

# Noise Theory and Practice

Научный журнал  
Том 4 №3

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

## Содержание

Сетевой Научный Журнал  
'Noise Theory and Practice'

выпускается с 2015 г.

Основателем Журнала является  
д.т.н., профессор, зав. кафедрой  
"Экология и безопасность  
жизнедеятельности"

Балтийского государственного  
технического университета  
"ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова  
основатель транспортной  
акустики в России -  
Иванов Николай Игоревич.

"Noise Theory and Practice"  
посвящен фундаментальным  
проблемам в области  
виброакустики и принимает  
работы по направлениям:  
- 29.00.00 Физика  
- 29.37.00 Акустика  
- 43.00.00 Общие и комплексные  
проблемы естественных и  
точных наук  
- 87.00.00 Охрана окружающей  
среды. Экология человека

Все статьи, поступающие в  
редакцию, проходят  
обязательное рецензирование.  
Журнал является открытым  
сетевым ресурсом и издается  
с периодичностью четыре раза  
в год.

Фактический адрес редакции  
Россия, г. Санкт-Петербург,  
ул. Промышленная, д.19, лит. Р,  
оф. 444

+7 (812) 500-08-26

www.noisetp.com

e-mail: noise.science@gmail.com

Ответственный секретарь

Рассошенко Ю.С.

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

Свидетельство

ЭЛ № ФС 77-71448

Felicia Doggett, Sooch San Souci

АНГЛ

Стресс животных из-за шума и вибрации  
стр. 5-9

Ксенофонтова В.К., Левина Е.А.,  
Левин С.В., Храмов А.В.

РУС

Влияние высокочастотного шума (4000 Гц) на  
показатели вариабельности сердечного ритма  
стр. 10-14

Комарова Е.Г., Пименов И.К.

РУС

Решение трехмерной обратной задачи по  
определению уровня шума на границе санитарно-  
защитной зоны промышленного предприятия  
стр. 15-21

Цукерников И.Е., Шубин И.Л.,  
Невенчанная Т.О.

РУС

Особенности нормирования и оценки вибрации от  
рельсового транспорта в помещениях жилых и  
общественных зданий  
стр. 22-29

Заплетников И.Н., Пильненко А.К.  
Квилинский О.Д., Савченко С.М.

РУС

Экологический мониторинг измелячительного  
оборудования предприятий питания  
стр. 30-35

## Влияние высокочастотного шума (4000Гц) на показатели вариабельности сердечного ритма

Ксенофонтова В.К.<sup>1</sup>, Левина Е.А.<sup>2</sup>, Левин С.В.<sup>3</sup>, Храмов А.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Магистрант кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»

<sup>2</sup>К.м.н., сурдолог отдела диагностики и реабилитации нарушений слуха

<sup>3</sup>К.м.н., старший научный сотрудник отдела диагностики и реабилитации нарушений слуха

<sup>4</sup>Д.м.н., профессор кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»

<sup>1,4</sup>БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, ул. 1-я Красноармейская, д. 1, г. Санкт-Петербург, РФ

<sup>2,3</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи,  
ул. Бронницкая, д. 9, г. Санкт-Петербург, РФ

### Аннотация

Из-за повышенного шума в городах заболевания органов слуха является распространенной проблемой в современном мире. Доказано, что люди по-разному реагируют на шумовое воздействие. Исследование показало, что 17% испытуемых наиболее восприимчивы к высокочастотным звукам. Сотрудники шумных предприятий, имеющих низкий порог воздействия шума на организм, наиболее подвержены заболеваниям нервной и сердечно-сосудистой системы, а также заболеваниям, связанным с тугоухостью. Но, как правило, существует обратная ситуация, некоторые люди имеют устойчивость к шумовому воздействию. В связи с этим, необходимо разработать методику профессионального отбора, дабы избежать социальных и экономических проблем.

**Ключевые слова:** шум, вариабельность сердечного ритма, сердечно-сосудистая система, сердечные сокращения, высокочастотный шум, тугоухость.

