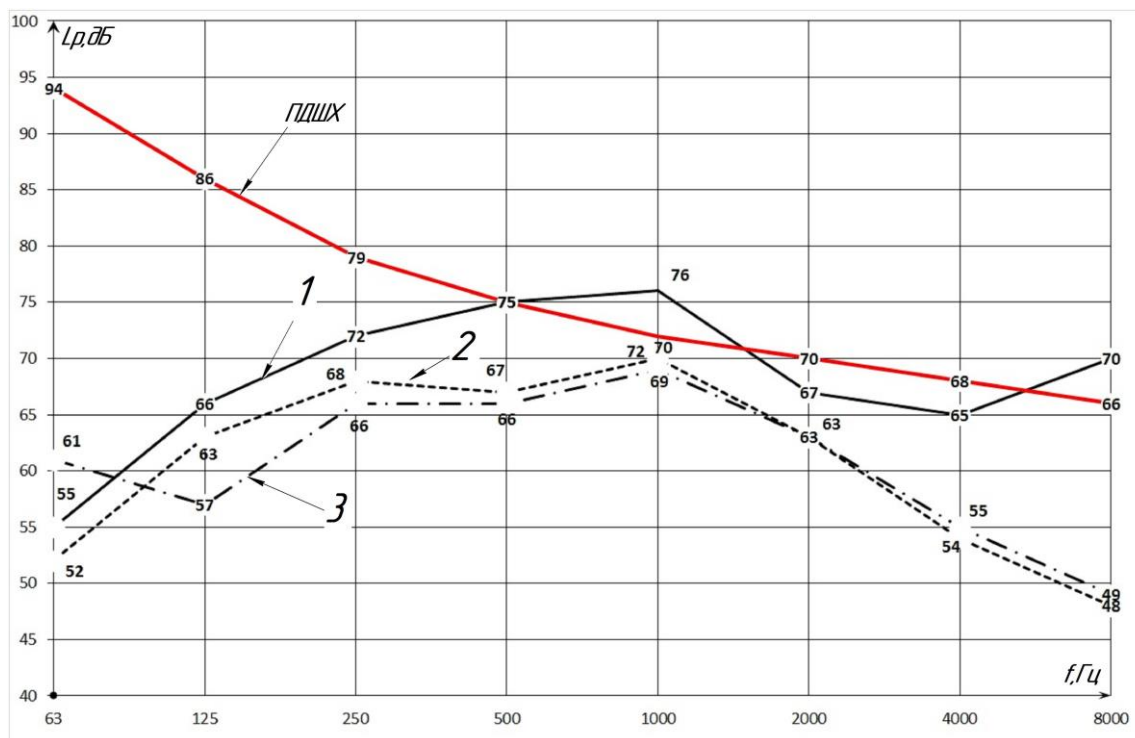


Рис. 1 – Уровни звуковой мощности машины МИМ Консаг: 1 – УЗМ машины МИМ без нагрузки; 2 – УЗМ при резании рыбы; 3 – УЗМ при резании мяса; 4 – ПДШХ

Корректированный по А уровню звуковой мощности составляют: при работе без нагрузки – 75 дБА, при работе с нагрузкой – измельчение мяса – 74 дБА.

Уравнения регрессии измельчения УЗМ в октавных полосах частот в зависимости от частоты имеют вид:

– без нагрузки: $L_{p1}=31,1+36\cdot x^3-5,82\cdot x^2+28,4\cdot x$; $R^2=0,9$. (1)

– с нагрузкой при резании мяса: $L_{p2}=36,5+0,1\cdot x^3-3,0\cdot x^2+18,6\cdot x$; $R^2=0,96$. (2)

– с нагрузкой при резании рыбы: $L_{p3}=57,8-0,16\cdot x^3+1,04\cdot x^2+0,39\cdot x$; $R^2=0,85$. (3)

Анализ ШХ машины в октавных полосах частот показал, что наиболее высокий уровень излучения при работе без нагрузки приходится на средние частоты, прежде всего на частотах 1000 Гц и составляет 77 дБ. Превышение ПДШХ – 5 дБ. На остальных частотах превышения ПДШХ не обнаружено. На 3 дБА имеет место превышение по А $L_{pA}=80$ дБа.

Сравнение ШХ машины МИМ Консар с нагрузкой и без нее показало, что при работе без нагрузки уровень шума ниже, чем под нагрузкой на низких частотах, на средних частотах – выше на 8 дБ, на высоких – на 5-7 дБ и по L_{pA} – на 8 дБА. Эти данные свидетельствуют о наличии ударных нагрузок в машине. Снижение УЗМ машины под нагрузкой, в отличие от других технологических машин пищевых производств, происходит в результате смазки рабочего органа мясным соком, который выделяется при продавливании мяса шнеком через ножевую решетку. Аналогичный результат наблюдается и в машинах МИМ других конструкций [1].

Для оценки влияния составных частей конструкции машины на ШХ использован метод отсоединения отдельных элементов, приведенных на рисунке 2.

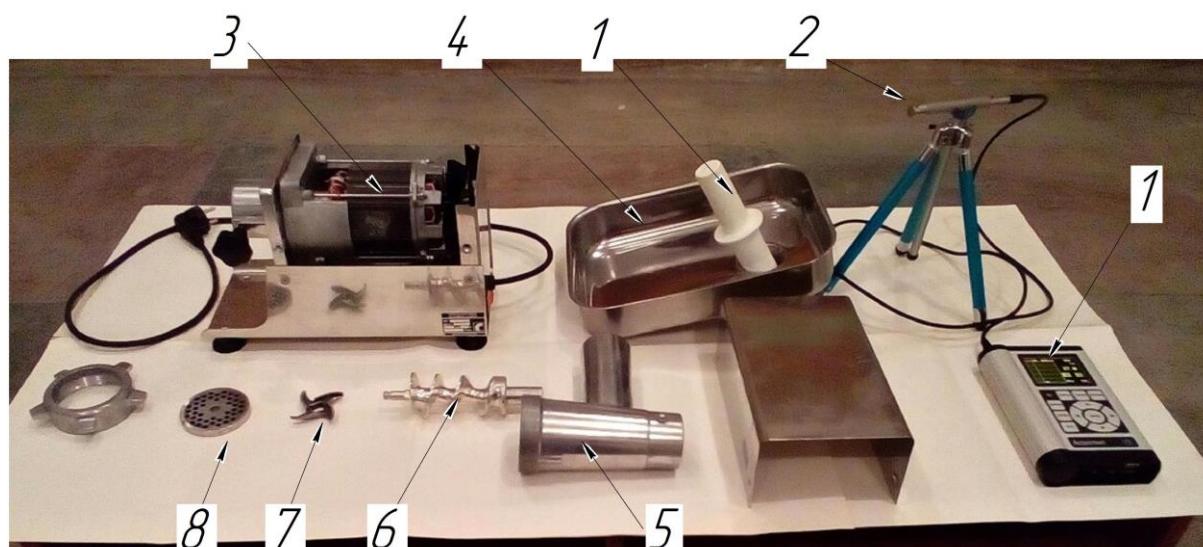


Рис. 2 – Исследование влияния составных частей конструкции машины на ШХ:
1 – шумомер «Ассистент» (Россия); 2 – микрофон; 3 – машина МИМ Консар; 4 –
загрузочный лоток; 5 – корпус камеры; 6 – шнек; 7 – нож; 8 – ножевая решетка.

Микрофон находился в тех же точках измерительной поверхности, что и при измерении ШХ всей машины. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни звуковой мощности элементов МИМ

	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах частот, Гц								Корректированный по А УЗМ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
МИМ в сборе	55	66	72	75	76	67	65	70	80
МИМ без лотка загрузки	54	67	67	70	71	66	60	70	79
МИМ без лотка загрузки и ножа	54	68	69	69	71	67	62	52	74
МИМ без лотка загрузки и ножа и шнека	54	68	66	69	72	67	65	53	70
МИМ без лотка загрузки и ножа, шнека и камеры	54	69	68	67	72	68	64	54	70
Редуктор и электродвигатель	54	68	66	67	70	67	64	55	73
ПДШХ	94	86	79	75	72	70	68	66	77

Анализ результатов этих исследований показал, что наличие лотка ухудшает ШХ машины на 1-5 дБ на низких частотах, на 5 дБ на средних частотах и 1-5 дБ на высоких частотах. Ухудшаются ШХ машины от вибрации лотка на частотах 250, 500, 1000 и 4000 Гц. Для снижения влияния конструкции лотка на ШХ машины целесообразно увеличить жесткость лотка путем его оребрения.

Наличие ножа с решеткой оказывает незначительное влияние на ШХ машины в октавных полосах частот, в пределах 1-2 дБ. Наличие шнека в машине также незначительно влияет на ШХ машины, хотя наблюдается и ухудшение ШХ на 3 дБ на частоте 4000 Гц. Рабочая камера машины, в которой размещены шнек, нож и ножевая решетка, натяжная гайка также, практически, не оказывает влияния на ШХ машины. Наиболее значительный вклад в ШХ машины оказывает ШХ зубчатого редуктора и электродвигателя.

