

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ШУМА
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

Методические указания к компьютерной лабораторной работе по
курсу «Безопасность жизнедеятельности»

Иваново - 2014

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить термины, параметры, эффекты и нормирование акустических воздействий. Изучить способы приведения акустических воздействий к докритическому уровню. Ознакомиться с алгоритмом акустического расчета для помещения с электрической машиной и для смежного помещения. Исследовать на математической модели влияние показателей работы электрической машины и помещения на уровень звука в расчетных точках.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Работник воспринимает колебания воздуха с частотой от 16 до 20000 Гц как звуковые. В акустическом воздействии участвуют источник звуковой энергии, воздушный массив помещения, ограждённый строительными конструкциями и слуховая система работника.

Звуковая энергия создаётся компонентами технических устройств, динамически воздействующими на воздушный массив. Молекулы воздуха, колеблющиеся под действием источника звука, переносят энергию внутри помещения по всем направлениям. Энергия прямого звука и звука, отражённого от поверхностей ограждающих конструкций, поступает в органы слуха. Слуховая система преобразует колебания воздуха в нервные импульсы и передаёт их в акустические центры головного мозга, в которых создаются слуховые ощущения и образы.

Работник с помощью слуховой системы взаимодействует с производственной средой сциентно и энергетически. Звуки разной частоты, приводящие к возникновению нераспознаваемых слуховых ощущений, называются шумом. Акустические воздействия рассматриваются, как энергетические воздействия, т.е. как воздействия шума.

Шум электрических двигателей (рис.) создаётся магнитными, механическими и аэродинамическими процессами. Аэродинамический шум создаётся :

- 1) срывающимися вихрями от рассечения воздушной струи кромками лопаток и диском вентилятора;
- 2) срывом вихрей с поверхности вращающегося ротора;
- 3) рассечением воздушной струи головками обмоток ротора или выступающими концами стержней клетки короткозамкнутых роторов;

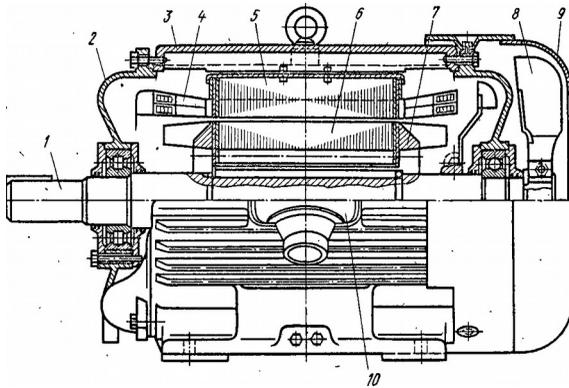


Рис. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии А02 (закрытое обдуваемое исполнение):

1 – вал, 2 – подшипниковый щит, 3 – корпус, 4 – обмотка статора, 5 – сердечник статора, 6 – сердечник ротора, 7 – обмотка ротора (короткозамкнутая), 8 – вентилятор, 9 – кожух вентилятора, 10 – коробка выводов

4) срывом вихрей с неподвижных препятствий в вентиляционных путях, например на решетках водных и выходных окон, с ребер статора и др.;

5) встречей воздушным потоком на своем пути препятствий в виде ребер, проходных шпилек и других деталей.

Уровни акустического воздействия зависят от показателей, относимых к источнику шума, посредникам воздействия и приёмникам воздействия.

Звуковыми показателями источников шума являются звуковая мощность и коэффициент направленности излучения шума.

Звуковая мощность источника шума:

$$W = \int_S I_n dS, \text{ Вт};$$

где S – площадь условной поверхности, окружающей источник шума; I_n – интенсивность звуковой энергии, нормальная к этой поверхности.

Коэффициент направленности излучения:

$$\Phi = \frac{I_{np}}{I_{cp}},$$

где I_{np} – интенсивность звуковой энергии в направлении приёмника шума, I_{cp} – средняя по всем возможным направлениям распространения интенсивность звуковой энергии.

Звуковыми показателями относительно массива воздуха в помещении являются: частота звука, длина волны, скорость распространения звука, звуковое давление, колебательная скорость и плотность потока звуковой энергии.

Частота звука:

$$f = \frac{C}{\lambda}, \text{ Гц};$$

где λ – длина волны, C – скорость распространения звука.

Скорость звука при нормальных термодинамических условиях:

$$C_{зв} = \sqrt{\frac{k \cdot P_o}{\rho_v}}, \text{ м/с};$$

где k – показатель адиабаты для воздуха, P_o – атмосферное давление при нормальных условиях, $P_o = 101,3$ кПа; ρ_v – плотность воздуха при н.у.

