

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПСИХОАКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШУМА ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Л. Г. Стаценко, Д. В. Степура, Ю. В. Миргородская

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
Владивосток, Россия*

Ключевые слова: громкость; психоакустические параметры; раздражительность шумов.

Аннотация: Исследовано негативное влияние шума на здоровье человека. Для определения степени негативного влияния звуков и шумов рассмотрены специальные психоакустические признаки, описывающие характер восприятия тех или иных аудиосигналов слуховой системой. Проведена слуховая экспертиза и представлены результаты, подтверждающие связь психоакустических признаков и реакции человека на раздражающий шум. В ходе исследования выявлено, что основополагающим параметром для определения психоакустического раздражения является громкость, однако этот фактор не является исчерпывающим.

Введение

Вокруг нас множество сигналов, будь то разговоры, музыка или шум окружающей среды, которые могут влиять на человека. Кроме акустических характеристик большое значение при оценке звука имеют эстетические и когнитивные эффекты, при этом важным является раздражительность шумов и их определение.

Раздражительность шумов может вызвать неприятные эмоции и влиять на психическое и физическое здоровье человека. Такие оценки будут полезны для разработчиков городских территорий, чтобы избежать создания шумных окружений, вредных для здоровья людей, так как существуют звуки, которые влияют на состояние человека, особенно при длительном воздействии [1 – 3].

Стаценко Любовь Григорьевна – доктор физико-математических наук, профессор Департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института (Школы), e-mail: statsenko.lg@dvvfu.ru; Степура Диана Валериевна – магистрант; Миргородская Юлия Вячеславовна – старший преподаватель Департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения Политехнического института (Школы), ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия.

Уровень негативного воздействия шума нормируется лишь по громкости, что может быть недостаточно для корректной оценки негативного влияния. Возможность классификации звуков и шумов по степени их раздражительности играет важную роль не только для сохранения здоровья человека, но также и для поддержания благоприятной обстановки природных экосистем, так как многие шумы антропогенного происхождения могут негативно влиять на животных, растения, тем самым изменяя природные условия проживания и адаптации.

Цель работы – определение раздражительности аудиосигналов.

Нормативные документы

Для обеспечения комфортной и безопасной обстановки на рабочих местах и в жилых помещениях, а также для минимизации воздействия шума на здоровье и благополучие людей специально разработаны нормативные документы, которые устанавливают допустимые уровни шума в различных помещениях.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003–2014 является актуальным нормативным документом в России, который устанавливает общие требования безопасности в отношении шума на рабочих местах [4]. В документе определены основные понятия, представлена классификация шума, методы его измерения и оценки, а также требования к контролю шума в рабочей среде. ГОСТ устанавливает допустимые уровни шума на рабочих местах в зависимости от характера экспозиции и продолжительности работы.

В документе представлены основные показатели, которые могут быть использованы для гигиенического нормирования шума. Обычно на рабочем месте для проверки соответствия установленным нормативам измеряются такие показатели, как эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день ($L_{EX,8h}$, дБ), пиковый уровень звука с частотной коррекцией $C(L_{p,Cpeak}$, дБ), уровни звукового давления в полосах частот (L_p , дБ) [4].

ГОСТ 12.1.003–2014 допускает также использование иных метрик для измерения и регулирования воздействия шума, однако они могут считаться необходимыми только в частном использовании и никак не нормируются государством.

Нормируемые параметры шума для жилых и общественных зданий определяются санитарными нормами [5] (п.100), где указаны нормируемые параметры шума в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звукопроникающего шума (табл. 1). Эквивалентный уровень шума $L_{A_{ЭКВ}}$ представляет собой уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный шум в течение определенного интервала времени. Максимальный уровень звука $L_{A_{max}}$ соответствует максимальному показателю измерительного, прямопоказывающего прибора (шумомера) при визуальном отсчете или значению уровня звука, превышаемому в течение 1 % времени измерения при регистрации автоматическим устройством.