3. Моделирование результатов исследования

С целью получения информации о влиянии ряда производственных факторов на ШХ машины МИМ и получения многофакторных моделей этих процессов проведен активный эксперимент по методу Бокса-Уилсона вида 2^3 . В качестве целевой функции принимались значения ШХ в виде УЗМ в октавных полосах частот и по характеристике А. Независимыми переменными факторами были приняты: вид продукта, усилие на толкателе и острота ножа. Уровни и интервалы варьирования приведены в таблице 2. Матрица планирования эксперимента и значения функции отклика в октавных полосах частот и по характеристике А приведены в таблице 3. В результате соответствующей обработки данных [4] получены значимые адекватные регрессионные модели в кодированных переменных.

Таблица 2

Уровни и интервалы варьирования факторов

Уровни		Факторы		
		Модуль упругости продукта, X_1 , кПа	Усилие на толкателе, X_2 , Н	Острота ножа, X_3 , рад
Основной	0	16	22,15	1,02
Верхний	+1	26	29,5	1,57
Нижний	-1	8	14,8	0,51
Интервал варьирования	Δi	8	14,7	0,51

Таблица 3

Матрица планирования эксперимента

№	Факторы			Значения функции отклика звуковой мощности, дБ								
	X ₁	X ₂	X ₃	Lp ₆₃ , дБ	Lp ₁₂₅ , дБ	Lp ₂₅₀ , дБ	Lp ₅₀₀ , дБ	Lp ₁₀₀₀ , дБ	Lp ₂₀₀₀ , дБ	Lp ₄₀₀₀ , дБ	Lp ₈₀₀₀ , дБ	Lp, дБА
1	+	+	+	60,8	56,2	66,1	66,3	68,8	63,1	55,3	49,4	71,5
2	+	-	-	57,0	64,1	67,4	67,3	69,8	63,2	54,8	48,4	72,2
3	+	+	-	53,8	66,2	68,9	70,3	71,9	64,6	55,2	46,4	74,1
4	-	-	-	51,5	62,8	67,7	66,9	69,9	62,5	54	48,3	72,1
5	-	+	+	54,0	62,3	67,3	66,8	72,0	65,2	56,2	48,8	74,0
6	-	-	+	53,5	62,8	67,1	66,6	71,7	64,5	55,8	48,5	73,6
7	+	-	+	62,3	58,9	67,7	66,7	70	63	55,4	49,1	72,3
8	-	+	-	52,7	61,8	67,2	65,3	70,3	62,7	54,9	50,1	72,4

Для низких частот:

$$Y_1(x_1, x_2, x_3) = 55,7 + 2,775 \cdot x_1 - 0,375 \cdot x_2 + 1,95 \cdot x_3 + 1,125 \cdot x_1 x_3, \text{ дБ} \quad (4)$$

Для средних частот:

$$Y_2(x_1, x_2, x_3) = 70,6 - 0,425 \cdot x_1 + 0,2 \cdot x_2 - 0,8 \cdot x_1 x_3 - 0,4 \cdot x_2 x_3, \text{ дБ} \quad (5)$$

Для высоких частот:

$$Y_3(x_1, x_2, x_3) = 55,5 - 0,35 \cdot x_1 + 0,525 \cdot x_2 + 0,15 \cdot x_3 - 0,45 \cdot x_2 x_3, \text{ дБ} \quad (6)$$

По скорректированному уровню:

$$Y_{pA}(x_1, x_2, x_3) = 72,78 - 0,25 \cdot x_1 + 0,225 \cdot x_2 - 0,7 \cdot x_1 x_3 - 0,325 \cdot x_2 x_3, \text{ дБА} \quad (7)$$

Величины коэффициентов регрессии позволяют оценить степень влияния переменных факторов на функцию отклика – ШХ машины.

Модуль упругости продукта оказывает наибольшее влияние на ШХ на низких частотах, с его увеличением возрастает УЗМ. На средних и высоких частотах по характеристике А его влияние незначительно, почти на порядок меньше.

Влияние усилия на толкателе также невелико в исследуемом диапазоне. С увеличением усилия на толкателе ШХ возрастают, кроме низких частот, где наблюдается обратная картина. Следует заметить, что верхний интервал варьирования усилия на толкателе ограничивается эргономическими требованиями к усилиям оператора при работе с машиной.

Острота ножа аналогична влиянию на функцию отклика лишь на низких частотах, по А и остальным частотам для машин МИМ – незначительно.

Парное взаимодействие факторов X₁X₃, X₂X₃ приводит к уменьшению величины ШХ машины на средних, высоких частотах и характеристике А.

Заключение

Проведенные исследования показали, что излучаемые уровни звуковой мощности машины для измельчения мяса Консар МЕМ 12Е хорватской фирмы в условиях эксплуатации при работе без нагрузки превышает ПДШХ на 3 дБА и на частоте 1000 Гц – на 5 дБ. При работе машины под нагрузкой ее ШХ, на низких

октавных полосах частот ниже, чем без нагрузки, а на средних и высоких частотах выше, вследствие наличия ударных процессов.

Методом отсоединения машины на составные части установлено, что вибрация лотка ухудшает ШХ машины. Следует увеличить жёсткость его конструкции. Основным источником шума в машине является зубчатый редуктор.

По результатам факторного эксперимента вида 2^3 установлено, что возрастание УЗМ связано с обработкой продукта с более высоким модулем упругости, а также с затуплением ножа. Это явление сказывается на низких частотах. Ухудшаются ШХ машины при увеличении усилия на толкателе.

Дальнейшие исследования предусматривают получение многофакторных моделей в натуральных переменных и апробация методов улучшения ШХ МИМ.

Список литературы

1. Заплетников И.Н. Виброакустика оборудования пищевых производств: монография. – Харьков: Изд-во НТМТ, 2015. – 542 с.
2. Иванов Н.И., Заплетников И.Н., Шубин А.А. Закономерность изменения уровня излучаемой звуковой мощности механизмов при их безотказной работе. Диплом № 455 на открытие, РФ, РАЕН, от 25.11.2013 г.
3. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – 3-е изд. Переаб. – М.: Лотос, 2013. – 432 с.
4. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных решений: монография. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

Оценка и анализ шума компрессорных станций

Дроздова Л.Ф.¹, Кудяев А.В.²

¹ Профессор кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»

² Доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»

^{1, 2} БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, Санкт-Петербург, ул. 1-я
Красноармейская, д. 1

Аннотация

Рассмотрена область применения компрессорных станций (КС), требования, предъявляемые потребителями компрессоров. Выполнен патентно-информационный поиск с целью выявления наиболее перспективных направлений и новых технических решений в разработке шумозаглушающих конструкций. Проведен анализ методов и средств снижения шума КС в зависимости от типа применяемых компрессоров. Как показал проведенный анализ, среди существующих средств снижения шума и вибрации наиболее комплексным является капотирование блока двигатель-компрессор. Приведены усредненные акустические характеристики отечественных и зарубежных ПКС.

Ключевые слова: компрессорная станция, патентный поиск, характеристики, методы и средства снижения шума.

Evaluation and analysis of noise of compressor stations

Drozдова L.F.¹, Kudaev A.V.²

¹ *Professor of the Department «Ecology and life safety»*

² *Associate Professor of the Department «Ecology and life safety»*

BSTU «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Russia, Saint-Petersburg, 1 Krasnoarmeyskaya, 1

Abstract

This paper considers the region of using of compressor stations (CS) and the requirements of the consumers to the compressors. Patent information search to identify the most promising directions and new technical solutions in the development sound-proofed designs are presented. The analysis of methods and means of noise reduction of the compressor stations depending on the type of the used compressors was made. As shown by the analysis among the existing means to reduce noise and vibration is to enclose block engine-compressor, the main noise source. The average acoustic characteristics of domestic and foreign movable compressor stations are described.

Keywords: *compressor station, patent information search, characteristics of noise, methods and means of noise reduction.*

Введение

Улучшение и оздоровление условий труда, устранение причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний является важной задачей. Успешное решение задачи по созданию безопасных и безвредных условий труда всех работающих во многом зависит от широкого применения безопасной техники и коллективных средств защиты.

Во многих отраслях промышленности, в том числе, в машиностроении, применяют компрессорные установки: стационарные компрессорные станции (КС) и передвижные компрессорные станции (ПКС). Особый интерес представляет не только обеспечение безопасной эксплуатации компрессорных станций, но и снижение воздействия их на окружающую среду.

Требования к компрессорной технике, предполагаемой к серийному производству, её характеристики и их приоритеты обуславливаются областью и

характером её применения, системой предпочтений потребителей этой техники при выборе конкретных моделей компрессорных станций. Система предпочтений, в свою очередь, определяется целями использования и условиями применения компрессорных станций, соответствием этим целям и условиям их технических характеристик, безопасностью эксплуатации, технологическим уровнем производства, экономическими, географическими и психологическими факторами. Важнейшим показателем при выборе станции являются ее шумовые характеристики, позволяющие расширить область их применения.