Звуковое давление – это разность между абсолютными давлениями воздуха в звуковом поле и в невозмущённой среде в текущий момент времени:

$$p(\tau) = P(\tau) - P_a, \text{ Па};$$

где $P(\tau)$ – абсолютное давление воздуха в какой-либо точке звукового поля; τ – время; P_a – давление в невозмущённой воздушной среде, т.е. атмосферное давление; при н. у. $P_a = P_o$.

Скорость движения колеблющихся частиц воздуха в звуковой волне:

$$v(\tau) = \frac{p(\tau)}{\rho_v \cdot C}, \text{ м/с};$$

где $\rho_v \cdot C$ – акустическое сопротивление воздуха.

Перенос звуковой энергии в пространстве характеризуется величиной мгновенной плотности потока энергии:

$$ППЭ_{зв}(\tau) = p(\tau) \cdot v(\tau), \text{ Вт/м}^2.$$

Интенсивность звуковой энергии:

$$I = \frac{\overline{p^2}}{\rho_v \cdot C}, \text{ Вт/м}^2.$$

где $\overline{p^2}$ – средний квадрат звукового давления.

Звуковыми показателями относительно приёмника воздействия являются среднеквадратичное звуковое давление, средний квадрат звукового давления и логарифмический уровень звукового давления.

Среднеквадратичное звуковое давление:

$$p_{ск} = \sqrt{\overline{p^2}}, \text{ Па.}$$

Средний квадрат звукового давления

$$\overline{p^2} = \frac{1}{\tau_{оср}} \int_{\tau_{оср}} p^2(\tau) d\tau, \text{ Па}^2;$$

где $\tau_{оср}$ – период осреднения, равный длительности звукового колебания.

Логарифмический уровень звукового давления:

$$L = \lg \frac{p^2}{p_{оп}^2}, \text{ Б}; \quad L = 20 \cdot \lg \frac{p_{ск}}{p_{оп}}, \text{ дБ};$$

где $p_{оп}$ – опорное значение среднеквадратичного звукового давления, соответствующее минимальной слышимости при частоте звука $f=1000$ Гц; $p_{оп} = 2 \times 10^{-5}$ Па.

Весь диапазон слышимых звуков при многочисловой оценке акустических воздействий разделяют на полосы частот. Каждая полоса характеризуется среднегеометрическим значением частоты:

$$f_{ср} = \sqrt{f_n \cdot f_v}, \text{ Гц};$$

где f_n – нижняя граничная частота полосы, f_v – верхняя граничная частота.

Полоса, для которой отношение $f_v / f_n = 2$, называется октавной полосой частот, а полоса с $f_v / f_n = (2)^{1/3}$ – третьоктавной.

В соответствии со стандартом ГОСТ 12.1.003-83 установлены октавные полосы со следующими среднегеометрическими частотами: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Уровни звукового давления в 9 стандартных октавных полосах частот составляют спектр производственного шума. Спектр шума измеряют шумомерами, снабженными частотными фильтрами. Октавный фильтр шумомера пропускает преобразованный звуковой сигнал лишь в определённой узкой полосе частот.

Представление акустического воздействия посредством одной величины проводится в результате коррекции спектра шума. Наибольшее распространение получила коррекция “А”, при которой частотная характеристика фильтра “А” шумомера, приблизительно соответствует частотной чувствительности слуховой системы.

Корректированный уровень звукового давления называют уровнем звука и измеряют в дБ“А” или в дБА.

Для количественной оценки переменных во времени шумов используется понятие эквивалентного уровня звука. Эквивалентный

уровень звука – это такой постоянный уровень звука, который является эквивалентным по энергии фактическому непостоянному уровню звука.

Параметрами акустического воздействия служат:

- уровни звукового давления в стандартных октавных полосах частот,
 - уровень звука,
 - эквивалентный уровень звука
- при определённой длительности.

Шум классифицируют по характеру спектра и по временным характеристикам. По характеру спектра шум подразделяют:

- на широкополосный, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона.

По временным характеристикам шум подразделяют:

- на постоянный, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБ;
- непостоянный.

В свою очередь непостоянный шум подразделяется

- на колеблющийся во времени, уровень звука которого непрерывно меняется во времени;
- прерывистый, уровень звука которого изменяется ступенчато, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается непостоянным - не менее 1 секунды;
- импульсный, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый из которых имеет длительность менее 1 секунды.

Нормирование акустического воздействия заключается в установлении предельно допустимых параметров при длительности воздействия равной 8 часам или при другой длительности, но не более 40 часов в неделю. Нормирование проводится в зависимости от вида выполняемых работ и от типа рабочего места. Нормируемыми параметрами акустического воздействия являются:

- для постоянного шума – предельно допустимые уровни звукового давления в стандартных октавных полосах частот или предельно допустимый уровень звука;
- для непостоянного шума – предельно допустимый эквивалентный уровень звука.