Таблица 1

Пример представления нормируемых параметров для жилых комнат

Время суток	Для источников постоянного шума, дБ									Для источников непостоянного шума, дБА	
	Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквивалентный уровень звука $L_{A,эkv}$	Максимальный уровень звука $L_{A,max}$
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
С 7 до 23 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
С 23 до 7 ч	76	59	48	40	34	30	27	25	22	35	50

Анализируя методы нормирования воздействия шума на человека в приведенных документах, можно сделать вывод, что определяющей величиной является уровень звукового давления, измеряемый в дБ или дБА. Уровень громкости L_p определяется по формуле

$$L_p = 20 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right), \quad (1)$$

где P – среднеквадратичная величина звукового давления, Па; P_0 – исходное значение звукового давления в воздухе, Па, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ [4].

Таким образом, для определения воздействия шума на человека учитывается лишь величина звукового давления, в то время как другие показатели звукового сигнала, которые могут значительным образом влиять на восприятие сигнала человеком, не являются обязательными для нормирования. Существуют еще и психоакустические признаки сигналов, которые важны для человека и могут восприниматься слуховым аппаратом в силу его уникальности.

Исследование психоакустических параметров

Существует совокупность факторов, которые могут влиять на определение качества звука. Кроме акустических характеристик, эстетические и когнитивные эффекты также могут иметь большое значение при оценке звука. Поэтому в лабораторных условиях весьма сложно оценить все факторы, влияющие на степень раздражительности или приятности сигналов.

Одним из важных субъективных качеств звука является его громкость L , которая характеризует силу или интенсивность звука в восприятии человека. Уровень интенсивности характеризует звук с физической стороны, поэтому при одном и том же уровне интенсивности звуки разных частот могут быть слышимыми и нет [6].

Единицей измерения громкости является сон, 1 сон соответствует звуку с частотой 1 кГц и уровнем 40 дБ [7]. За эталон уровня громкости принимают уровень интенсивности L_1 чистого тона $f = 1000$ Гц, исчисляемый в фонах. Громкость зависит от звукового давления (интенсивности), длительности и частоты звука. Чем больше интенсивность, длительность и ширина спектра частоты звукового колебания, тем выше его громкость [8].

Важную роль в определении громкости играет понятие критических полос пропускания, где каждая полоса является диапазоном звуковых частот, который обычно воспринимается человеческим ухом как единое целое. Критические полосы в барках (барк – единица измерения высоты звука, используемая для оценки ширины критических полос для слуха) разделяют частоты на полосы, которые относятся к различным областям слухового спектра [9].

Другой характеристикой звука является резкость S – субъективное качество, которое воспринимается отдельно от громкости [10]. Резкий звук отличается от затухшего или приглушенного звука тем, что он воспринимается более ярко и сильно, четко определенным на фоне других звуков. Акустическая резкость зависит от спектрального распределения звука, длительности звукового импульса и способности уха различать быстрые изменения амплитуды. Более высокочастотный шум воспринимается как более неприятный, агрессивный и раздражающий, чем равный по уровню громкости низкочастотный.

Наиболее важными параметрами, влияющими на показатель резкости, являются спектральный состав и центральная частота узкополосных сигналов [11]. Для описания количественного значения резкости используется единица измерения акум. Резкостью в 1 акум обладает узкополосный шум шириной в одну критическую полосу на центральной частоте 1 кГц с уровнем 60 дБ.

Акустическая резкость определяется путем измерения порога резкости – уровня громкости и тембра звука, при котором он воспринимается как резкий. Высокая акустическая резкость означает, что звук легко различим и воспринимается ярко, что может быть полезно, например, для коммуникации в шумной среде или восприятия музыки. Однако зачастую высокий показатель резкости у шума вызывает негативные эмоции.

Модуляции звуков вызывают разнообразные и независимые слуховые ощущения (субъективные характеристики) [12]. При очень низких частотах амплитудной модуляции (менее 20 Гц) изменения громкости звука воспринимаются слушателями. Это восприятие связано с субъективным качеством звука, известным как сила флуктуаций F .

В результате акустических экспериментов выявлено, что звуки с частотой модуляции 4 Гц вызывают большие колебания, независимо от того, используется ли амплитудная модуляция или частотная модуляция, модулируются ли широкополосные или узкополосные шумы.