1. Области применения компрессорных станций

В настоящее время оборудование, использующее сжатый воздух и, соответственно, оборудование для его выработки, широко применяется в таких отраслях экономики, как:

- машиностроение, химическая промышленность, цветная и чёрная металлургия, мебельное производство и деревообработка, пищевая промышленность, стройиндустрия;
- транспорт и дорожное строительство, коммунальное хозяйство и ремонтная отрасль, геологоразведка.

На предприятиях этих отраслей сжатый воздух используется для многих видов оборудования, таких как: пневмооборудование кузнечных цехов, пневмодвигатели, формовочные машины, пневматические встряхивающие формовочные машины, пневмотрамбовки, выбивные устройства и машины, вибраторы, пескоструйные и дробеструйные аппараты, машины для мытья под давлением, пневмотолкатели, пневмомолотки, пневмодрели, пневмошлифмашины, клепальные пневмомашин, оборудование для подъёмно-транспортных работ, перфораторы, бетоноломы, пневмокраско и бетонораспылители и многие другие.

Основными типами компрессоров, которыми оснащаются компрессорные станции, являются: поршневые (в том числе аксиально-поршневые и свободнопоршневые), роторные винтовые, пластинчатые, турбокомпрессоры, мембранные, поршнемембранные и др.

Наибольшее применение в передвижных и унифицированных с ними стационарных компрессорных станциях имеют классические поршневые и винтовые компрессоры.

При этом в области производительности до $1,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ и давления $0,4 - 0,6 \text{ МПа}$ преобладают поршневые, а в области производительности $1,8 - 10 \text{ м}^3/\text{мин}$ и давления $0,7 - 0,8 \text{ Мпа}$ – винтовые.

Следует отметить, что для строительства характерно использование в основном мобильных средств механизации, использующих сжатый воздух, и именно строительные и ремонтные организации являются основными потребителями рынка передвижных компрессорных станций.

Немаловажным является то, что для различных потребителей необходим разный воздух. Если наличие масла в воздухе, идущем на питание отбойных молотков и пневмодвигателей можно считать в какой-то мере даже полезным, то для малярных или бетонных работ это вредно, а в некоторых странах (в частности, в Германии) наличие масла запрещено стандартами. Требования к температуре воздуха у различных потребителей тоже могут отличаться, например, при некоторых видах малярных работ желательна температура в диапазоне $60 - 70^\circ\text{C}$, в других случаях требования будут иными.

В связи с присутствием людей при проведении работ в производственных помещениях, где используются компрессорные станции, усиливаются требования по уровню шума и загазованности. Акустические характеристики компрессорных установок являются важными не только для компрессорных станций, работающих в помещении, но

и для ПКС, работающих на открытых площадках, в особенности на селитебной территории, вблизи школ, больниц и других объектов.

2. Патентно-информационный поиск методов и средств снижения шума КС

С целью выявления наиболее перспективных направлений и новых прогрессивных технических решений в разработке шумозаглушающих конструкций, применяемых в машинах различного профиля, авторами был проведен патентно-информационный поиск.

Поиск и отбор материала, проводился по ведущим странам мира: США, Великобритания, Германия, Франция, Италия, Швеция, Япония, Россия и др.

В результате изучения и анализа патентов и авторских свидетельств были отобраны материалы, представляющие наибольший интерес.

Авторами Boisseau, J. P., Bodet, M., Wabco France snc., (Япония) предлагается конструкция поршневого, объемного компрессора (газового насоса) небольшой производительности. Его основная особенность – поршень, качающийся в плоскости, перпендикулярной оси вращения кривошипного вала. Уплотнение выполнено в виде эластичной манжеты. Всасывание происходит через зазор между манжетой и стенкой цилиндра. Всасываемый воздух охлаждает подшипники вала и шатуна, причем всасывание производится через фильтры - глушители шума на всасывании.

Фирма Nitto Kohki Deutschland GmbH (Германия) выпускает воздушные компрессоры марки DPO 102 с бесщёточным приводным двигателем, который позволяет снизить уровень шума до 45 дБА и повышает срок службы до 5000 часов.

Звукоизолирующее покрытие для двигателя Akustikabdeckung (Германия), выполненного из изолирующего материала и закрывающего полностью или частично верхнюю часть двигателя, обладает следующей особенностью: оно имеет люки для доступа к агрегатам, требующим регулировки или обслуживания, и может закрепляться, вместе с расположенными под ним агрегатами, не требуя дополнительных опор и креплений.

Фирма Ingersoll-Rand Co. Ltd (Великобритания) выпускает легкий и компактный 2-х (4-х) осный автоприцеп с закрытым кузовом, для размещения в нем передвижной машины – компрессорного агрегата с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Нижняя, силовая часть изготавливается из прочного пластика и формируется вместе с рамой компрессорного агрегата, усиленной ребрами, днищем, нишами колес и крыльями из ударопрочного пластика на базе нейлона или полиэтилена высокой плотности. Верхняя – обтекаемый капот – из акрилонитрила бутадиенстирена, имеющего хорошие звукоизолирующие качества при меньшей плотности, чем у материалов нижней части. Она также имеет усиливающие ребра и проемы для установки съемных (откидных) щитов, обеспечивающих легкий доступ к основным узлам компрессорного агрегата. Для изготовления верхней и нижней частей наиболее рационален способ литья под вакуумом. Прицеп комплектуется дышлом, неподвижно крепящимся к оси его колес. Верхняя и нижняя часть соединяются между собой на петлях, основания которых формуется при изготовлении. Прицеп имеет массу на 325-425 кг меньшую, чем у металлического прицепа аналогичного назначения и обеспечивает лучшую звукоизоляцию компрессорного агрегата.

Японские разработчики Hondo.Giken Кодзо К. К, Sakashita Masao. Kawai Noriaki, Nozawa Yasuji. Ta-keda Naoaki получили патент в США на способ глушения шума на всасывание в двигатель внутреннего сгорания за счет выполнения посередине, по меньшей мере, одного из цилиндров сквозного резьбового отверстия. В отверстие ввернута полая пробка, внутренняя, воздушная полость которой отделена от рубашки охлаждения упругой мембраной. Применение такого способа глушения шума на всасывании значительно снижает его уровень при работе компрессора.

Фирмой «Hydrovane Compressor Company» (Великобритания) выпускается компрессорная станция с электродвигателем. Уровень звука на расстоянии 1 м составляет всего 60 дБА, что эквивалентно приглушенному шуму в гостиной. Помимо использования электропривода (электродвигатель излучает всего 78 дБА на расстоянии 1 м), такой низкий уровень звука достигнут за счет капотирования и виброизоляции. Охлаждающий воздух всасывается и выпускается через длинные воздухопроводы-глушители. Внутренняя поверхность капота облицована 50-мм слоем пенополиуретана. Капот снабжен 3-мм поддоном. Виброизоляторы с характеристиками, соответствующими основным частотам двигателя и компрессора, отделяют установку от поддона и рамы.

Малошумные винтовые компрессоры выпускает фирма «Leise laufender Schraubenverdichter hat einen direct angekuppelten Antrieb. Maschinenmarkt. (Германия).

Фирма Boge Kompressoren Otto Boge GmbH (Германия) также выпустила винтовые компрессоры серии SL с низким уровнем шума. Они имеют интеллектуальную систему управления ARC и систему охлаждения. Новые компрессоры, имеют прямой привод без потерь, характерных передачам или клиновым ремням. Фирма разработала типоразмерный ряд S винтовых компрессоров моделями SL 270 и SL 340 с непосредственным приводом. Модели SL поставляются в звуко- и суперзвукопоглощающих кожухах, с эффективным маслоотделителем, с воздушным или водяным охлаждением. Система ARC – управления, регулирования и контроля обеспечивает оптимальный холостой ход компрессоров, что также приводит к снижению шума и энергозатрат.

Фирма «Sullair» (США), запатентовала ряд технических решений в передвижных компрессорных станциях с пониженным уровнем шума (75 дБА). Особый интерес представляет конструкция звукоизолирующего капота.

Известная фирма «Atlas Copco» (Швеция) разработала модель передвижного компрессора XAS 97. Компрессор XAS 97 снабжен полиэтиленовым кожухом HardHat™, который защищает от вмятин, царапин, коррозии и излучения шума лучше других кожухов, представленных сегодня на рынке. Кроме того, он имеет низкий вес, т.к. изготовлен из сверхпрочного полиэтиленового материала, а его устойчивость к повреждениям и коррозии, снижает время и затраты на его ремонт и перекраску.

Выявленные патенты и полученная информация содержат технические решения по звукоизолирующим перегородкам, экранам, капотам, вибродемпфирующим и звукопоглощающим материалам, и свидетельствуют о том, что за рубежом уделяется значительное внимание разработке шумозащитных конструкций машин и в частности компрессоров. К сожалению, в России последние 10-15 лет работ по снижению шума передвижных компрессорных станций практически не ведется.

