

УДК 534.6

К ВОПРОСУ О СНИЖЕНИИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2020 А.В. Васильев

Институт экологии Волжского бассейна РАН –
филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, г. Тольятти

Статья поступила в редакцию 09.10.2020

Рассматриваются вопросы снижения негативного воздействия инфразвука в условиях урбанизированных территорий на примере Самарской области. Предложена общая классификация методов защиты от воздействия инфразвука. На основании анализа источников и результатов измерений уровней инфразвука в условиях урбанизированных территорий Самарской области были разработаны предложения по снижению воздействия инфразвука в наиболее неблагоприятных зонах Самарской области.

Ключевые слова: инфразвук, негативное воздействие, урбанизированная территория, снижение
DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-69-73

Работа выполнена в рамках губернского гранта Самарской области по науке и технике.

1. ВВЕДЕНИЕ

Воздействие инфразвука на человека как в условиях жилой застройки, так и на производстве становится всё более интенсивным [1-3, 6-8].

Одним из наиболее интенсивных источников инфразвукового излучения в условиях городской территории являются транспортные потоки, оказывающие интенсивное акустическое воздействие на прилегающую территорию. Другие интенсивные источники инфразвука – промышленные предприятия.

В условиях территории Самарской области основным источником инфразвука является автомобильный транспорт, прежде всего легковые автомобили. В г. Самаре имеются также рельсовый городской транспорт (трамвай) и метрополитен.

В зависимости от расположения промышленных предприятий по отношению к селитебной территории могут достигать существенного значения уровни негативного воздействия инфразвука от промышленных предприятий Самарской области.

Анализ результатов измерений позволил выявить наиболее значительные превышения нормативных значений по уровню звукового давления инфразвука в октавных полосах частот в ряде зон урбанизированных территорий Самарской области. Поэтому снижение негативного воздействия инфразвукового излучения является актуальной задачей.

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, директор Института экологии Волжского бассейна РАН – филиала Самарского федерального исследовательского центра РАН. E-mail: avassil62@mail.ru

Настоящая статья посвящена снижению негативного воздействия инфразвукового излучения в условиях урбанизированных территорий Самарской области.

2. ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАЗВУКА

Методы защиты от воздействия инфразвука предлагается разделить на следующие основные группы:

1. Организационные мероприятия.
2. Защита временем.
3. Мероприятия режимного характера.
4. Инженерно-технические мероприятия по защите населения от инфразвука.
5. Мероприятия по мониторингу уровней инфразвука.
6. Повышение индивидуальных защитных свойств организма человека.

К **организационным мероприятиям** по защите от воздействия инфразвука относятся: выбор режимов работы излучающего инфразвук оборудования обеспечивающего уровень излучения, не превышающий предельно допустимый, ограничение места и времени нахождения в зоне воздействия инфразвука (защита временем), обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем инфразвука.

Защита временем применяется, когда нет возможности снизить интенсивность инфразвукового излучения в данной точке до предельно допустимого уровня. Необходимо снизить время пребывания населения и персонала в зоне интенсивного воздействия инфразвука.

Мероприятия режимного характера связаны с ограничением доступа и времени пребывания населения в зонах с повышенными уровнями инфразвуковых излучений. Необходимо ограждать зоны излучения либо устанавливаются предупреждающие знаки с надписями: «Не входить, опасно!».

Инженерно-технические защитные мероприятия подразумевают использование различных технических решений для снижения интенсивности инфразвукового излучения. Например, это повышение тихоходности машин и оборудования, перевод инфразвукового излучения в диапазон средне- и высоких частот звука. Эффективным является использование устройств активной компенсации звука, принцип действия которых заключается в формировании звукового сигнала той же амплитуды и частоты, что и нежелательный звук, но противоположного по фазе [1, 2, 7, 8, 11].

Мероприятия по мониторингу уровней инфразвука предполагают моделирование и расчет источников и процесса излучения инфразвука, а также составление карт инфразвука. Важным является то, что эти мероприятия позволяют не только оценить уровни инфразвука и сопоставить их с нормативными требованиями, но и прогнозировать изменение уровней воздействия инфразвука для жилой территории и производственной среды, а также разрабатывать эффективные мероприятия по снижению воздействия инфразвука [2, 3, 5, 6, 8-10]. Например, это построение карт инфразвука. Важной является и картографическая обработка постоянно обновляющейся статистической информации.