Шум оказывает влияние на весь организм: угнетает ЦНС, вызывает изменение скорости дыхания и частоты пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечнососудистых

заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям.

Шум в 30-35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение уровня звукового давления до 40-70 дБ создает нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, и при длительном действии может быть причиной неврозов. Хроническое воздействие шума свыше 75 дБ может привести к профессиональной тугоухости. При действии импульсного шума высоких уровней возможна временная потеря слуха, разрыв барабанных перепонки, повреждение среднего уха.

Защита от акустических воздействий на рабочих местах предприятий обеспечивается следующими мероприятиями:

- рациональные архитектурно-планировочные выбор и размещение компонентов здания;
- применение ограждающих конструкций с требуемой звукоизоляцией;
- использование звукопоглощающих конструкций;
- применение при дистанционном управлении звукоизолирующих кабин;
- сооружение на шумных агрегатах звукопоглощающих кожухов;
- применение акустических экранов;
- использование в системах вентиляции глушителей шума;
- применение виброизоляции технетических устройств.

2. СОДЕРЖАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Задача, которую решает компьютер, сформулирована следующим образом:

- 1) В помещении работает асинхронный двигатель.
- 2) Электрическая машина служит источником аэродинамического шума.
- 3) Шум воспринимается работниками, находящимися в данном и смежном помещении.
- 4) Для изучения параметров шума необходимо: использовать математическую модель для расчета параметров шума в расчетных точках; исследовать на математической модели влияние параметров работы электрической машины и параметров распространения шума на уровень звука в расчетных точках; сопоставить величину уровня звука с нормативными значениями.

Расчётная схема представлена на рис.2.

Рис.2. Схема расположения электрической машины и расчетных точек:
 1 - электрическая машина; 2 - первое помещение; 3 - второе помещение; 4 - перегородка; 5 - первая расчетная точка; 6 - вторая расчетная точка

Интенсивность звуковой энергии в каждой точке помещения складывается из интенсивности прямого и интенсивности отраженного звука:

$$I = I_{\text{пр}} + I_{\text{отр}}$$

где $I_{\text{пр}}$ - интенсивность прямого звука, $I_{\text{отр}}$ - интенсивность отраженного звука.

Уровень звукового давления в расчётной точке соразмерного помещения с одним источником шума при диффузном характере поля отраженного звука определяется по формуле:

$$L = L_w + 10 \cdot \lg \left(\Pi + \frac{4}{B} \right),$$

где L_w - уровень звуковой мощности источника шума, Π - вклад прямого звука.

Если расчётная точка оказывается в дальнем поле, то:

$$\Pi = \Pi_d = \frac{\Phi}{\Omega \cdot r^2}$$

где Φ - коэффициент направленности излучения шума, Ω - полный пространственный угол, в который излучается звук, при излучении в полусферу $\Omega = 2\pi$.

Постоянная помещения B определяется по следующей формуле:

$$B = \frac{A}{1 - \alpha},$$

где A - эквивалентная площадь звукопоглощения, определяемая по формуле:

$$A = \alpha \cdot S_{\text{отр}},$$

где $S_{\text{отр}}$ - суммарная площадь ограждающих поверхностей в помещении; α - средний коэффициент звукопоглощения ограждающих поверхностей помещения.

Уровень звуковой мощности аэродинамического шума самовентилируемых электрических машин приближённо определяется по формуле:

$$L_{W.A} = 10 \cdot \lg(Q \cdot n^2) + 8$$

где Q - номинальная мощность машины, кВт; n - частота вращения, об/мин.

Для всего диапазона слышимых частот звукоизоляцию выражают, используя закон массы, например для бетонного однослойного ограждения:

$$R_A = 22 \cdot \lg(\rho_M \cdot h) - 12$$

где ρ_M - плотность материала ограждения; h - толщина ограждения.

Звукоизоляция однородного ограждения, например перегородки при проникновении шума из помещения с источником шума в смежное помещение без источников шума определяется по следующей формуле:

$$R_A = L_{ш} - L_{из} - 10 \cdot \lg B_{из} + 10 \cdot \lg S_{п}$$

где $L_{ш}$ - уровень звука в шумном помещении у перегородки, дБА; $L_{из}$ - уровень звука в изолируемом от шума помещении, дБА; $B_{из}$ - постоянная изолируемого помещения, m^2 ; $S_{п}$ - площадь перегородки, разделяющей помещения.