Снижение шума КС – сложная задача, включающая в себя ряд вопросов, связанных с акустикой, тепловыми и аэродинамическими процессами, конструктивным и технологическим исполнением отдельных деталей и узлов, рабочим процессом в компрессоре и приводном двигателе. Эту задачу можно решать двумя путями:

- установкой звукопоглощающих и звукоотражающих конструкций (звукоизолирующего капота, глушителей, акустических экранов и звукоизолирующих перегородок под капотом, звукопоглощающих и вибродемпфирующих покрытий, виброизоляции и др.);
- снижением шума непосредственно в источнике.

Анализ литературных и патентных данных показывает, что в настоящее время нет эффективных способов снижения шума непосредственно двигателя и компрессора до требуемого уровня. Эффект от усовершенствования конструкции двигателя в целях снижения его шума пока не превысил 5 дБА. Поэтому наиболее радикальной мерой является ближняя звуко-виброизоляция. Учитывая, что двигатель – основной источник

шума ПКС, перечисленные выше меры снижения шума двигателя применяются и для компрессорных станций в целом.

2. Методы и средства снижения шума компрессорных станций

Для снижения шума компрессорных станций используются различные методы в зависимости от типа применяемых компрессоров.

Шум всасывания поршневых компрессоров может быть снижен с помощью глушителей: в диапазоне частот 200-500 Гц с помощью кольцевых резонаторов, настраиваемых на область наибольшей интенсивности шума, в высокочастотном диапазоне – активных глушителей со звукопоглощающими элементами трения в виде щелей и отверстий, представляющих параллельные каналы для переменной составляющей потока.

Для глушения шума на впуске поршневых компрессоров используют простое и практическое устройство, представляющее собой резонатор Гельмгольца с боковым ответвлением. Эффективность его велика на резонансных частотах, поэтому резонатор целесообразно использовать в случаях, когда на впуске компрессора излучаются очень сильные звуки чистых тонов. Шум на впуске ротационных компрессоров снижают глушители активного типа, что продиктовано значительно более высокой, чем у поршневых компрессоров, частотой звука.

Уравновесить центробежные силы и силы инерции поступательно движущихся масс в целях снижения механического шума поршневых компрессоров можно с помощью специального механизма или многорядной, например, оппозитной схемы расположения цилиндров. При консольном исполнении цилиндров возникающие изгибные колебания снижаются путем устранения резонанса. Для изменения собственной частоты увеличивают жесткость основания консоли.

К значительному снижению шума поршневого компрессора во всем нормируемом диапазоне частот приводит замена воздушного охлаждения водяным. Водяная охлаждающая рубашка изолирует шум, генерируемый цилиндром, а также шум клапанов за счет значительного увеличения массы.

Шум на выпуске из компрессора может быть снижен за счет размещения воздухоприемника под звукоизолирующим капотом. Можно также использовать малый воздухоприемник, действующий как глушитель вибрации, установив его между клапанами компрессора и основным воздухоприемником. Это уменьшит количество колебаний давления в основном воздухоприемнике и уровень излучаемого звука.

Снижение колебаний трубопроводов достигается установкой дополнительных креплений для изменения жесткости и собственных частот трубопроводов, а также дроссельной шайбы или вентиля в точке, где колебательная скорость стоячих волн достигнет максимума.

Для предотвращения передачи энергии соответствующих звуковых частот при установке компрессора на рамные конструкции ТМ необходимо предусмотреть его виброизоляцию от рамы. С экономической точки зрения более выгодно использовать звукоизолирующие капоты, по возможности виброизолировав их от источника шума. Капот снижает не только шумы, излучаемые корпусом компрессора и двигателя, а также аэродинамические шумы воздушных охлаждающих потоков и другие – шумы приводных механизмов, колебаний коммуникаций и трубопроводов и т.д.

Размещение агрегата «двигатель-компрессор» под капотом ограничивает доступ холодного воздуха из окружающей среды. Поэтому при глушении шума таким способом необходимо, чтобы температура смазочного масла поддерживалась в определенных границах, обеспечивающих достаточную его вязкость, а также исключалась возможность перегрева двигателя и компрессора, горючего в баках и нагрева аккумуляторных батарей. Для этого служат вентиляционные каналы, которые, однако, не должны снижать эффекта

шумопоглощения. С помощью перегородок, разворота потока и облицовки стенок каналов можно добиться требуемого эффекта шумоглушения в сочетании с нормальным тепловым балансом.

За рубежом накоплен ценный практический опыт снижения шума компрессорных станций. В качестве основных мер, обеспечивающих снижение уровня звука на 10-15 дБА, используются:

- размещение агрегата «двигатель-компрессор» под звукоизолирующим капотом из металлического листа или стеклопластика, облицованного звукопоглощающим материалом;
- акустическая обработка стенок каналов для подвода и отвода охлаждающего воздуха;
- установка глушителей шума выпуска на выхлопном тракте двигателя (для ДВС);
- виброизоляция агрегата «двигатель-компрессор» от рамы.

Довести эффект до уровня, превышающего 20 дБА (супершумозаглушенные КС), можно в дополнение к перечисленным мерам:

- установить шумоглушители на всасывающие фильтры двигателя и компрессора, а также на предохранительный клапан;
- демпфировать звукоизолирующий капот и основные излучатели вибрации;
- виброизолировать капот, все трубопроводы, глушитель выпуска;
- изготовить лопасти вентилятора из алюминия или пластмассы, обеспечив тщательную его балансировку;
- установить глушитель выпуска под капот или увеличить звукоизоляцию его стенок.

Кроме того, для глушения шума передвижных компрессорных станций их можно размещать в легких звукоизолирующих палатках (эффект не превышает 4-6 дБА). Палатки рекомендуется использовать при эксплуатации ПКС вблизи больниц, школ, детских учреждений.

Анализ технической литературы и проведенный патентный поиск показали, что попытки понизить шум в источнике или не дают существенного эффекта, или не применимы из-за сложности эксплуатации.

Основным направлением снижения шума компрессорных станций является капотирование блока «двигатель-компрессор».

Звукоизолирующий капот является эффективной конструкцией шумозащиты, позволяющей обеспечить при проектировании на основании расчета, требуемые уровни снижения шума.

4. Характеристики шума передвижных компрессорных станций (ПКС)

Шум передвижных компрессорных станций зависит от многих факторов, в том числе:

- вида привода-двигатель внутреннего сгорания (дизель или карбюраторный) или электродвигатель;
- типа применяемого компрессора – винтовой, поршневой, мембранный, лопастной, ротационный;
- режима работы;
- наличия или отсутствия шумозаглушающих средств;
- производительности ПКС.

Наиболее популярными являются передвижные компрессорные станции производительностью от 2.5 до 5 м³/мин – около 40% от общего числа моделей, а на диапазон 7.5 – 15 м³/мин приходится около 18% моделей.

В таблице 1 приведены усредненные характеристики шума передвижных компрессорных станций разной производительности с различным приводом.

Таблица 1

Акустические характеристики ПКС на расстоянии 7 м

Тип исполнения	Тип привода	Производительность, м ³ /мин	Уровень звука, дБА
Нешумозаглушенный	Дизель	5,2	98
		10,5	101
	Электро-двигатель	5,2	90
		10.0	94
	Карбюраторный	5.2	96
Шумозаглушенный	Дизель	5,0	70
		10,6	75
	Электро-двигатель	5.0	58

Как видно из таблицы, акустические характеристики шума нешумозаглушенных ПКС значительно превышают требования санитарных норм как с приводом от двигателя внутреннего сгорания, так и от электродвигателя.

Заключение

Стационарные компрессорные станции (КС) и передвижные компрессорные станции (ПКС) широко применяются в различных отраслях экономики. Наибольшее применение в передвижных и унифицированных с ними стационарных компрессорных станций имеют классические поршневые и винтовые компрессоры производительностью до 10 м³/мин и давлением от 0.4 - 0.8 МПа. Акустические характеристики компрессорных установок являются важными не только для работающих в помещении, но и для ПКС, работающих на открытых площадках, в особенности на селитебной территории, вблизи школ, больниц и других объектов. Проведенный авторами патентно-информационный поиск показал, что к числу наиболее эффективных средств снижения шума можно отнести: капотирование двигателя и компрессора, звукоизолирующие перегородки и экраны под капотом, глушители, звукопоглощающие и вибродемпфирующие покрытия, виброизоляцию и др. Снижение шума в источнике или не дают существенного эффекта (не более 5 дБА), или не применимы из-за сложности эксплуатации.

Список литературы

1. Компрессоры ATLAS COPCO для выдувания изделий из ПЭТ (полиэтилентерефталата) стали первыми компрессорами, сертифицированными по классу 0. Компрессорная техника и пневматика. 2008, № 7, с. 42-43.
2. АО «Компрессор» – Компрессорная техника на уровне мировых стандартов. Кузнецов Ю.Л., Аникин А.Л. Компрессорная техника и пневматика. 2016, № 4, с. 5.
3. Шум при работе компрессоров и его снижение. Главный энергетик. 2009, №9, с. 59-61.
4. Теория и практика создания малошумных и энергоэффективных герметичных хладоновых компрессоров. Набережных А.И., Деменев А.В., Данилов А.И. В сборнике: Современная российская наука глазами молодых исследователей. Материалы III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Научно-Инновационный центр. 2013. С.188-208.