Индивидуальные защитные свойства организма человека также играют немаловажную роль в снижении воздействия инфразвука на развитие заболеваний для конкретного организма. Существенными при этом являются длительность воздействия, возраст и образ жизни людей. Поэтому безопасный уровень воздействия инфразвука у разных людей различен.

3. ОСОБЕННОСТИ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАЗВУКА НА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

На основании анализа источников и результатов измерений уровней инфразвука в условиях урбанизированных территорий Самарской области были разработаны предложения по снижению воздействия инфразвука в наиболее акустически неблагоприятных зонах Самарской области.

Традиционным методом снижения шума является использование шумозащитных экранов. Однако в области инфразвука и низкоча-

стотного шума традиционные типы звукопоглощающих экранов неэффективны, так как использование звукопоглощающих материалов дает достаточно ощутимый эффект заглушения в средне- и высокочастотном диапазоне шума. Дополнительное использование активных компенсаторов в этой конструкции дает возможность значительно снизить низкочастотный шум и инфразвук. Автором разработана конструкция гибридного акустического экрана, содержащего, наряду со звукопоглощающим материалом, активные излучатели звука, расположенные на определенных расстояниях друг от друга и рассчитанные на снижение низкочастотного шума, обусловленного эффектом дифракции акустического экрана. Снижение шума в данной конструкции достигается не только за счет экранирующего эффекта, но и применения как минимум двух независимых контроллеров с использованием многоканального адаптивного сигнала для минимизации суммы среднеквадратичных значений уровней звукового давления в точках, расположенных вдоль дифракционной кромки акустического экрана. Типовая конструкция гибридного акустического экрана показана на рис. 1.

Гибридные акустические экраны, сочетающие заглушающие свойства акустических панелей со звукопоглощающим материалом и активных глушителей шума, излучающих звук в противофазе заглушаемому шуму, целесообразно, в том числе, использовать там, где необходимо достичь заглушения шума по всему частотному диапазону (в больничных корпусах, школьных классах и пр.).

Для принятия окончательного решения о целесообразности установки различных типов акустических экранов для тех или иных помещений необходимо проведение дополнительных акустических измерений внутри помещений. Необходимо также улучшить звукоизолирующие качества окон жилых домов.

Снижение инфразвуковых излучений может быть достигнуто путем использования резонирующих панелей типа конструкций Бекеша (рис. 2). Они представляют собой прямоугольные рамы, на которые крепится тонкостенная мембрана. Последняя может быть выполнена из металла, дерева либо воздухонепроницаемой пленки (например, холста, покрытого лаком или подобным ему материалом). При монтаже указанной конструкции в помещениях с источниками инфразвука энергия последних поглощается, так как туго натянутый холст играет роль мембраны с большим затуханием. Конструкция может быть настроена на определенную частоту в спектре инфразвука. Собственная частота резонатора Бекеша (Гц):

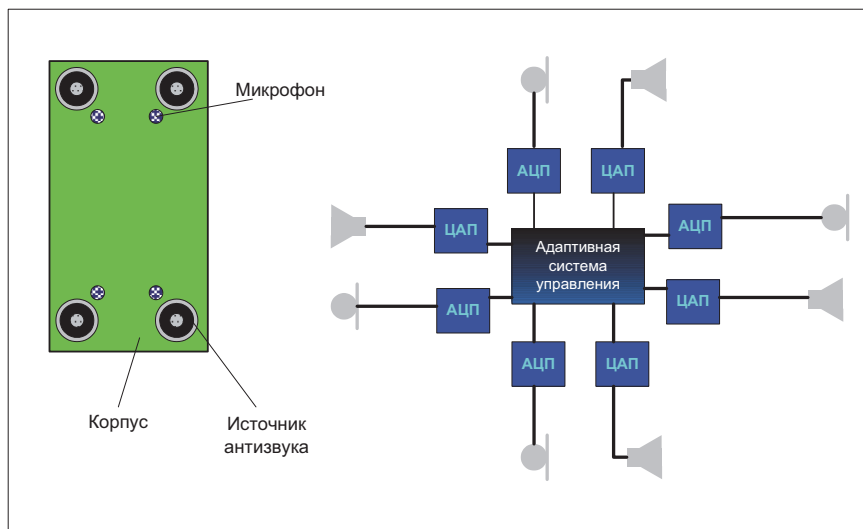


Рисунок 1 – Конструкция гибридного акустического экрана

$$f_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{c^2 p}{m \cdot h}}, \quad (1)$$

