

УДК: 005.334;331.45;614.8

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМА НА
ПРОИВОДСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАБОЧИХ И СЛУЖАЩИХ**

Елена Витальевна Степанова

студент

Сергей Юрьевич Щербаков

кандидат технических наук, доцент

Scherbakov78@yandex.ru

Иван Павлович Криволапов

кандидат технических наук, доцент

ivan0068@bk.ru

Иван Дмитриевич Чечевицын

студент

Мичуринский государственный аграрный университет

Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются физические характеристики шума и его влияние на производственную деятельность рабочих и служащих, что позволяет определить, как влияют пороги и особенности шумового воздействия на человека в производственных условиях.

Ключевые слова: шум, звук, звуковое давление.

Шум как физическое явление - это совокупность звуков различной частоты (высоты) и интенсивности (громкости).

Для шума характерно беспорядочное сочетание звуков (колебаний воздуха) различной частоты и силы. Звуковые колебания могут распространяться в виде волн в твердых телах и конструкциях (так называемый структурный звук) или в жидкостях и газах (слышимый ухом воздушный звук).

Основными физическими характеристиками звука являются частота f , Гц, звуковое давление p , Па (Н/м^2) и интенсивность звука I , Вт/м^2 .

Звуковое давление - это местная силовая характеристика совокупности звуковых волн, распространяющихся в среде (звукового поля). Звуковое давление определяется как разность между мгновенным полным давлением в данной точке и равновесным (атмосферным) давлением в среде. Переменное звуковое давление в бегущей звуковой волне характеризуют среднеквадратичным значением давления за период колебаний [1-3].

Интенсивность звука представляет собой поток звуковой энергии, переносимой звуковыми волнами в единицу времени через единичную площадку в перпендикулярном ей направлении. Интенсивность в звуковой волне пропорциональна квадрату звукового давления:

$$I = p^2 / \rho c, \quad (1)$$

где ρ - плотность среды, в которой распространяется звук, кг/м^3 ; c - скорость звука, м/с .

В воздухе при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении 10^5 Па (нормальные атмосферные условия) $c=344$ м/с и $\rho c=400$ $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. При увеличении температуры скорость звука в воздухе увеличивается примерно на $0,7$ м/с на 1°C .

Человек различает звуки по их высоте и громкости. Высота звука определяется его частотой f , а громкость - его интенсивностью I . Органы слуха воспринимают звуки в диапазоне частот от 20 до 20000 Гц. Колебания с частотами ниже 20 Гц называют инфразвуком, а с частотами выше 20000 Гц - ультразвуком. Область слышимости ограничена снизу и сверху двумя кривыми -

порогом слышимости ($p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па) и порогом болевого ощущения ($p_B = 100$ Па) (рис. 1) [2, 4].

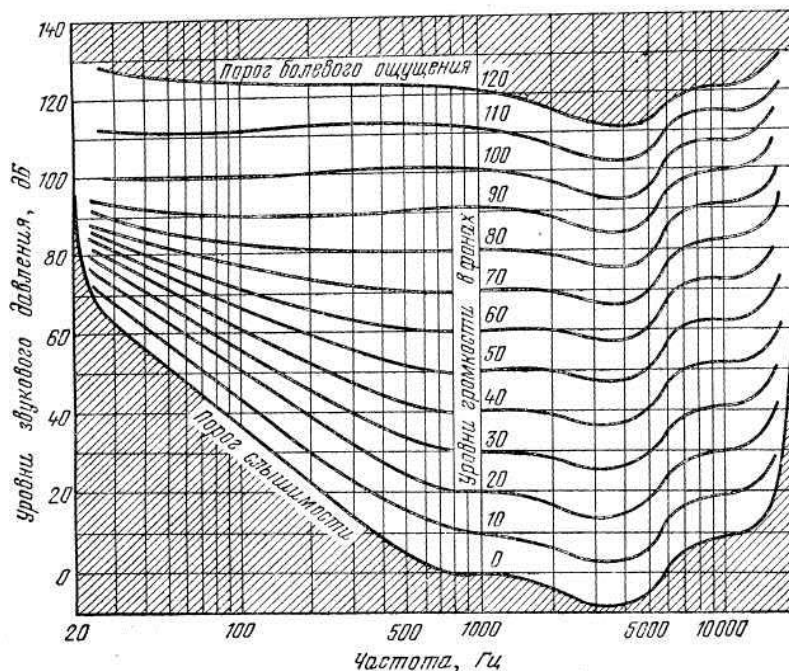


Рисунок 1 – Кривые равной громкости

Более мощные звуки приводят к болевому ощущению и могут повредить барабанные перепонки. Оба порога зависят от частоты. Человек наиболее восприимчив к звукам с частотами 500-600 Гц, с понижением частоты чувствительность слуха резко падает. Диапазон изменений интенсивности звука, воспринимаемых человеком, очень велик и составляет 10^{12} - 10^3 Вт/м² (для давлений $2 \cdot 10^{-5}$ -100 Па). Люди по-разному воспринимают чувствительность и пороги звуковой частоты.