-
5. Всасывающий глушитель герметичного холодильного компрессора. Цикман А.В., Кирейчик Д.Г., Высоцкий Д.А., Шинтарь В.В. Патент на полезную модель RUS 66788 22.06.2007.
 6. Компрессорная станция. Ворошилов И.В. Патент на полезную модель RUS 113541 05.10.2011.
 7. Шум центробежных компрессоров на газоперекачивающих станциях. Мамаев В.К., Власов Е.Н., Барский И.А. Наука и техинка в газовой промышленности. 2013. № 3(55), с. 57-61.
 8. Л.Ф. Дроздова и А.В. Кудаев. Снижение шума передвижных компрессорных станций. Труды школы-семинара «Новое в теоретической и прикладной акустике» СПб.: БГТУ, 2003, 11с.
 9. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Исследование уровня акустического излучения системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие»

Васильев А.В.¹, Комлик Е.А.²

¹ Заведующий кафедрой «Химическая технология и промышленная экология»

² Научный сотрудник

^{1,2} Самарский государственный технический университет, адрес: 443100, Россия, г. Самара, Молодогвардейская, 244

Аннотация

Рассматриваются вопросы исследования шума автомобильного транспорта в условиях урбанизированных территорий. Проведен анализ акустического излучения, создаваемого шинами автотранспортного средства при его движении. Рассмотрены подходы к расчету уровня звука системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие». Описано программное приложение для определения шума шин при движении автотранспортного средства. Результаты исследований позволяют осуществлять эффективную оценку шума автотранспорта и разрабатывать эффективные мероприятия по его снижению путем разработки малошумных конструкций автомобильных шин и улучшения акустического качества дорожных покрытий.

Ключевые слова: акустическое излучение, автотранспортное средство, шины, дорожное покрытие.

Investigation of level of acoustical radiation of system «tires of vehicle – road surface»

Vasilyev A.V.¹, Komlik E.A.²

¹Head of Department of Chemical Technology and Industrial Ecology

²Researcher

^{1,2} Samara State Technical University, Russia, Samara, Mologvardejskaya, 244

Abstract

Questions of research of noise of automobile transport in conditions of urban territories are considered. Analysis of acoustical emission created by tires of vehicles during the movement is carried out. Approaches to calculation of level of system «tires of vehicle – road surface» are considered. Program provision for estimation of tires noise during vehicle movement is described. Results of research are allowing to carry out efficient estimation of vehicle noise and to develop efficient measures of vehicle noise reduction.

Key words: acoustical radiation, vehicle, tires, road surface.

Введение

Проблема снижения шума, создаваемого автотранспортными средствами, становится всё более актуальной как в связи с возрастанием общего числа единиц автомобильного транспорта, так и ввиду качества дорожных покрытий [1-12]. В настоящее время резерв снижения шума за счет модернизации акустических показателей самого автомобиля в существенной степени исчерпан. Дальнейшее снижение шума автотранспортных средств в значительной мере будет связано с применением малошумных конструкций автомобильных шин и дорожных покрытий.

Шум, создаваемый шинами автомобиля при его движении, при скорости движения свыше 50 км/ч становится основным источником внешнего акустического излучения. В настоящее время программных средств по расчету уровня акустического

*E-mail: vasilyev.av@samgtu.ru (Vasilyev A.V.)

излучения системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие», учитывающих комплекс данных, необходимых для расчета с достаточно высокой степенью точности, нет не только в России, но и в странах дальнего и ближнего зарубежья. Особенно актуальным расчетное и экспериментальное исследование уровня акустического излучения системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие» является в условиях России, принимая во внимание высокую интенсивность автотранспортных потоков и качество дорожных покрытий.

Настоящая статья посвящена исследованию акустического излучения системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие».

1. Анализ акустического излучения, создаваемого шинами автотранспортного средства при его движении

Основными источниками шума автотранспортного средства являются:

- силовая установка – двигатель (корпус двигателя, системы впуска и выпуска двигателя, процесс сгорания, кривошипно-шатунный механизм, шум механизма газораспределения);
- топливоподающая аппаратура;
- вентилятор системы охлаждения двигателя;
- трансмиссия (коробка передач и задний мост);
- шины (при движении);
- корпус автомобиля;
- вспомогательное оборудование.

Зависимость шума автомобилей от скорости движения и передачи носит сложный характер. При малых скоростях движения (менее 50 км/час) основным источником шума автомобиля является двигатель, а характеристики шума автомобилей в меньшей степени зависят от скорости движения. Наиболее шумные – грузовые автомобили с дизельным приводом большой (более 150 кВт) мощности. При скоростях движения свыше 50 км/ч наиболее интенсивным источником акустического излучения является шум, возникающий при взаимодействии шин автотранспортного средства с дорожным покрытием.

К источникам шума, создаваемого шинами автотранспортного средства, относятся: аэродинамический шум вращения колеса и шины, шум от вибрации поверхности шины и взаимодействия с дорожным покрытием, а также колебания давления в элементах протектора [1, 2, 7]. На уровень шума автомобильных шин влияют такие параметры, как рисунок протектора, конструкция шипов и ламелей, давление в шине, габаритные размеры, а также тип и состояние дорожного покрытия, по которому осуществляется движение.

Исследования влияния на шум геометрических параметров профиля шин позволили установить, что низкопрофильные шины, которые в настоящее время получают столь широкое распространение во многих странах, ведут за счет более широкого и менее короткого пятна контакта к некоторому увеличению уровней шума шин, взаимодействующих с дорогой.

На характеристики шума транспортных средств существенным образом также влияют состав и состояние дорожного покрытия. Так, бетонное покрытие на 2-3 дБА более шумно, чем асфальтовое. На влажном покрытии увеличение шума шин достигает 10 дБА, а в снегопад может снизиться на 3-5 дБА. Дорожное покрытие, изготовленное из материала с хорошими звукопоглощающими свойствами (например, с включением отходов резины), снижает шум шин на 2-4 дБА [8].

Автомобильные шины классифицируются по назначению, высоте профиля, габаритам, конструкции, условиям эксплуатации.

1. По назначению шины различаются для применения:
 - на легковых автомобилях;
 - на грузовых автомобилях малой грузоподъемности;
 - на микроавтобусах и прицепах к ним во всех климатических зонах при температуре окружающей среды от -45°C до $+55^{\circ}\text{C}$;
 - на грузовых автомобилях, прицепах, полуприцепах, автобусах, троллейбусах во всех климатических зонах при температуре окружающей среды до -45°C .
2. По высоте профиля шины классифицируются следующим образом:
 - шины обычного профиля с отношением высоты профиля (H) к его ширине (B) более 0,89;
 - шины низкопрофильные – $H/B = 0,7-0,88$;
 - шины сверхнизкопрофильные – $H/B = < 0,7$.
3. По габаритам шины делятся на:
 - шины крупногабаритные с шириной профиля 350 мм (14 дюймов) и более, независимо от посадочного диаметра;
 - шины среднегабаритные с шириной профиля от 200 мм до 350 мм (от 7 до 14 дюймов) и посадочным диаметром не менее 457 мм (18 дюймов);
 - шины малогабаритные с шириной профиля не более 260 мм (до 10 дюймов) и посадочным диаметром не более 457 (18 дюймов).
4. По конструкции шины делятся на:
 - диагональные, у которых нити корда каркаса и брекера перекрещиваются в смежных слоях, а угол наклона нитей по середине беговой дорожки в каркасе и брекере от 45° до 60° ;
 - радиальные, (радиальные шины бывают со съемным протектором) у которых угол наклона нитей корда каркаса 0° , а брекера – не менее 65° . Эти шины имеют каркас с меньшим числом слоев корда, чем у диагональных, мощный брекер чаще металлокордный, что обеспечивает меньшие окружную деформацию шины при качении и проскальзывании протектора в контакте с дорожным покрытием и как следствие радиальные шины имеют меньшие теплообразование и потери на качение, большие сроки службы, максимальную нагрузку и допустимую скорость.

В настоящее время для легковых автомобилей в основном используются радиальные шины. Основными преимуществами радиальных шин являются меньшее сопротивление качению, лучшее сцепление с дорогой и значительно больший срок службы из-за малого изнашивания протектора, что достигается за счет работы пояса, охватывающего каркас, особенно если он изготовлен из металлокорда.

Таким образом, уровень акустического излучения, создаваемого шинами автотранспортного средства, зависит от комплекса эксплуатационных и конструктивных факторов и параметров: погодные условия, скорость движения автомобиля, состояние дорожного покрытия, условная ширина профиля, номинальное соотношение высоты профиля к ширине, посадочный диаметр, модель, вид рисунка протектора и др.