Последовательность расчета уровня звука в первой расчетной точке:

- 1) Определение звуковой мощности, создаваемой электрической машиной.
- 2) Расчет постоянной первого помещения.
- 3) Определение уровня звука в первой расчетной точке.

Алгоритм расчета уровня звука во второй расчетной точке:

- 1) Определение звуковой мощности, создаваемой электрической машиной.
- 2) Расчет постоянной первого помещения.
- 3) Вычисление уровня звука у перегородки в первом помещении.
- 4) Расчет постоянной второго помещения.
- 5) Определение массы $1 m^2$ перегородки.
- 6) Вычисление звукоизоляции перегородкой.
- 7) Определение уровня звука во второй расчетной точке.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед выполнением компьютерной лабораторной работы необходимо:

- 1) Ознакомиться с содержанием данных методических указаний.
- 2) Изучить и усвоить цель лабораторной работы.
- 3) Прочитать содержание раздела «Общие сведения».
- 4) Изучить содержание математической модели.
- 5) Подготовит протокол работы.
- 6) Показать готовность к выполнению, ответив на вопросы преподавателя

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- 1) Ознакомиться с компьютерной программой, открывая и просматривая содержание её разделов.
- 2) Открыть раздел "Вводимые величины", ознакомиться с вводимыми величинами.
- 3) Ознакомиться с разделом "Пример расчета".
- 4) Открыть "Таблицу вариантов" и по номеру варианта выбрать значения исходных данных.
- 5) Провести "Вычислительный эксперимент" и оформить протокол лабораторной работы.
- 6) Получить задание и провести дополнительные исследования.
- 7) Оформить отчет.

Протокол работы представлен следующими таблицами

№	Название величины	Значение величины
1	Номинальная мощность электрической машины	
2	Частота вращения ротора	
3	Расстояние от электрической машины до первой расчетной точки	
4	Площадь ограждений первого помещения	
5	Коэффициент звукопоглощения в первом помещении	
6	Расстояние от электрической машины до перегородки	
7	Площадь перегородки	
8	Площадь ограждений второго помещения	
9	Коэффициент звукопоглощения во втором помещении	
10	Толщина перегородки	
11	Плотность материала перегородки	

Таблица 2. Уровни звука в расчетных точках		
№	Название величины	Значение величины
1	Уровень звуковой мощности, создаваемой электрической машиной	
2	Постоянная первого помещения	
3	Уровень звука в первой расчетной точке	
4	Уровень звука у перегородки в первом помещении	
5	Постоянная второго помещения	
6	Масса 1 м ² перегородки	
7	Звукоизоляция перегородкой	
8	Уровень звука во второй расчетной точке	

Таблица 3. Уровень звука в первой точке в зависимости от мощности электрической машины			
№	Мощность электрической машины, кВт	Уровень звука в первой точке, дБА	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Таблица 4. Уровень звука в первой точке в зависимости от частоты вращения			
№	Частота вращения, об/мин	Уровень звука в первой точке, дБА	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Таблица 5. Уровень звука в первой точке в зависимости от коэффициента звукопоглощения

№	Коэффициент звукопоглощения	Уровень звука в первой точке, дБА	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Таблица 6. Уровень звука во второй точке в зависимости от толщины перегородки

№	Толщина перегородки, м	Уровень звука во второй точке, дБА	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчет по компьютерной лабораторной работе должен включать:

- 1) Наименование лабораторной работы и номер варианта.
- 2) Цель работы.
- 3) Формулировку задачи, реализованной в компьютерной программе.
- 4) Алгоритм решения.
- 5) Значения исходных величин в соответствии с номером варианта.
- 6) Протокол работы с результатами вычислительного эксперимента в виде таблиц и графиков.
- 7) Результаты дополнительных исследований.
- 8) Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1) Какие составляющие участвуют в акустическом воздействии?
- 2) Как создаётся аэродинамический шум электродвигателя?
- 3) Какие показатели, относимые к источнику шума, характеризуют акустические воздействия?
- 4) Какие показатели, относимые к массиву воздуха в помещении, характеризуют акустические воздействия?
- 5) Какие показатели, относимые к приёмнику, характеризуют акустические воздействия?
- 6) Какие величины являются параметрами акустического воздействия?
- 7) Как классифицируют производственный шум?
- 8) Как нормируются акустические воздействия?
- 9) Какие эффекты возникают при акустических воздействиях?
- 10) Какими мероприятиями обеспечивается защита от шума?
- 11) Как сформулирована задача, которую решает компьютер?
- 12) По какому алгоритму решается поставленная задача?
- 13) Какое значение имеет уровень звука в первой расчетной точке?
- 14) Какое значение имеет звукоизоляция перегородки?
- 15) Какое значение имеет уровень звука во второй расчетной точке?