где c – скорость распространения звука; p – плотность воздуха; m – масса, приходящаяся на единицу поверхности мембраны; h – толщина воздушного промежутка за мембраной.

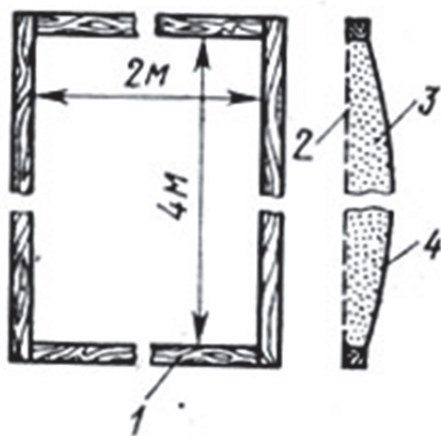


Рисунок 2 – Резонирующие панели Бекеши:
1 – рама-каркас; 2 – металлическая сетка;
3 – звукопоглотитель; 4 – апретированный холст

Перспективным является использование шумозащитного зонирования. Наиболее шумные транспортные магистрали города следует рассматривать как «транспортные коридоры», основная задача которых – транспортировка людей и грузов. Они отрицательно влияют на окружающую среду и должны быть визуально изолированы от окружающей застройки. Соблюдение принципа зонирования, обеспечивающего отделение шумных источников от селитебных территорий, позволяет значительно снизить воздействие шума и инфразвука.

Необходимым мероприятием является мониторинг инфразвукового излучения территории Самарской области и составление карт инфразвука. Под руководством автора проведены измерения уровней инфразвука на территории наиболее крупных городских округов Самарской области: Самара, Тольятти, Сызрань, Жигулёвск. В ряде точек измерений установлено превышение санитарно-гигиенических норм.

С использованием программного обеспечения «Physic-City-Test» составлены карты инфразвука для ряда городских округов Самарской области. На рис. 3 приведена карта инфразвукового излучения для селитебной территории Автозаводского района г.о. Тольятти. Точки с уровнями инфразвука, соответствующими нормативным требованиям, обозначены зеленым цветом, превышающими гигиенические нормы – красным цветом.

Наряду с рекомендованными выше предложениями, для эффективного снижения низкочастотного шума и инфразвука в урбанизированных территориях Самарской области следует рекомендовать:

- вынос шумных предприятий за черту жилой застройки;
- строительство специальных шумозащитных жилых зданий;
- использование административно-организационных мероприятий по снижению уровней шума за счет снижения интенсивности и шумности транспортных потоков.

Весьма эффективным мероприятием по снижению транспортного шума и инфразвука является развитие альтернативного транспорта, а также более интенсивное использование общественного транспорта.

Как альтернатива автомобильному транспорту, может быть предложено развитие ис-



Рисунок 3 – Карта инфразвукового излучения для селитебной территории Автозаводского района г.о. Тольятти

Условные обозначения:

- зеленый цвет – уровень звукового давления инфразвука в отавных диапазонах: до 90 дБ – на частоте 2 Гц, до 85 дБ – на частоте 4 Гц, до 80 дБ – на частоте 8 Гц, до 75 дБ – на частоте 16 Гц;
- жёлтый цвет – уровень звукового давления инфразвука в отавных диапазонах: от 90 дБ до 95 дБ – на частоте 2 Гц; от 85 до 90 дБ – на частоте 4 Гц; от 80 дБ до 85 дБ – на частоте 8 Гц, от 75 до 80 дБ – на частоте 16 Гц;
- красный цвет – уровень звукового давления инфразвука в отавных диапазонах: свыше 95 дБ – на частоте 2 Гц; свыше 90 дБ – на частоте 4 Гц; свыше 85 дБ – на частоте 8 Гц, свыше 80 дБ – на частоте 16 Гц.