2. Расчет уровня звука системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие»

Расчет уровня звука, возникающего при обтекании движущихся объектов потоком воздуха, сводится к решению задачи акустики, основанной на акустических аналогиях Лайтхилла. Расчет турбулентного потока жидкости, порождающего звук,

производится в сравнительно небольшом конечном объеме. Далее по турбулентному полю вычисляется возникающий от этого поля звук (шум).

Распространение волн в жидкостях и газах подчиняется нелинейным уравнениям аэрогидродинамики – уравнениям движения, неразрывности и состояния, точное решение которых представляет значительные трудности. Поэтому в акустике для описания звукового поля используют приближенные уравнения, которые получаются при линеаризации уравнений аэрогидродинамики, что возможно для большинства реальных звуковых процессов.

Используя общие методы решения неоднородного волнового уравнения для акустического давления в точке наблюдения на основе теории Лайтхилла и результатов исследования Керла, формула для расчета уровня акустического излучения имеет вид:

$$L = 20 \lg \left(\left(\frac{1}{4\pi} \cdot \int_S \frac{\partial}{\partial t} \cdot [\rho \cdot v_i \cdot n_i] \frac{dy}{r} - \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\partial}{\partial x_i} \cdot \int_S [(\rho \cdot v_i \cdot v_j + P \cdot \delta_{ij} + \right. \right. \\ \left. \left. + \mu \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{\partial v_i}{\partial x_i} - \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \right) \cdot v_j] \frac{dy}{r} + \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \cdot \int_\Omega [(P - C_0^2 \cdot \rho) \delta_{ij} + \right. \\ \left. \left. + \rho \cdot v_i \cdot v_j + \mu \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{\partial v_i}{\partial x_i} - \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \right) \right] \frac{dy}{r} \right) \frac{1}{P_0} \right) \quad (1)$$

где S – имеющаяся в потоке поверхность, m^2 ; ρ – плотность невозмущенной среды, kg/m^3 ; v – скорость движения, km/h ; r – расстояние между точкой наблюдения и точкой на поверхности Кирхгофа, m ; P_0 – нулевой порог слышимости, Pa ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa$); C_0 – скорость звука, m/s ; n_i – составляющая вектора нормали; $\delta_{i,j}$ – дельта Кронекера; μ – коэффициент динамической вязкости, $Pa \cdot s$; P – звуковое давление, Pa ; Ω – пространственная область; v_i, v_j – составляющие вектора скорости.

На практике вычисление уровня звука системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие» по формуле (1) затруднительно. Для достижения поставленной задачи примем следующие допущения:

- плоскость движения автотранспортного средства – горизонтальная;
- рассматриваются только аэродинамические источники звука.

Преобразуем выражение (1) к следующему виду:

$$L = 20 \lg \left(\left(\frac{1}{4\pi} \cdot \int_S \frac{\partial}{\partial t} \cdot [\rho \cdot v_i \cdot n_i] \frac{dy}{r} + \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \cdot \left(\frac{2\pi \cdot (P - C_0^2 \cdot \rho)}{r} \right) \right) \frac{1}{P_0} \right) = \\ = 20 \lg \left(\left(\frac{1}{4\pi} \cdot \int_S (\rho \cdot \frac{v}{t}) \frac{dy}{r} \right) \frac{1}{P_0} \right) = 20 \lg \left(\left(\frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\rho \cdot S \cdot v}{r \cdot t} \right) \frac{1}{P_0} \right) = 20 \lg \left(\frac{0.08 \cdot \rho \cdot S \cdot v}{r \cdot t \cdot P_0} \right) \quad (2)$$

Связь уровня звука с физическими параметрами, воздействующими на объект движения, основано на преодолении сил сопротивления движения. При движении автомобиля энергия, подведенная к ведущим колесам, расходуется на преодоление сил сопротивления движению, к которым относятся: сила P_f сопротивления качению колес автомобиля по дороге, сила P_A сопротивления, возникающая при движении автомобиля на подъем, сила P_j сопротивления разгону автомобиля при движении ускоренно, сила P_W сопротивления воздуха, сила P_ϕ сцепления, противодействующая скольжению колес относительно дороги.

$$P_K = P_\phi + P_W + P_j + P_f + P_A \quad (3)$$

Подставим значения сил сопротивления, уравнение тягового баланса примет вид:

$$\frac{M_E i_K i_O \eta_M}{r_K} = \psi G_A + k f V^2 + \frac{G_A \delta i}{g} + G_A f + \varphi 2 Z_{K2} \quad (4)$$

В случае движения автомобиля по инерции, силы сопротивления движению преодолеваются за счет накопленной в период разгона кинетической энергии.

В результате тождественных преобразований (2) получим:

$$L = 20 \lg \left(\frac{0.08 \cdot \rho \cdot S \cdot \sqrt{\frac{N_E \cdot 60 \cdot 735.5 \cdot i_K i_O \eta_M}{2\pi \cdot n} - \psi G_A - \frac{G_A \delta i}{g} - G_A f - \varphi 2 Z_{K2}}}{k f} \right) \quad (5)$$

где i_K – передаточное число коробки передач; i_O – передаточное число главной передачи; η_M – механический к.п.д. трансмиссии; n – число оборотов двигателя, шт.; N_E – мощность двигателя, Вт; G_A – сила тяжести, м/с²; f – коэффициент сопротивления качению; K – коэффициент сопротивления воздуха; f – лобовая площадь автомобиля, м²; ψ – суммарный коэффициент сопротивления дороги; g – ускорение силы тяжести, м/с² ($g = 9,81$ м/с²); δ – коэффициент учета вращающихся масс; Z_{K2} – радиальная реакция ведущих колес; r_K – радиус качения колеса, м; φ – коэффициент сцепления шин ведущих колес автомобиля с дорогой.

3. Программное приложение для определения шума шин при движении автотранспортного средства

Результатом вышеизложенного математического описания и решения задачи акустики стало создание программного приложения, позволяющего определять уровень звукового давления, создаваемого при движении шинами транспортного средства, с учетом следующих факторов:

- скорость движения транспортного средства;
- характеристики дорожного покрытия;
- климатические характеристики (температура окружающей среды, осадки в виде дождя или снега и пр.);
- конструктивные характеристики шины транспортного средства;
- рисунка протектора автомобильной шины;
- габаритные размеры транспортного средства;
- масса транспортного средства;
- мощность двигателя;
- давление в шине;
- плотность среды внутри шины и т.д.

Внешний вид окна программного приложения для расчета внешнего шума шин при движении легкового автомобиля показан на рисунке 1. Сравнение

экспериментальных данных с расчетными показывает высокую точность разработанной модели. Погрешность расчета уровня звука с использованием программного приложения составляет не более 5 %.

Расчет уровня внешнего шума легкового автомобиля

24.09.2010 19:32:13

Климатические характеристики

Температура окружающей среды * 14 °C

Осадки ясно

Скоростные характеристики

Скорость движения автомобиля * 60 км/ч

Характеристики дорожного покрытия

Дорожное покрытие * асфальтобетонное

Конструктивные характеристики автомобиля

Снаряженная масса автомобиля * 1400 кг

Наибольшая высота автомобиля * 1,402 м

Наибольшая ширина автомобиля * 1,65 м

Мощность двигателя * 80 л.с.

Передаточное число главной передачи * 3,7

Конструктивные характеристики автомобильной шины

Ширина профиля * 175 мм

Серия * 70

Посадочный радиус * 13 дюйм

Рисунок протектора 1.bmp

Плотность среды внутри шины 1,293 кг/м³

Давление в шине 2 бар

Вычислить L = 69.28 дБА

Выбрать... Дальше Выход

Рис. 1. Внешний вид окна программного приложения для расчета внешнего шума шин при движении легкового автомобиля

Заключение

Предложенные методика расчета уровня звука системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие» и программное приложение для определения шума шин при движении автотранспортного средства позволяют осуществлять эффективную оценку шума автотранспорта и разрабатывать эффективные мероприятия по его снижению путем разработки малозумных конструкций автомобильных шин и улучшения акустического качества дорожных покрытий.

Список литературы

1. Васильев А.В. Акустическая экология города: учеб. пособие для студентов вузов / А. В. Васильев; Федеральное агентство по образованию, Тольяттинский гос. ун-т. Тольятти, 2007 – 166 с.
2. Васильев А.В. Анализ шумовых характеристик селитебной территории г. Тольятти. Экология и промышленность России. 2005. № 4. С. 20-23.
3. Васильев А.В. Снижение шума транспортных потоков в условиях современного города. Экология и промышленность России. 2004. № 6. С. 37-41.
4. Васильев А.В. Мониторинг акустического загрязнения территории Самарской области. В сборнике: Защита населения от повышенного шумового

воздействия. Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Иванова Н.И. 2014. С. 148-159.

5. Васильев А.В. Шумовая безопасность урбанизированных территорий. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-1. С. 299-305.