Шум, содержащий колебания различных частот, характеризуют его спектром, т.е. распределением уровня звукового давления в пределах диапазона слышимых звуков 20-20000 Гц [5]. Для этого диапазон делят на октавные или третьоктавные полосы частот. Октава представляет собой частотный интервал между двумя частотами, из которых верхняя граничная частота вдвое больше нижней ($f_v/f_n = 2$). Октава может быть разбита на три третьоктавы, в каждой из которых отношение верхней граничной частоты к нижней равно $\sqrt[3]{2} = 1,26$. Средняя частота для октавной полосы $f_{cp} = \sqrt{f_6 f_n} = \sqrt{2 f_n^2} = 1,41 f_n$, а для

третьоктавной полосы $f_{cp} = \sqrt{f_6 f_n} = 1,13 f_n$. В таблице 1 указаны граничные и средние частоты октавных и третьоктавных полос.

Таблица 1

Полосы частот и корректирующие поправки

Граничные частоты октавных полос, Гц	Средние частоты полос, Гц			Корректирующие поправки, дБ	
	третьоктавные		октавные		Δ_A
22-44	28	31,5	35	31,5	39,4
45-90	50	63	80	63	26,3
90-180	100	125	16	125	16,1
180-355	200	250	315	250	8,6
355-710	400	500	630	500	3,2
710-1400	800	1000	1250	1000	0
1400-2800	1600	2000	2500	2000	-1,2
2800-5700	3150	4000	5000	4000	-1
5700-11400	6300	8000	10000	8000	1,1

Согласно психофизическому закону Вебера-Фехнера ощущение громкости звука пропорционально не абсолютному, а относительному приросту энергии раздражителя, т.е. логарифму энергии. Именно благодаря этому ухо воспринимает звук без перегрузок в огромном диапазоне изменений интенсивности в 10^{15} раз. В соответствии с этим для оценки интенсивности и давления звука используют уровни величин, выражаемые в логарифмических единицах- децибелах (дБ) [2, 6, 7]:

$$L_I = 10 \lg I / I_0; \quad L = 10 \lg p^2 / p_0^2 = 20 \lg p / p_0, \quad (2)$$

где $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па - среднеквадратичное значение звукового давления на пороге слышимости при частоте 1000 Гц; $I_0 = p^2 / \rho c = 10^{-12}$ Вт/м² - интенсивность звука на том же пороге.

Пользоваться шкалой децибел удобно, так как весь диапазон слышимых звуков укладывается до 140 дБ. На слух различимы изменения уровня звукового давления (интенсивности) на 2-3 дБ.[8]

Для ориентировочной оценки постоянного широкополосного шума одним числом (вместо девяти чисел по количеству октавных полос нормируемого диапазона) используются уровни звука L_A в децибелах по шкале А (дБА). Измерение и расчет шума дБА завоевывают все большее признание благодаря своей простоте и универсальности. Уровень звука L_A определяется формулой

$$L_A = 20 \lg p_A / p_0, \quad (3)$$

где p_A - среднеквадратичное значение звукового давления с учетом коррекции А шумомера, Па.

Характеристикой непостоянного шума является интегральный по времени критерий - эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА, равный уровню звука постоянного шума, который обеспечивает ту же суммарную энергию звукового раздражителя за время действия шума, что и данный непостоянный шум. Эквивалентный уровень звука определяется по формуле [2]

$$L_{A \text{ экв}} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\} \quad (4)$$

где T - время действия шума (обычно продолжительность смены $T = 8$ ч); $p_A(t)$ - текущее значение среднеквадратичного звукового давления с коррекцией А шумомера, Па.

Многочисленные данные свидетельствуют о неблагоприятном воздействии шума на производственную деятельность рабочих и служащих [1-4].

В условиях повышенного шума замедляется скорость реакции, особенно необходимая на производствах, связанных с повышенным риском, что приводит к увеличению числа несчастных случаев; ускоряется наступление физической усталости в результате ненормального режима работы органов чувств; вследствие психологической и информационной перегруженности уменьшается скорость принятия производственных решений. Все это снижает работоспособность человека,

производительность, качество и безопасность труда доказано, что при работах, требующих повышенного внимания, при увеличении уровней звука от 70 до 90 дБА производительность труда снижается на 20% (рис.2).