### *High-frequency noise impact (4000 Hz) on heart rate variability*

*Ksenofontova V.K.<sup>1</sup>, Levina E.A.<sup>2</sup>, Levin S.V.<sup>3</sup>, Khramov A.V.<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup>Undergraduate student of the Department 'Ecology and life safety'*

*<sup>2</sup>PhD in Medical Sciences, Audiologist of the Department for hearing impairment diagnosis and rehabilitation*

*<sup>3</sup>PhD in Medical Sciences, Senior researcher of the Department for hearing impairment diagnosis and rehabilitation*

*<sup>4</sup>Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department 'Ecology and life safety'*

*<sup>1,4</sup>BSTU «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, 1 Krasnoarmeyskaya, 1, Saint-Petersburg, Russia*

*<sup>2,3</sup>Saint St. Petersburg Research Institute of Ear, Nose, Throat and Speech, 9 Bronnitskaya Str., 9, St. Petersburg, Russia*

### **Abstract**

*Due to the increased noise in the cities, hearing diseases are a common problem in the modern world. It has been proved that people react differently to noise exposure. The study showed that 17% of the test subjects are most susceptible to high-frequency sounds. Employees of the noisy enterprises with a low threshold of noise exposure to the body are most prone to diseases of the nervous and cardiovascular system, as well as diseases associated with hearing loss. But, as a rule, there is a reverse situation, some people have resistance to noise exposure. In this regard, it is necessary to develop a method of professional selection in order to avoid social and economic problems.*

**Key words:** noise, heart rate variability, cardiovascular system, heart contractions, high-frequency noise, hearing loss.

### **Введение**

При постоянном воздействии шума на организм, у человека развивается шумовая болезнь. Особенно часто от этого заболевания страдают жители больших городов, где тишина – это редкий ресурс. Также в группу риска входят работники определенных сфер, связанных с повышенным шумом. Любой процесс, вызывающий колебания в разнообразных средах или изменения барометрических

показателей, является источником шума. Необходимо провести исследование реакции организма, а именно вегетативной нервной системы (далее – ВНС) и variability ритма сердца, на высокочастотный шум. Так как каждый человек имеет индивидуальную чувствительность к раздражающим факторам, реакция у разных людей может отличаться. В первую очередь, ухудшению здоровья при воздействии высокочастотного шума, подвергаются люди с повышенной восприимчивостью вегетативной нервной системы. Человек, обладающий устойчивостью организма к раздражающим факторам, не имеет ухудшений в работе вегетативной нервной системы, соответственно у такого работника не развиваются болезни слухового аппарата. Необходим анализ результатов исследования влияния высокочастотного шума на показатели variability сердечного ритма для выявления процента людей, имеющих индивидуальную чувствительность к раздражающим факторам.

## 1. Актуальность темы

Большое количество людей работает в условиях повышенного шума и, как следствие, имеет профессиональную тугоухость. Другие же работники, находясь в тех же условиях, более устойчивы, и тугоухость у них не развивается. Это говорит об индивидуальной чувствительности организма к звукам различной частоты и интенсивности. Важной и практической задачей на сегодняшний день является поиск новых, более эффективных критериев диагностики индивидуальной предрасположенности к этому заболеванию. При этом в научной литературе имеются только единичные исследования влияния шума на показатели variability сердечного ритма (далее – ВСР), отражающие состояние вегетативной регуляции организма человека [1]. Результаты проведенных исследований показывают, что прослушивание шума вызывает существенные перестройки в функционировании кардиореспираторной системы, снижение variability сердечного ритма, уменьшение энтропии, изменение формы облака на графике Пуанкаре (рис.1). По каждой кардио-интервалограмме строится скаттерограмма или график Пуанкаре (Poincare plot analysis). Построение скаттерограммы заключается в графическом отображении последовательных пар R-R-интервалов (расстояние между соседними сердечными сокращениями) в двумерной координатной плоскости. При этом по оси абсцисс откладывается величина  $R-R_n$ , а по оси ординат – величина  $R_n - R_{n+1}$ , то есть используется временной ряд, сдвинутый относительно исходного на один R-R-интервал. Полученная таким образом область точек является проекцией на плоскость фазовой траектории динамического ряда R-R-интервалов. Это свидетельствует о выраженном напряжении регуляторных механизмов в период прослушивания шума.