6. Васильев А.В., Розенберг Г.С. Мониторинг акустического загрязнения селитебной территории г. Тольятти и оценка его влияния на здоровье населения. Безопасность в техносфере. 2007. № 3. С. 9-12.

7. Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики: Учебник для вузов – СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.: ил.

8. Комлик Е.А., Васильев А.В. Математическое описание и расчет шума системы "шины автотранспортного средства – дорожное покрытие". Известия Самарского научного центра РАН, г. Самара, 2010 г., т. 12, №1 (9), с. 2246-2250.

9. Luzzi S., Vassiliev A.V. A comparison of noise mapping methods in Italian and Russian experiences. В сборнике: Forum Acusticum Budapest 2005: 4th European Congress on Acoustic 2005. С. 1051-1056.

10. Luzzi S., Alfinito L., Vasilyev A. Action planning and technical solutions for urban vibrations monitoring and reduction. В сборнике: 39th International Congress on Noise Control Engineering 2010, INTER-NOISE 2010. С. 2508-2515.

11. Vassiliev A.V. Recent approaches to environmental noise monitoring and estimation of its influence to the health of inhabitants. В сборнике: 14th International Congress on Sound and Vibration 2007, ICSV 2007. С. 3242-3249.

12. Vasilyev A.V., Luzzi S. Recent approaches to road traffic noise monitoring. В сборнике: 8th European Conference on Noise Control 2009, EURONOISE 2009 – Proceedings of the Institute of Acoustics 2009.

Эффективность малых акустических экранов для защиты от шума железнодорожного транспорта

Васильев А.¹, Ли-Ко-Шин Ю.¹, Кудяев А.В.², Куклин Д.А.², Матвеев П.В.²

¹ Магистрант кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»

² Доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»

^{1, 2} БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1

Аннотация

Проведена экспериментальная оценка эффективности акустического экрана малой высоты. Представлена методика проведения эксперимента. Выполнено сравнение полученных результатов с построенной ранее расчетной математической моделью экрана.

Ключевые слова: акустический экран малой высоты, экспериментальная оценка, математическая модель, методика измерения.

The effectiveness of small noise barriers for protection of railway noise

Vasilev A.¹, Li-Ko-Shin Y.¹, Kudaev A.V.², Kuklin D.A.², Matveev P.V.²

¹Undergraduate student of the Department "Ecology and life safety"

²Associate Professor of the Department "Ecology and life safety"

BSTU «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Russia, Saint-Petersburg, 1 Krasnoarmeyskaya, 1

Abstract

Experimental evaluation of the efficiency of the noise barrier of small height. Present experimental method. The comparison of obtained results with previously the estimated theoretical model of the small noise barrier.

Keywords: *Small noise barriers, experimental evaluation, theoretical model, methods of measurement.*

Введение

На тему акустических экранов написано бесконечное число работ, проведены эксперименты, разработаны новые материалы. Кажется, что все уже изучено, но что-то подвигает исследователей продолжать работать в этом направлении. У экранов классической конструкции имеется ряд существенных недостатков, например, в кривых из-за экрана пропадает видимость и приходится либо отодвигать экран, что уменьшает его эффективность, либо отказываться от него целиком. Вопрос безопасности является очень важным при конструировании экрана, и частично ограничивает его применение. Факторы цены, слабых грунтов, установки экранов на насыпях и т.д. также учитываются при проектировании. Разумеется, встаёт вопрос о совмещении всех требований. Но возможно ли это? Конечно да! Анализируя характеристики шума железнодорожного транспорта [1] можно отметить, что основной источник шума (согласно П. Ремингтону и Д. Томпсону) – это шум качения. То есть контакт колесо-рельс. Модель Ремингтона-Томпсона предполагает излучение шума в паре колесо-рельс в следующей зависимости: колесо – 30%, рельс – 70%. Конечно, применимо и излучение шпалами, но согласно модели [1] шпала излучает уровень звука на 10 дБ меньше, чем колесо или рельс. Отсюда сформулирован вывод, что защититься можно не целиком от шума всего вагона, а только от наиболее излучающей его части, то есть системы колесо-рельс. Соответственно можно установить невысокий экран, защищающий только область излучения шума качения,

максимально приблизив его к путям, заперев шум в подвагонном пространстве, и, таким образом, создав некий капот с длинной щелью вдоль состава. Конечно, на этом пути тоже есть ограничения – габарит приближения строений, определяющий возможность установки экрана максимально близко к источнику шума, что особенно заметно за границами станции, где размещение экрана возможно только на расстояниях более 2450 мм от оси пути, что существенно снижает эффективность данного шумозащитного экрана. Установка малого экрана, в пределах границ станции производит максимальный эффект, поскольку при разрешённой высоте экрана 1100 мм от уровня головки рельса расстояние от оси пути составляет 1920 мм. Таким образом перекрывает подвагонное пространство, тележку колёса. Однако на идеальные физические принципы накладываются ещё ограничения – это провоз негабаритных грузов и уборка снега, а так же падение экрана на пути в случае поломки.

1. Объект исследования

Основываясь на этих положениях, был спроектирован и установлен на прямом участке Октябрьской железной дороги, малый акустический экран длиной 800 м, высотой 850 мм над уровнем головки рельса и на расстоянии 2710 мм от оси пути. Внешний вид экрана представлен на рисунке 1.



Рис. 1. – Внешний вид экрана

Экран имеет звукопоглощающую поверхность, обращённую к источнику шума. В экране сделаны проёмы для проходов, которые защищены контрэкранами высотой 1400 мм от уровня головки рельса.

Расчёт эффективности экрана проводился по модели и зависимостям, описанным в [2].

Базовой формулой для расчёта эффективности была следующая зависимость:

$$\Delta L_{\text{МАЭ}} = 10 \lg \frac{(h_3 \alpha_3 + h_3 \alpha_{\text{и}} + r \alpha_{\text{и}} + r)}{\lambda} + 10 \lg \psi_{\text{об}} - 10 \lg (1 - \alpha_{\text{об}}) - 10 \lg (1 - \alpha_{\text{пов}}) + 10 \lg \frac{1}{\beta_{\text{дифр}}} - 6, \text{ дБ} \quad (1)$$

По данной формуле эффективность экрана должна была быть отражением графика (рисунок 2).

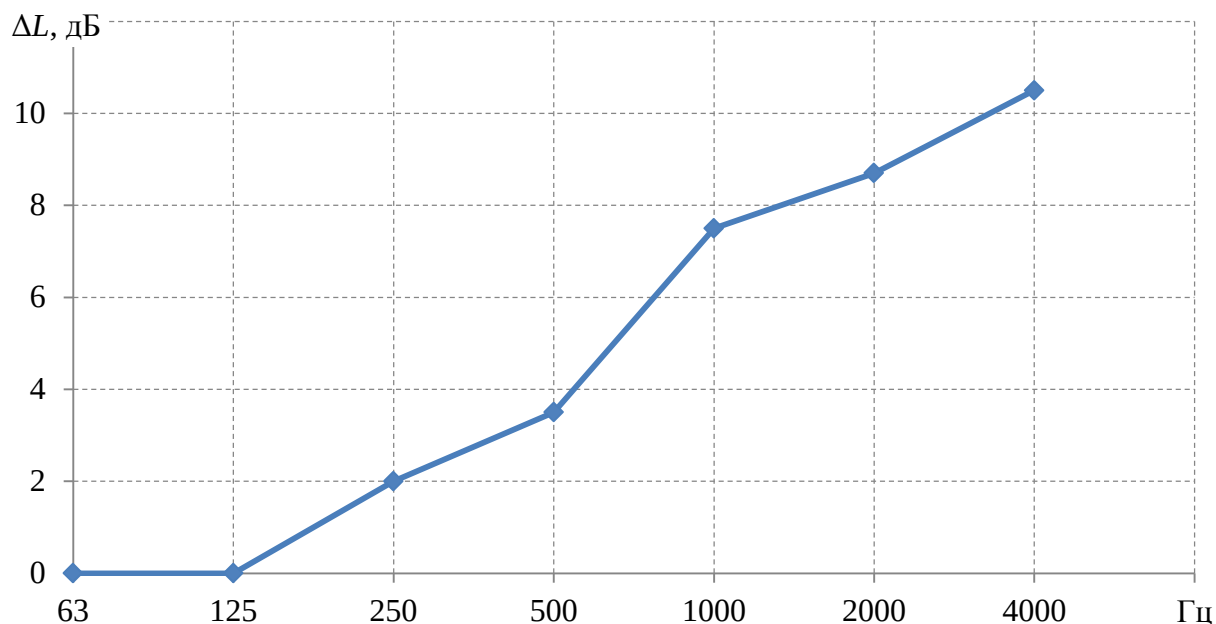


Рис. 2 – Расчетная эффективность малого акустического экрана в зависимости от частоты

2. Измерение эффективности малых экранов

Поскольку для определения эффективности малых экранов нет утвержденной методики измерений, была разработана индивидуальная программа-методика определения эффективности малого экрана.

