

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ШУМОВОЙ  
ЗАГРЯЗНЕННОСТИ В БОЛЬШИХ ГОРОДАХ**  
PHYSICAL PRINCIPLES FOR DETERMINING NOISE POLLUTION IN CITIES

**Саврасова Е.Е.**, студент 4 курса  
ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный технический  
университет», г. Воронеж, Россия.

**Savrasova Ye.Ye.**, 4nd year undergraduate  
student  
FSBEI HE «Voronezh State Technical  
University», Voronezh, Russia.

**Саврасова Н.А.**, кандидат физико-  
математических наук, доцент, доцент  
ФГКВБОУ ВО Военный учебно-научный  
центр Военно-воздушных сил «Военно-  
воздушная академия имени профессора  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,  
Воронеж, Россия.

**Savrasova N.A.**, PhD in Physics and  
Mathematics, Docent, Associate professor  
FSOMEI HE Military Educational and  
Scientific Centre of the Air Force  
«N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force  
Academy», Voronezh, Russia.

**Агапов А.Д.**, курсант 5 курса  
ФГКВБОУ ВО Военный учебно-научный  
центр Военно-воздушных сил «Военно-  
воздушная академия имени профессора  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,  
Воронеж, Россия.

**Agapov A.D.**, 5th year undergraduate cadet  
FSOMEI HE Military Educational and  
Scientific Centre of the Air Force  
«N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force  
Academy», Voronezh, Russia.

**Аннотация.** В статье исследуется актуальная проблема увеличения уровня акустической загрязненности окружающей среды крупных городов, вызванного деятельностью человека. С этой целью на основе молекулярно-кинетических представлений произведена оценка чувствительности слуха человека, проанализирован уровень громкости шума, производимого бытовой техникой и автомобильным транспортом на отдельных улицах города. Предлагается комплекс мероприятий, предназначенных для уменьшения негативного влияния шумовой загрязненности на жизнедеятельность человека.

**Ключевые слова:** шумовое загрязнение, звуковая волна, уровень громкости, антропогенный фактор.

**Abstract.** The article examines the actual problem of increasing the level of acoustic pollution of the environment of large cities caused by human activity. For this purpose, on the basis of molecular kinetic representations, the sensitivity of human hearing was assessed, the volume level of noise produced by household appliances and motor transport on individual streets of the city was analyzed. A set of measures designed to reduce the negative impact of noise pollution on human life is proposed.

**Keywords:** noise pollution, sound wave, volume level, anthropogenic factor.

Под шумовым загрязнением окружающей среды понимают звуковые волны различной этиологии и спектрального состава, вызванные жизнедеятельностью человека [1,2].

Одновременно с улучшением качества жизни каждый из нас постоянно увеличивает шумовую нагрузку на свой организм. Особенно явно это прослеживается в крупных городах. Шумовая загрязненность окружающей среды в городах является одним из негативных факторов, которые нарушают нормальное существование человека и всех живых организмов, а при длительном воздействии приводит к значительному ухудшению здоровья и другим психологическим и физическим проблемам [3].

Ежедневно используя бытовые приборы, городской житель вносит вклад в акустическое загрязнение окружающего пространства. На рисунке 1 приведен график, иллюстрирующий среднюю громкость производимого различными бытовыми приборами шума.