Единицей измерения силы флуктуации является васил. Одно ощущение в 1 васил соответствует 100%-му синусоидальному амплитудно-модулированному (АМ) тону с частотой несущей 1 кГц, частотой модуляции 4 Гц и уровнем интенсивности 60 дБ.

Используя 100%-й АМ-сигнал частотой 1 кГц и увеличивая частоту модуляции от низких до высоких значений, человек может испытать различные области ощущений. При очень низких частотах модуляции громкость медленно меняется вверх и вниз, что называется силой флуктуаций, которая уменьшается после 4 Гц. Примерно при частоте 15 Гц начинает усиливаться другой тип ощущений – хриплость R [13].

Единицей измерения хрипlosti является аспер. Одно восприятие в 1 аспер соответствует 100%-му синусоидальному АМ-тону с несущей частотой 1 кГц, частотой модуляции f_{mod} в 70 Гц и уровнем интенсивности 60 дБ.

Максимальное восприятие хрипlosti достигается при действии 100%-го амплитудно-модулированного тона с несущей частотой 1 кГц и частотой модуляции 70 Гц. При частотах модуляции выше 150 Гц, восприятие хрипlosti уменьшается, и слушатель слышит три отдельных тона.

Существует два основных фактора, влияющих на хриплость: разрешающая способность по частоте и разрешающая способность по времени нашей слуховой системы. Очень медленное изменение сигнала не приводит к появлению хрипlosti, однако данное ощущение возникает при быстром периодическом изменении. Это означает, что хриплость пропорциональна скорости изменения, то есть она пропорциональна частоте модуляции.

Для выявления приятных и неприятных компонентов шума существует метрика краткосрочного психоакустического раздражения (ПАР), учитывающая разные показатели качеств. Она получена в ходе исследований восприятия синтетических шумов разных видов и может быть использована для усиления или нивелирования шума [13].

В основном, ПАР зависит от громкости, тона и изменяющейся во времени структуры звука. Таким образом, соотношение между психоакустическим раздражением, ощущаемой громкостью L , резкостью S , силой флуктуации F и хрипlostью R описывается выражением

$$\text{ПАР} = L \left(1 + \sqrt{W_S^2 + W_{FR}^2} \right), \quad (2)$$

где L , F , S и R связаны следующими соотношениями [3]:

$$W_{FR} = \frac{2,18}{L^{0,4}} (0,4F + 0,6R);$$

$$W_S = \begin{cases} 0,25(S - 1,75) \lg(L + 10), & S > 1,75, \\ 0, & S \leq 1,75. \end{cases}$$

Выражение (2) показывает, что величина психоакустического раздражения в основном зависит от громкости, в дополнение к которой необходимо учитывать вклад резкости, зависящий от громкости, а также силу флуктуации и хрипlostь, используя некоторый тип среднеквадратичного усреднения.

Для подтверждения достоверности величины ПАР, рассчитываемой по формуле (2), проведена слуховая экспертиза, которая показала, насколько близок расчетный метод к человеческому восприятию. Для анали-

за сигналов и выполнения экспериментов использована прикладная программа MATLAB, а в качестве исследуемого датасета звуковых сигналов выступала коллекция из 2000 акустических отрывков, представляющих собой бесплатную библиотеку звуков ESC-50 [14].

В эксперименте оценивались различные шумоподобные сигналы шести типов: звук бензопилы, вертолета, дождя, морских волн, работающего мотора и стрекотания сверчков. Таким образом, в данной выборке оказались как раздражающие, так и нейтральные шумы.

Для реализации модели слуховой экспертизы сначала создана матрица выбора, которая будет меняться для каждого испытуемого (рис. 1), где столбцы – это наборы из 6 различных сигналов, а строки – сигналы одинакового типа с уникальным номером от 1 до 10. Перемешивание аудиосигналов по строкам поможет добиться уникального набора для разового прослушивания для каждого испытуемого.

Ход эксперимента заключается в прослушивании шести сигналов, после чего испытуемые, согласно своим слуховым ощущениям, оценивают раздражительность выборки путем присваивания каждому из шести сигналов оценки от 1 до 6, где 1 – наименее раздражающий и 6 – наиболее раздражающий шум. Далее данный ход повторяется десять раз, пока каждый из 60 сигналов не будет оценен.