пользования велосипедного транспорта. Велосипедный транспорт весьма распространен в развитых странах Европы: Нидерландах, ФРГ, Бельгии, Франции и др., а также в США, Японии. Причем за последние годы его использование не снижается, а, наоборот, возрастает. Настало время интенсивного развития велосипедного транспорта на всей территории Самарской области. При этом необходимо развивать инфраструктуру для использования велосипедного транспорта, в том числе предусмотреть специальные велосипедные дорожки, места для хранения велосипедов и др.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена общая классификация методов защиты от воздействия инфразвука. Их предлагается разделить на следующие основные группы: организационные мероприятия; защита временем; мероприятия режимного характера; инженерно-технические мероприятия; мероприятия по мониторингу уровней инфразвука; повышение индивидуальных защитных свойств организма человека.

На основании анализа источников и результатов измерений уровней инфразвука в условиях урбанизированных территорий Самарской области были разработаны предложения по снижению воздействия инфразвука в наиболее акустически неблагоприятных зонах Самарской области.

Мероприятия по ограничению распространения инфразвука в жилую застройку и снижения уровней его излучения требуют для своей реализации дополнительных затрат. Поэтому при выборе тех или иных мероприятий по снижению воздействия инфразвука необходимо сопоставление затрат на их осуществление с эффектом, получаемым за счет уменьшения ущерба народному хозяйству от повышенных уровней шума и инфразвука в жилой застройке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.В. Снижение низкочастотного шума поршневых машин как существенный критерий экологической безопасности // Вестник МАНЭБ. 1998. № 3. С. 67.
2. Васильев А.В. Экологический мониторинг физических загрязнений на территории Самарской области. Снижение воздействия источников загрязнений: монография. Самара, 2009.

3. *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.
4. *Васильев А.В.* Шумовая безопасность урбанизированных территорий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1. С. 299-305.
5. *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.
6. *Гагарин С.А., Рожихин Н.С.* Особенности излучения инфразвука и низкочастотных колебаний от трансформаторных подстанций города Ижевска. Вестник Удмуртского университета, серия «Биология. Науки о земле». 2017, т. 27, вып. 4. С. 437-444.
7. *Зинкин В.М., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Драган С.П.* Актуальные проблемы защиты населения от низкочастотного шума и инфразвука. Технологии гражданской безопасности. 2015. Т. 12, №1 (43). С. 90-96.
8. *Иванов Н.И., Никифоров А.С.* Основы виброакустики: Учебник для вузов – СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.: ил.
9. *Luzzi S., Vasilyev A.V.* Noise mapping and action planning in the Italian and Russian experience. 8th European Conference on Noise Control 2009, EURONOISE 2009 – Proceedings of the Institute of Acoustics 2009.
10. *Vasilyev A.V.* New methods and approaches to acoustic monitoring and noise mapping of urban territories and experience of its approbation in conditions of Samara region of Russia. Procedia Engineering. 2017. Volume 176. pp. 669-674 Elsevier edition.
11. *Vasilyev A.V., Sannikov V.A., Tyurina N.V.* Experience of estimation and reduction of noise and vibration of industrial enterprises of Russia. Journal "Akustika", Czech Republic, Volume 32, March 2019, pp. 247-250.

TO THE QUESTION OF REDUCTION OF NEGATIVE IMPACT OF INFRASOUND RADIATION IN CONDITIONS OF URBAN TERRITORIES ON THE EXAMPLE OF SAMARA REGION

© 2020 A.V. Vasilyev

Institute of Ecology of Volga Basin of Russian Academy of Science –
Branch of Samara Federal Research Center of Russian Academy of Science, Togliatti, Russia

The questions of reduction of negative impact of infrasound in conditions of urban territories on the example of Samara region are considered. General classification of methods of protection from infrasound impact is suggested. On the basis of analysis of sources and of results of measurements of infrasound levels in conditions of urban territories of Samara region suggestions for reduction of infrasound impact in the most dangerous zones of Samara region were developed.

Key words: infrasound, negative impact, urban territory, reduction.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-69-73