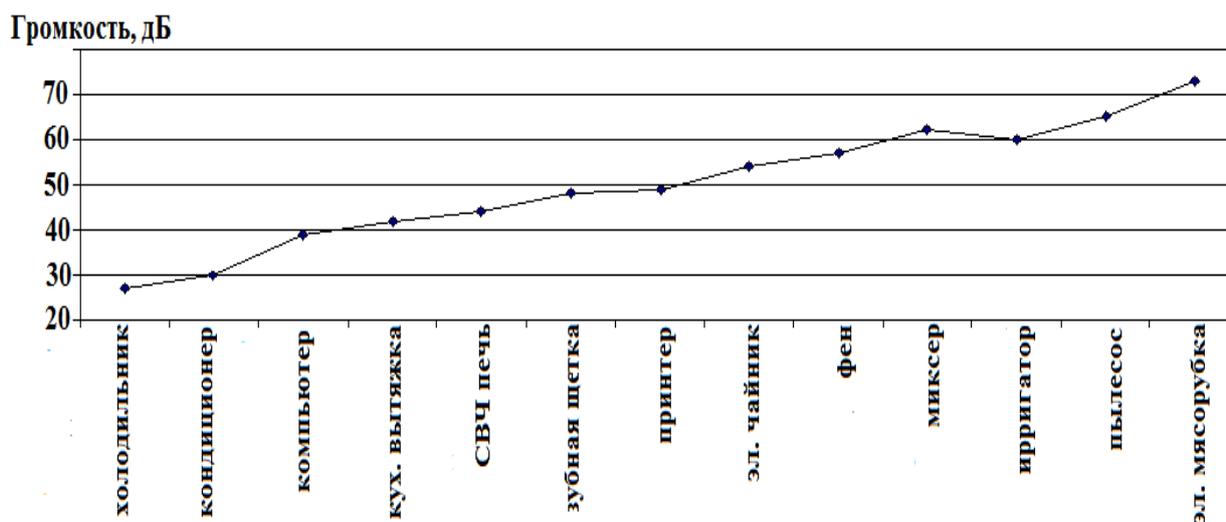


Рисунок 1 – Громкость шума, производимого различными бытовыми приборами

Измерения проведены с помощью приложения «Шумомер», показания которого были откалиброваны в соответствии с имеющимися данными [4] в непосредственной близости от прибора, что соответствует нахождению приемника звука при работе с данным прибором. Результаты показывают, что ежедневно каждый из нас подвергает себя и своих близких воздействию громкого шума.

Данный факт становится более актуальным, если учесть остроту слуха человека, оценка которой проведена на основе молекулярно-кинетических представлений. Для этого осуществлено сравнение средней кинетической энергии барабанной перепонки, обусловленной соударениями с молекулами воздуха, с ее тепловой энергией [5]. Чтобы произвести оценку, примем массу барабанной перепонки равной  $m = 0,01$  г, температуру окружающей среды  $T = 20^{\circ}\text{C}$ .

Согласно теории колебаний, максимальная кинетическая энергия колебательного движения определяется формулой:

$$W_K = \frac{m\omega x_m^2}{2}, \quad (1)$$

где  $\omega$  – циклическая частота колебаний,  $x_m$  – амплитуда колебаний.

Средняя кинетическая энергия колебательного движения будет определяться выражением:

$$\langle W_K \rangle = \frac{m\omega x_m^2}{4}. \quad (2)$$

Учитывая, что средняя кинетическая энергия  $\langle W_K \rangle = \frac{m\langle v \rangle^2}{2}$ , из (2) получаем выражение для квадрата средней арифметической скорости:

$$\langle v \rangle^2 = \frac{\omega^2 x_m^2}{2}. \quad (3)$$

Из известной формулы, связывающей интенсивность волны с ее амплитудой и частотой  $I = \frac{1}{2} \rho \omega^2 x_m^2 v$  (где  $\rho$  – плотность среды, в которой распространяется волна (в случае воздуха  $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ),  $v$  – скорость звуковой волны в данной среде), выразим  $\omega^2 x_m^2$  и подставим в формулу (2):

$$\langle W_K \rangle = \frac{m}{4} \cdot \frac{2I}{\rho v} = \frac{mI}{2\rho v}. \quad (4)$$

Примем за интенсивность волны значение, соответствующее порогу слышимости  $I = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ .

Скорость звука определим по формуле:

$$v = \sqrt{\frac{i+2}{i} \cdot \frac{RT}{M}}, \quad (5)$$

где  $i$  – число степеней свободы (для воздуха  $i = 5$ );  $R = 8,31 \text{ Дж/(К·моль)}$  – универсальная газовая постоянная;  $T = 293 \text{ К}$  – комнатная температура;  $M = 0,029 \text{ кг/моль}$  – молярная масса воздуха.

Подстановка величин в формулу (5) дает значение скорости звука в воздухе при температуре  $20^\circ\text{C}$ :  $v = 343 \text{ м/с}$ . Тогда, используя выражение (4), можно оценить значение средней кинетической энергии барабанной перепонки:  $\langle W_K \rangle \approx 10^{-19} \text{ Дж}$ . Известно [5], что ее тепловая энергия составляет приблизительно  $10^{-20} \text{ Дж}$ , а интенсивность большинства звуков на несколько порядков превышает порог слышимости. Отсюда следует вывод, что мы наделены чрезвычайно чувствительным слуховым аппаратом. Тем более негативные последствия здоровью может наносить постоянное пребывание в зоне шумового загрязнения.