В качестве единичной выборки каждый раз используются звуки разного вида, взятые из датасета в случайном порядке, чтобы дальнейшая усредненная оценка многих испытуемых была более точной, то есть для каждого участника эксперимента один определенный звук вертолета прослушивается вместе с меняющимися остальными звуками. Такой метод позволит избежать ошибок, так как в разном акустическом окружении каждый сигнал получает разную оценку, но непременно при большом количестве повторений эксперимента среднее значение оценки будет являться наиболее близким к ощущаемой человеком раздражительности [15].

Однако отличия в оценках существуют, так как они субъективны, каждый слушатель имеет собственное представление о неприятности того или иного шума [16]. В этом и заключается одна из главных проблем научного определения ПАР: всякий человек индивидуален, и это значит, что степень принятия любого звука как раздражающего тоже индивидуальна.

matChoice =

Определенный тип сигнала	8	9	2	10	3	7	4	1	5	6	Бензопила
	7	4	8	2	6	10	9	3	1	5	Сверчки
	6	1	9	4	10	3	8	7	2	5	Мотор
	9	2	1	6	10	8	3	7	4	5	Вертолет
	1	5	7	3	4	6	8	9	10	2	Дождь
	9	2	5	3	10	1	7	6	4	8	Море

Набор для оценки

Рис. 1. Матрица выбора для слуховой экспертизы

Результаты исследований

На рисунке 2 точками 1 показаны результаты эксперимента слуховой экспертизы, где ось абсцисс представляет различные аудиосигналы, отсортированные по возрастанию относительно результатов оценки. Точками 2 – уровень ПАР, пересчитанный относительно масштаба оценок. На рисунке можно наблюдать примерное совпадение уровней точек.

Следовательно, расчетный метод определения психоакустического раздражения достаточно приемлемый и может использоваться для классификации раздражающего шума. Итоги слуховой экспертизы малого количества сигналов определили возможность дальнейшего использования формулы (2) для любого сигнала.

На рисунке 3 показаны средние значения слуховой оценки, громкости и ПАР для разных групп сигналов. Видна корреляция оценки группы однотипных сигналов. Таким образом, по мнению испытуемых и согласно расчетным данным, наиболее раздражительным является шум бензопилы, а наименее раздражительным – стрекотание сверчков.

В ходе исследования выявлено, что основополагающим параметром для определения ПАР является громкость, измеряемая в сонах. Именно шкала громкости в сонах может более точно описать человеческое восприятие сигналов. Хотя, как было установлено ранее, *обычно оценка воздействия сигналов производится не по громкости, а по уровню звукового давления.*

Вместе с тем оценка сигналов по громкости является более корректной для определения благоприятного пребывания человека в зашумленном помещении, так как наиболее приближена к описанию человеческого восприятия. На рисунке 4 показаны шкалы громкости различных акустических сигналов в сонах и уровней громкости в дБА [13]. Видно, что они не полностью соответствуют друг другу, следовательно нормирование вредного воздействия по уровням громкости, что практикуется в РФ, не учитывает в полной мере особенности слухового восприятия человека.

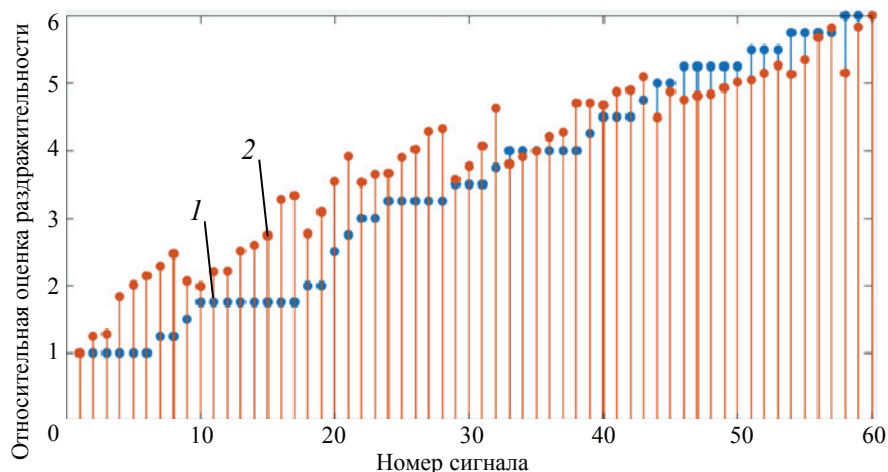


Рис. 2. Результаты слуховой экспертизы:

1 – средняя оценка раздражительности каждого из рассмотренных сигналов;
2 – масштабированные значения ПАР

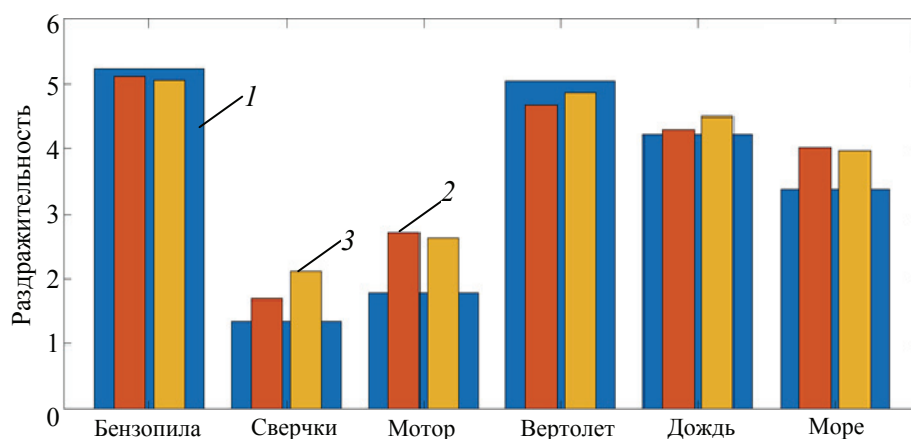


Рис. 3. Результаты слуховой экспертизы:
 1 – средняя оценка раздражительности групп сигналов;
 2 – масштабированные значения ПАР; 3 – значения ощущаемой громкости

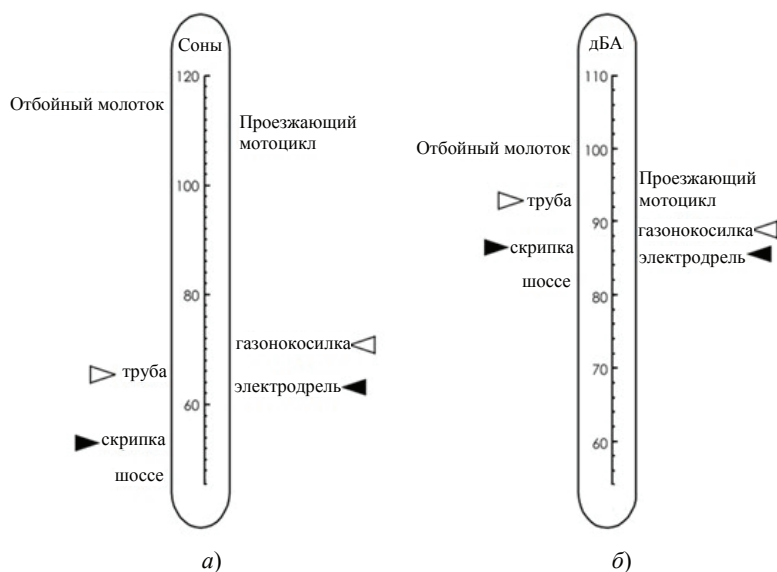


Рис. 4. Сравнение шкалы громкости (а) и шкалы уровня звука (б)

Следовательно, значения шумов или сложных тонов в дБА вводят в заблуждение, когда используются в качестве показателей субъективно воспринимаемой громкости.

Кроме громкости существенную роль в описании раздражающего характера сигнала могут сыграть и другие психоакустические параметры. Доказательством этого факта являются результаты вычислений психоакустических параметров (громкости, резкости, хриплости, силы флуктуаций) и ПАР для всех сигналов выбранного датасета (рис. 6, а). Здесь показана диаграмма рассеяния параметров ПАР и ощущаемой громкости для 2000 различных шумов.