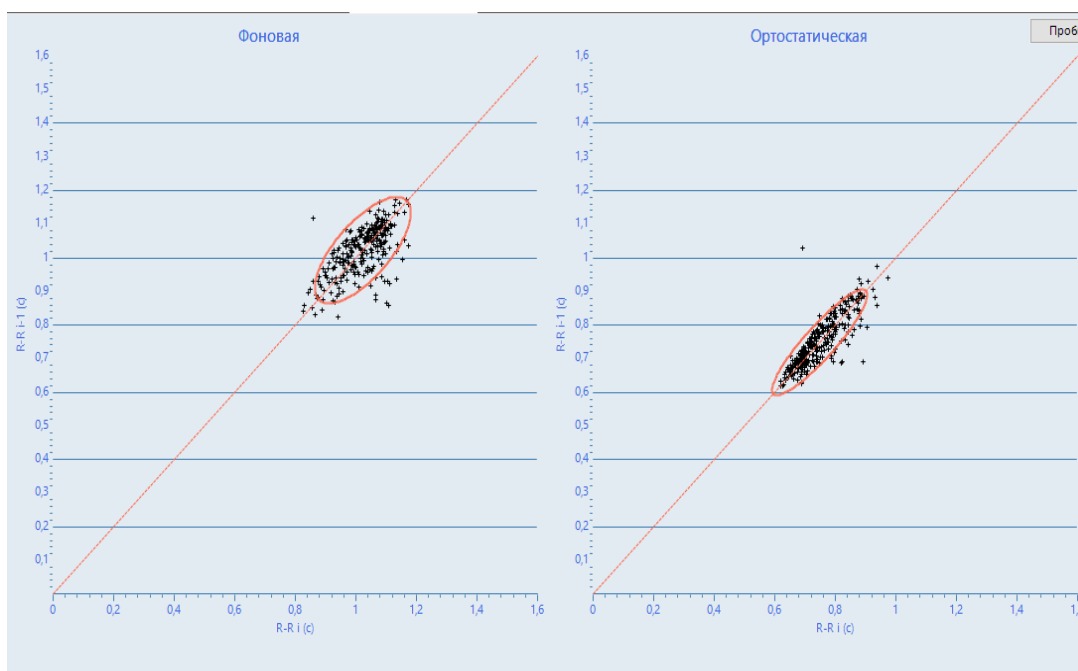


Рисунок 1. Скаттерограмма (график Пуанкаре) – изменение напряжения регуляторных механизмов в период прослушивания шума

Вариабельность сердечного ритма – интервал между соседними сердечными сокращениями, зависит от вегетативной нервной системы, которая регулируется двумя нервными отделами: симпатическим и парасимпатическим [2]. Данный тест очень подходит для проведения скрининговых исследований. Особое внимание следует уделить высокочастотному шуму. Высокие уровни шума (100 – 110 дБ) высокочастотного характера (2000 – 4000 Гц) возникают при работе с режущим инструментом (например, металлорежущие станки). Также зубчатые и ременные передачи, электродвигатели и подшипники в механизме являются источниками звука высокой частоты, особенно если деталь имеет износ или дефект.

## 2. Методика исследования

На базе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института уха, горла, носа и речи (НИИ ЛОР) были проведены исследования воздействия неприятного повышенного высокочастотного шума (скрежет металла по стеклу: 4000 Гц, 65 – 70 дБ) на вариабельность сердечного ритма. Исследования были проведены у 30 человек (14 мужчин, 16 женщин) в возрасте от 18 до 23 лет. В эту группу не включались лица с патологией органов слуха, сердечно-сосудистой и нервной систем. Методика исследования: испытуемый помещается в изолированную от раздражающих факторов комнату. Также в комнате находятся два наблюдателя. Далее, в течение 10-ти минут проводится мониторинг показателей дыхания и сердцебиения в горизонтальном положении до их стабилизации. После того, как данные показатели стабилизируются, проводится 5-ти минутная запись пробы *фоновой активности* (R – R интервалы). Фоновая (исходная) запись должна проводиться в условиях покоя в течение не менее 5 минут. Одновременно на аппаратном комплексе фиксируются физиологические показатели: пульс, частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма и дыхание. При воздействии шума на организм, эти показатели позволяют получить интегральную оценку воздействия на сердечно-сосудистую и вегетативную нервную системы. Далее плавный подъем в вертикальное положение (5 минут, запись показателей не прерывается), происходит активация ВНС (*ортостатическая проба* – метод исследования и диагностирования состояния сердечно-сосудистой и нервной систем, который позволяет выявить нарушения в регуляции работы сердца. Суть теста в переводе тела из горизонтального в вертикальное положение [3]). После – снова горизонтальное положение, стабилизация показателей в течение 10-ти минут. Последний этап – аналогичный 5-ти минутный мониторинг воздействия раздражающего шума на вегетативную систему при воздействии высокочастотного шума.