1. Экспериментальная оценка приведенной акустической эффективности экрана, установленного на местности, проводится в соответствии с ГОСТ 33328-2015 с использованием непрямого метода при соблюдении следующих условий:

- измерения проводят с использованием реального источника шума – проходящих поездов;

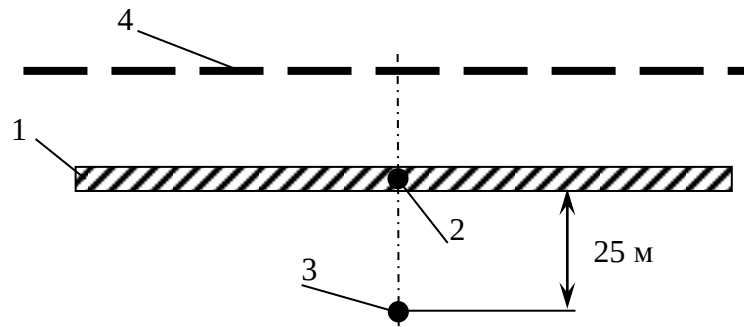
- измерения проводят одновременно в контрольной (для определения акустической эффективности экрана) и опорной (для обеспечения подобия характеристик источника шума) точках при наличии акустического экрана и без акустического экрана;

- при проведении серий испытаний с акустическим экраном и без акустического экрана характеристики источника шума, влияющие на акустическую эффективность экрана (частотный спектр, направленность излучения, пространственные координаты, скорость движения, число и тип источников шума (при наличии нескольких путей)) должны быть идентичны (допускается изменение уровней звука в опорной точке при проведении серий испытаний с акустическим экраном и без него в пределах $\pm 1,5$ дБА).

2. Контрольную точку размещают в середине длины акустического экрана со стороны объекта защиты на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м на расстоянии 25 м от акустического экрана.

3. Положение опорной точки выбирают на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м от верхнего ребра акустического экрана; при отсутствии акустического экрана опорную точку располагают на высоте, равной $(h_{\text{экp}} + 1,5)$ м, где $h_{\text{экp}}$ – высота акустического экрана.

4. Контрольная и опорная точки должны быть расположены в одной плоскости, перпендикулярной к плоскости акустического экрана согласно рисунку 3.



1 – акустический экран; 2 – опорная точка; 3 – контрольная точка в середине акустического экрана; 4 – железнодорожный путь

Рис. 3 – Расположение точек измерения

5. Измерения уровней шума с акустическим экраном и без акустического экрана начинают в момент, когда мимо контрольной точки проходит локомотив поезда или головной вагон электропоезда, а заканчивают, когда мимо контрольной точки проходит последний вагон.

6. Минимальное число измерений определяется числом поездов, проходящих мимо контрольной точки:

- на однопутном участке минимальное число поездов каждой категории, при прохождении которых должны быть проведены измерения, равно трем;

- на двухпутном участке минимальное число поездов каждой категории, при прохождении которых должны быть проведены измерения, равно шести, при этом по каждому из путей предусматривается прохождение одинакового числа поездов в обоих направлениях.

7. Влияние фонового шума на результаты измерений учитывается в соответствии с п. 8.

8. По результатам измерений при испытаниях с акустическим экраном и без акустического экрана рассчитывают средние октавные уровни звукового давления $\bar{L}$, дБ, или уровни звука $\bar{L}_A$, дБА, в контрольной и опорной точках по формулам:

$$\bar{L} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + k_i)} \right), \quad (2)$$

$$\bar{L}_A = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{Ai} + k_i)} \right), \quad (3)$$

где n – число измерений, шт.;

L_i (L_{Ai}) – измеренные октавные уровни звукового давления, дБ, или уровни звука, дБА;

k_i – коррекция на фоновый шум, определяется в дБ (дБА) [4]/

9. При использовании непрямого метода измерений приведенную акустическую эффективность экрана ΔL_p , дБ (дБА), рассчитывают по формуле

$$\Delta L = (\bar{L}_O^{C/\partial} - (\bar{L}_K^{C/\partial} - C^{C/\partial})) - (\bar{L}_O^{B/\partial} - (\bar{L}_K^{B/\partial} - C^{B/\partial})), \quad (4)$$

где $C^{C/\partial}$ ($C^{B/\partial}$) – коррекция, учитывающая расположение контрольной точки, дБ (дБА), с акустическим экраном и без акустического экрана соответственно:

$C^{C/\partial}$ ($C^{B/\partial}$) = 0 дБ (дБА) для условий свободного звукового поля;

$C^{C/\partial}$ ($C^{B/\partial}$) = 3 дБ (дБА), если контрольная точка расположена вблизи объекта защиты, микрофон располагается на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций объекта защиты.

10. Результаты расчетов акустической эффективности экрана по формуле (3) округляют до ближайшего целого числа и сравнивают с заявленным в технической документации на акустический экран значением приведенной акустической эффективности ΔL_d .

Если оказывается $\Delta L < \Delta L_d$, определяют и устраняют причины недостаточной акустической эффективности экрана и испытания повторяют.

Результаты экспериментальной оценки эффективности экрана для грузовых поездов представлены на рисунке 4.

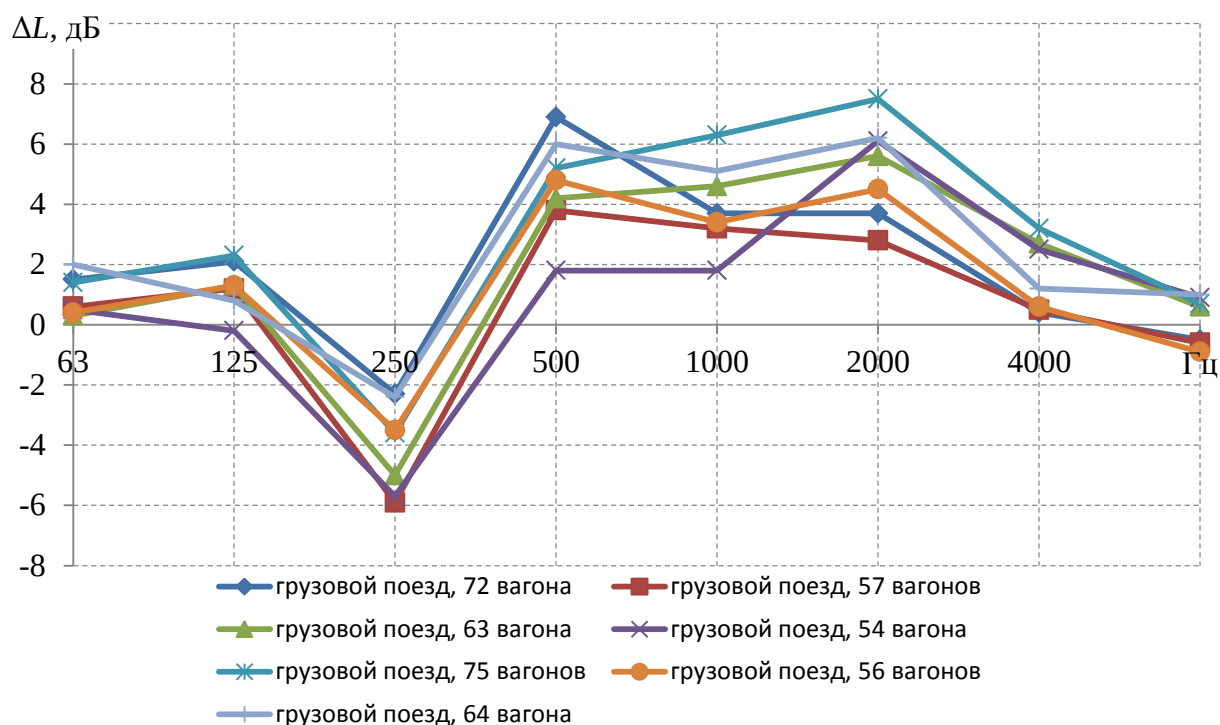


Рис. 4 – Результаты экспериментальной оценки эффективности экрана

Заключение

Предварительная оценка полученных результатов показывает, что в построенной расчетной модели были не учтены резонансные явления, возникающие при движении подвижного состава между конструкцией экрана и элементами подвижного состава, а также подвагонным пространством. Предварительно эффективность акустического экрана составляет 0,5-6,8 дБ в диапазоне 31,5-8000 Гц. Требуется дальнейшее уточнение полученных результатов.

Список литературы

1. Буторина М.В., Иванов Н.И., Куклин Д.А., Матвеев П.В. Снижение шума железнодорожного транспорта // Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал. – М.: Изд-во «Новые технологии», 2012. – №12. с. 1-23.
2. Куклин Д.А., Матвеев П.В. Расчёт эффективности малых экранов для железных дорог // Интеллектуальные системы в производстве 2(26) 2015 С.18-20 ISSN 1813-7911
3. Иванов Н.И. – Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник, 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 2015. – 432 с.
4. ГОСТ 20444-2014. Межгосударственный стандарт. ШУМ. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. 2015. – 24с.