Можно заметить, что большинство точек располагается по диагонали, что говорит о линейной зависимости между ПАР и громкостью, однако

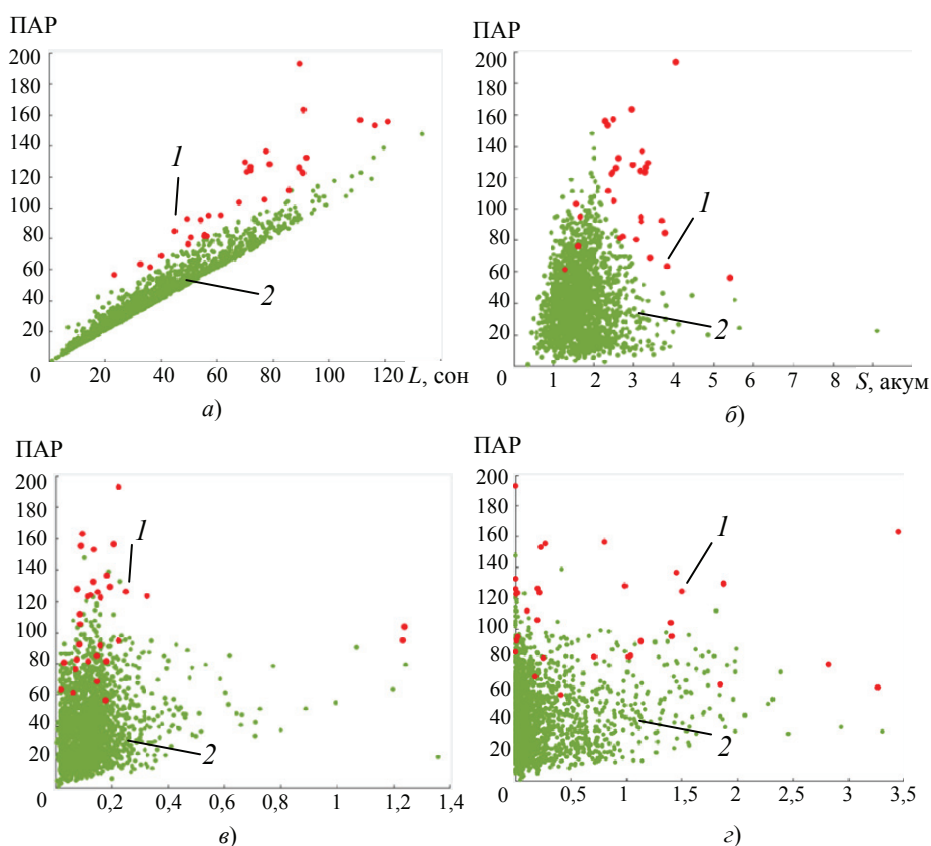


Рис. 6. Диаграммы рассеяния параметра ПАР:

a – от громкости; *б* – резкости; *в* – хрипlosti; *г* – силы флуктуации;
1 – сигналы, у которых ПАР значительно превышает показатель громкости;
2 – остальные сигналы

существуют значительные выбросы значений ПАР. Таким образом, даже при равных громкостях сигналы могут иметь разное значение раздражения.

Соответственно громкость является основной определяющей переменной, задающей некоторый порог ПАР, однако существуют сигналы, где остальные характеристики проявляются настолько ярко, что сильно увеличивают ПАР.

Чтобы оценить, как резкость, хриплость, сила флуктуаций влияют на данные девиации в ПАР, предлагается рассмотреть группу сигналов, у которых разница между громкостью и ПАР более 25 единиц. На рисунке 6, *a*, такие точки отмечены цифрой *1*. Большая часть из этих сигналов являются звуками будильника или шумом пылесоса.

На рисунке 6, *б* – *г*, показаны диаграммы рассеяния ПАР в зависимости от других психоакустических характеристик, где точки *1* – это ранее выделенные сигналы.