## 3. Результаты исследования

После анализа параметров фоновой активности и ортостатической пробы были замечены изменения реакции организма на шумовое воздействие (таблица 1). Оценивались такие параметры как: HR (мс) – средняя частота сердечных сокращений за 10-ти минутную запись, R-Rmin/max (мс) – интервалы между сердечными сокращениями (минимальное/максимальное значение), RRNN (мс) – среднее значение интервалов R-R, SDNN (мс) – стандартное отклонение R-R интервалов на зарегистрированной записи, pNN50 (%) – наиболее часто используемые параметры, определяемые на основе различий между интервалами.

Таблица 1

Отклонения значений фоновой активности при ортостатической пробе (первое значение) и при воздействии высокочастотным шумом (второе значение).

N	HR, мс	R-Rmin, мс	R-Rmax, мс	RRNN, мс	SDNN, мс	pNN50, %
Высокочастотный шум (4000 Гц)						
1.	31→11	31→8	0,1→13	24→10	59→16	6→55
2.	13→3	19→4	11→1	15→3	7→7	82→19
3.	19→0,4	26→11	11→3	16→0,3	54→14	368→12

4.	31→4	23→8	16→4	24 →4	7→15	37→20
5.	3→1	2→13	0,7→8	3→1	2→32	13→8

Выявлено, что у 5-х человек из 30 (17%) обнаруживалась повышенная чувствительность показателей ВСР к шуму (Таблица 1). Так как их показатели, после обработки результатов «до» и «после» воздействия, вариабельности сердечного ритма на высокочастотном диапазоне имели заметное различие (15 – 36%), тогда как изменение показателей ВСР у остальных обследованных не являлись столь выраженными и статистически значимыми (2-10%). Реакция на такое шумовое воздействие артериального давления и частоты пульса было несущественным. Это может свидетельствовать о том, что изменения показателей ВСР обусловлено изменениями со стороны именно вегетативной, а не сердечно-сосудистой системы.

### Заключение

Таким образом, предварительные результаты показали, что исследование влияния шума на показатели вариабельности сердечного ритма позволяет выделить группу лиц (17% обследуемых) с повышенной чувствительностью вегетативной нервной системы к шумовому воздействию. Необходимо дополнительно изучить воздействие низкочастотного шума, так как звук ниже 16 – 20 Гц имеет наибольшее воздействие на психоэмоциональное состояние человека. Продолжение исследований в этом перспективном направлении может обосновать критерии использования показателей ВСР в процессе профотбора и при проведении медико-экологических тестов у населения мегаполисов. В результате этого возможно внесение поправок в Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ N302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда»[4].

### Список литературы

1. Хураськина Н.В. Вариабельность сердечного ритма у студенток в период адаптации к условиям обучения в ВУЗе: исследовательская работа ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева». // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – Чебоксары: Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева, № 4 (76), 2012. с. 185-188.
2. Гора Е. П. Экология человека. Учебное пособие для вузов / Е. П. Гора // – М.: Дрофа, 2007. – 540 с.
3. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода: монография / Владимир Моисеевич Михайлов. – Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2002. – 290 с., с.43.
4. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ N302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда». Утверждён: 12 апреля 2011 г. Принявший орган: Минздравсоцразвития России. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 21.10.2011 N 22111.