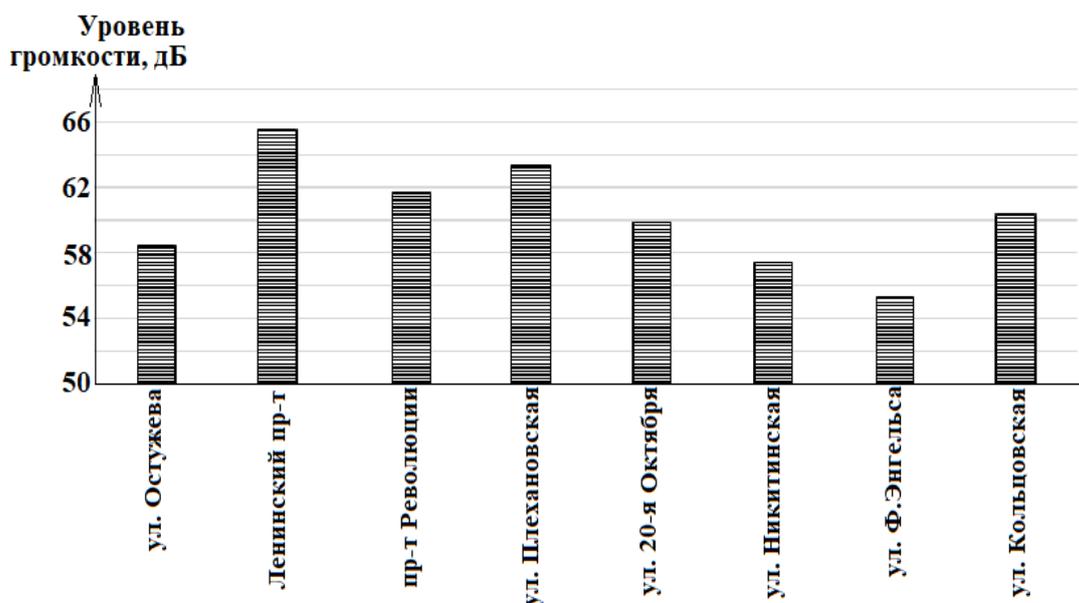


Рисунок 2 – результаты измерений уровня автотранспортного шума на отдельных улицах города Воронеж

С помощью приложения «Шумомер» были произведены измерения громкости шума, создаваемого автомобильным транспортом на ведущих городских магистралях. Измерения проводились в непосредственной близости от автомобильной дороги в течение рабочей недели (рис. 2). Результаты показывают, что городские жители подвергаются постоянному интенсивному воздействию акустического шума, создаваемого автотранспортом [6]. Особенно страдают жители домов, расположенных в непосредственной близости от оживленных магистралей при отсутствии каких-либо средств защиты (зеленые насаждения или защитные экраны). Современные темпы роста количества автомобилей, плотная застройка жилых домов, недостаточное количество озеленения города может привести к резкому усилению шумовой загрязненности.

Поэтому необходимо осуществлять комплекс мероприятий, направленных на снижение акустического воздействия на жизнедеятельность человека. Прежде всего это касается грамотного планирования новых жилых районов и модернизации сети уже существующих, которые будут включать сооружение звукопоглощающих экранов, высадку деревьев и ряд других мероприятий, целью которых является комфортное существование жителей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ремизов, А.Н. Медицинская и биологическая физика: Учебник для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – Москва: Дрофа, 2003. – 560 с.
2. Зарембо, Л.К. Акустика. Теория относительности. Биофизика / Л.К. Зарембо, Б.М. Болотовский, И.П. Стаханов. – Москва: Просвещение, 1990. – 175 с.
3. Нейросенсорная тугоухость шумовой этиологии у военнослужащих: диагностика, лечение и профилактика / П.М. Шешегов, В.Н. Зинкин, В.В. Дворянчиков, В.Г. Миронов // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2015. – № 2 (15). – С. 60-66.

4. Калашников, Н.П. Основы физики / Н.П. Калашников, М.А. Смондырев. – Москва: Дрофа, 2003. – 400 с.

5. Калашников, Н.П. Основы физики. Упражнения и задачи / Н.П. Калашников, М.А. Смондырев. – Москва: Дрофа, 2004. – 464 с.

6. Агапов, А.Д. Оценка возможности безопасного использования слуховой способности человека в технике военного дела / А.Д. Агапов, А.А. Долигодин, Г.А. Окладников // Фундаментально-прикладные проблемы безопасности, живучести, надежности, устойчивости и эффективности систем: материалы III Международной научно-практической конференции, Елец, 3-5 июня 2019 г. / Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина. – Елец, 2019. – С. 312-315.