Анализируя диаграммы, можно сделать вывод, что явной зависимости высокого ПАР от хрипlosti или силы флуктуации нет, однако большая часть выделенных сигналов имеет более высокий показатель резкости, чем остальная масса сигналов (точки *2*).

Заключение

Негативное влияние шума на человека нельзя в полной мере описать только уровнем громкости в дБА. Более того, при определении качества сигналов важно учитывать еще психоакустические параметры, показывающие раздражительность сигналов. Такая сложная оценка, учитывающая не только допустимые физические нормы, но и степень раздражительности шума, будет являться актуальным решением проблемы шумовой загрязненности среды, так как человек почти постоянно окружен шумом, который не может не влиять на его самочувствие и здоровье.

Такой многофакторный анализ шумового воздействия, включающий в себя физические характеристики и специальные психоакустические признаки, которые наиболее полно описывают характер восприятия звука человеком, позволяет оценить негативное влияние сигналов не только на физическом уровне, но и на эмоциональном, что особенно актуально в современном информационном мире, так как сейчас задача поддержания психического здоровья является одной из первостепенных.

Список литературы

1. Быков, А. П. Инженерная экология. Охрана атмосферного воздуха : учебное пособие / А. П. Быков. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2018. – 152 с.
2. Римская-Корсакова, Л. К. Оценки раздражающего действия шума / Л. К. Римская-Корсакова, П. А. Пятаков, С. А. Шуляпов // Акустический журнал. – 2022. – Т. 68, № 5. – С. 550 – 561. doi: 10.31857/S0320791922050100
3. Тэйлор, Р. Шум / Р. Тэйлор. – М. : Мир, 1978. – 308 с.
4. ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – Взамен 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.023–80 Введ. 2015.11.01. – Межгосударственный стандарт, М. : Стандартинформ, 2015. – 28 с.
5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Текст: электронный. – Москва, 2021. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 20.11.2023)
6. ISO 389-7:2005. Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 7. Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions. – URL : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293791/4293791968.pdf> (дата обращения: 20.11.2023)
7. Фельдкеллер, Р. Ухо как приемник информации / Р. Фельдкеллер, Цвикер Э. ; пер. с нем., под ред. Б. Г. Белкина. – М. : Связь, 1971. – 104 с.
8. DIN 45631/A1-2010. Calculation of loudness level and loudness from the sound spectrum – Zwicker method – Amendment 1: Calculation of the loudness of timevariant sound. – URL : <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6252898> (дата обращения: 20.11.2023)
9. ISO 532-1:2017. Acoustics – Methods for calculating loudness – Part 1: Zwicker method. – URL : <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/63077/58c7f464f167413abde1367b3e0906db/ISO-532-1-2017.pdf> (дата обращения: 20.11.2023)
10. Kalafata, S. Sound Levels, Noise Source Identification and Perceptual Analysis in an Intensive Care Unit : Master's thesis / S. Kalafata. – Gothenburg : University of Gothenburg, 2014. – 113 p. doi: 10.13140/RG.2.1.1883.8487

11. DIN 45692:2009. «Measurement Technique for the Simulation of the Auditory Sensation of Sharpness» German Institute for Standardization. – URL : <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6252898> (дата обращения: 20.11.2023)
12. Zwicker, E. *Das Ohr als Nachrichtenempfänger* / E. Zwicker, R. Feldtkeller. – Stuttgart : S. Hirzelverlag, 1967. – 256 p.
13. Fastl, H. *Psychoacoustics: Facts and Models* / H. Fastl, E. Zwicker. – Berlin Heidelberg : Springer. Springer-Verla. – 2007. – 463 p.
14. Piczak, K. J. ESC: Dataset for Environmental Sound Classification / K. J. Piczak // The 23rd ACM International Conference, 13 October 2015 – Brisbane, 2015. – P. 1015 – 1018. doi: 10.1145/2733373.2806390
15. Sato, S. Sound Quality Characteristics of Refrigerator Noise in Real Living Environments with Relation to Psychoacoustical and Autocorrelation Function Parameters / S. Sato, J. You, J. Y. Jeon // *Journal of the Acoustical Society of America*. – 2007. – Vol. 122 (1). – P. 314 – 325. doi: 10.1121/1.2739440
16. Zwicker, E. Procedure for Calculating the Loudness of Temporally Variable Sounds // *Journal of the Acoustical Society of America*, 1977. – Vol. 62. – P. 675 – 682. doi: 10.1121/1.381580