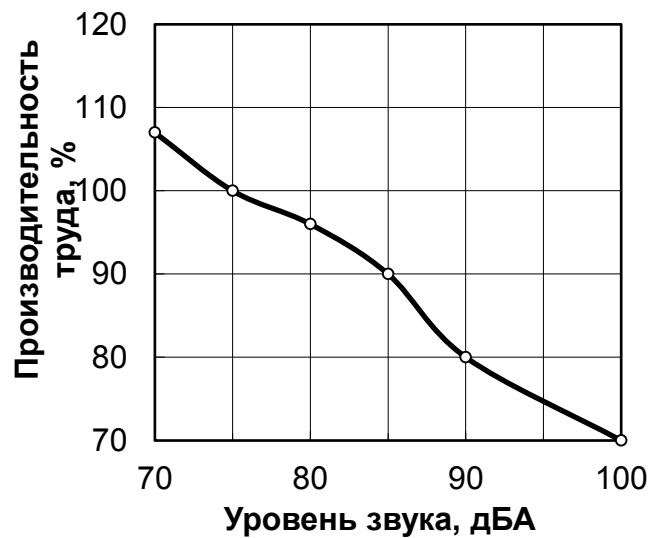


Рисунок 2 – Зависимость производительности труда от уровня шума

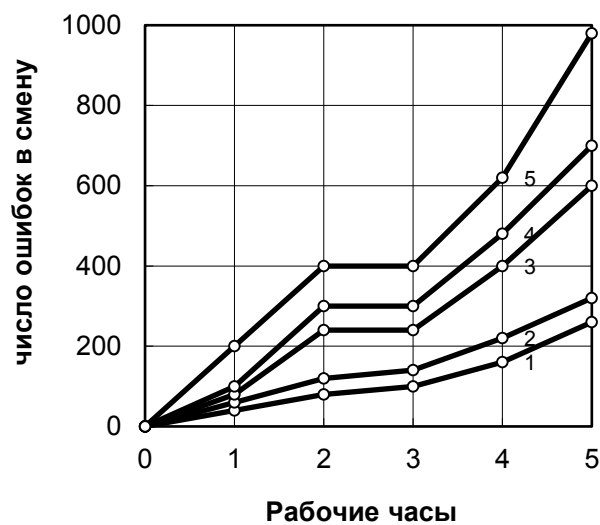


Рисунок 3 – Зависимость числа ошибок от уровня шума в различные часы смены (при общем уровне звука в дБА): 1 - 76 дБА; 2 - 79 дБА; 3 - 85 дБА; 4 - 90 дБА; 5 - 95 дБА

Особенно сильно снижается производительность труда, если работа связана с умственным трудом и в работе используются сложные технологические операции.

Список литературы:

1. Методы управления и политика в области охраны труда на предприятии / К.А. Кажаяев, Д.А. Ивлев, С.Ю. Щербаков, И.П. Криволапов // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 117.
2. Коротков А.А., Криволапов И.П., Щербаков С.Ю. Акустический расчет и определение звукоизолирующей способности ограждающих конструкций звукоизолирующего кожуха // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 149.
3. Щербаков С.Ю., Фокин А.А., Заборских А.А. Исследование опасных факторов производственной среды и факторов риска травмирования // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 58.
4. Щербаков С.Ю., Фокин А.А., Заборских А.А. Основные принципы математического моделирования в техносферной безопасности // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 59.
5. Характеристика методов проведения анализа риска / С.Ю. Щербаков, И.П. Криволапов, Д.И. Стрельников, А.П. Коробельников // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4. С. 253.
6. Сравнительный анализ существующих подходов к оценке травмоопасности / С.Ю. Щербаков, И.П. Криволапов, С.А. Петрушенко, А.П. Коробельников // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4. С. 252.
7. Мардонова А.А., Криволапов И.П., Фокин А.А. Методика идентификации опасностей и оценки рисков в ПАО НЛМК // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 34.
8. Мардонова А.А., Криволапов И.П. Организация системы управления охраной труда на предприятии "Новолипецкий металлургический комбинат" // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 35.

UDC: 005.334;331.45;614.8

**THE INFLUENCE OF THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF
NOISE ON THE PRODUCTION ACTIVITIES OF WORKERS AND
EMPLOYEES**

Elena V. Stepanova

student

Sergey Yu. Shcherbakov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Scherbakov78@yandex.ru

Ivan P. Krivolapov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

ivan0068@bk.ru

Ivan D. Chechevitsyn

student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article considers the physical characteristics of noise and its impact on the production activities of workers and employees, which allows us to determine how the thresholds and features of noise exposure affect a person in production conditions.

Key words: noise, sound, sound pressure.