References

1. Bykov A.P. *Inzhenernaya ekologiya. Okhrana atmosfernogo vozdukh : uchebnoye posobiye* [Engineering ecology. Atmospheric air protection: textbook], Novosibirsk: Novosibirskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet, 2018, 152 p. (In Russ.)
2. Rimskaya-Korsakova L.K., Pyatakov P.A., Shulyapov S.A. [Assessments of the irritating effect of noise], *Akusticheskiy zhurnal* [Acoustic Journal], 2022, vol. 68, no. 5, pp. 550-561, doi: 10.31857/S0320791922050100 (In Russ., abstract in Eng.)
3. Teylor R. *Shum* [Shum], Moscow: Mir, 1978, 308 p. (In Russ.)
4. GOST 12.1.003-2014 *Sistema standartov bezopasnosti truda. Shum. Ob-shchiye trebovaniya bezopasnosti* [System of occupational safety standards. Noise. General safety requirements], Mezhgosudarstvennyy standart, Moscow: Standartinform, 2015, 28 p. (In Russ.)
5. docs.cntd.ru/document/573500115 (accessed 20 November 2023).
6. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293791/4293791968.pdf> (accessed 20 November 2023).
7. Fel'dkeller R., Tsviker E.; Belkina B.G (Ed.) *Ukho kak priyemnik informatsii* [The ear as a receiver of information], Moscow : Svyaz', 1971, 104 p. (In Russ.)
8. <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6252898> (accessed 20 November 2023).
9. <https://cdn.standards.itech.ai/samples/63077/58c7f464f167413abde1367b3e0906db/ISO-532-1-2017.pdf> (accessed 20 November 2023)
10. Kalafata S. *Sound Levels, Noise Source Identification and Perceptual Analysis in an Intensive Care Unit: Master's thesis*, Gothenburg: University of Gothenburg, 2014, 113 p, doi: 10.13140/RG.2.1.1883.8487
11. <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6252898> (accessed 20 November 2023).
12. Zwicker E. Feldtkeller R. *Das Ohr als Nachrichtenempfänger*, Stuttgart: S. Hirzelverlag, 1967, 256 p.
13. Fastl H., Zwicker E. *Psychoacoustics: Facts and Models. Berlin Heidelberg: Springer. Springer-Verla*, Berlin; New York: Springer, 2007, 463 p.
14. Piczak K.J. Dataset for Environmental Sound Classification, The 23rd ACM International Conference, 13 October 2015, Brisbane, 2015, pp. 1015-1018, doi: 10.1145/2733373.2806390

15. Sato S., You J., Jeon J.Y. Sound Quality Characteristics of Refrigerator Noise in Real Living Environments with Relation to Psychoacoustical and Autocorrelation Function Parameters, *Journal of the Acoustical Society of America*, 2007, vol. 122 (1), pp. 314-325, doi: 10.1121/1.2739440

16. Zwicker E. Procedure for Calculating the Loudness of Temporally Variable Sounds, *Journal of the Acoustical Society of America*, 1977, vol. 62, pp. 675-682, doi: 10.1121/1.381580

The Use of Psychoacoustic Parameters of Noise to Assess Negative Effects on Human Health

L. G. Statsenko, D. V. Stepura, Yu. V. Mirgorodskaya

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Keywords: volume; psychoacoustic parameters; irritability of noises.

Abstract: The negative impact of noise on human health has been studied. To determine the degree of negative impact of sounds and noises, special psychoacoustic signs are considered that describe the nature of perception of certain audio signals by the auditory system. An auditory examination was carried out and results were presented confirming the connection between psychoacoustic signs and a person's reaction to irritating noise. The study revealed that the fundamental parameter for determining psychoacoustic irritation is loudness, but this factor is not a single one.

© Л. Г. Стаценко, Д. В. Степура, Ю. В. Миргородская, 2023