

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
им. Н.Э. БАУМАНА**

Факультет: Информатика и системы управления  
Кафедра: Информационная безопасность (ИУ8)

**ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИБ ОБЪЕКТОВ**

**Задание на тему:  
«Акустический расчет»**

Вариант 5

**Преподаватель:**  
Медведев Н. В.

**Студент:**  
Куликова А.В.

**Группа:**  
ИУ8-31М

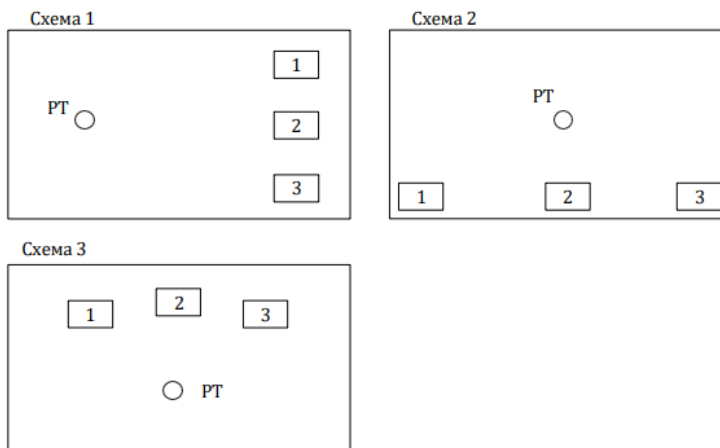
## Постановка задачи

### Варианты работ.

**3.1.** В лаборатории размерами  $a \times b \times c$ , м, со средним коэффициентом звукопоглощения для выбранной октавной полосы  $f_{\text{ср}} = 500$  Гц, равным  $\alpha_{\text{ср}}$ , установлены три одинаковых стенда с уровнем звуковой мощности, излучаемой корпусом одного стенда (в соответствии с технической документацией) на указанной октавной полосе  $L_w$ , дБ и максимальным линейным размером  $l_{\text{max}}$ , м. Стенды установлены в соответствии со схемой  $N$  (рис. 2.3). Определить УЗД в расчетной точке РТ, в соответствии со схемой, расположенной на расстояниях  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ , м от соответствующих стендов.

№ варианта	$a \times b \times c$	$\alpha_{\text{ср}}$	$L_w$	$l_{\text{max}}$	$N$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$f$
1	6×5×3	0,1	62	0,7	1	3	2	3	500
3	5×4×3	0,2	66	1,2	1	2	1,5	2	500
5	7×6×3	0,2	70	0,8	1	4	2	4	1000

Рис. 2.3. Схемы размещения оборудования.



## Ход работы

Программная реализация на языке программирования Python.

```
import numpy as np
import pandas as pd

def sound_pressure_level(L_w, r):
    return L_w - 20 * np.log10(r) - 11

def corrected_sound_pressure_level(L_p, alpha):
    return L_p - 10 * np.log10(1 - alpha)

def combined_sound_pressure_level(L_levels):
    return 10 * np.log10(np.sum(10 ** (np.array(L_levels) / 10)))

def main():
    a, b, c = 7, 6, 3
    alpha_avg = 0.2
    L_w = 70
```

```

distances = [4, 2, 4]
L_p = [sound_pressure_level(L_w, r) for r in distances]
L_p_corr = [corrected_sound_pressure_level(lp, alpha_avg) for lp in L_p]
L_p_total = combined_sound_pressure_level(L_p_corr)

data = {
    'Стенд': ['1', '2', '3'],
    'Расстояние (м)': distances,
    'Уровень звукового давления (дБ)': L_p,
    'Скорректированный уровень (дБ)': L_p_corr
}

df = pd.DataFrame(data)
print(f"1. Уровень звуковой мощности стендов: {L_w} дБ")

for i, r in enumerate(distances):
    print(f"Формула для стенда {i + 1}:  $L_p[{i + 1}] = L_w - 20 * \log_{10}(\{r\}) - 11 = \{L_p[i]:.2f\}$  дБ")

print("2. Расстояния и уровни звукового давления:")
print(df.to_string(index=False))

print("Формула:  $L_{p\_corr} = L_p - 10 * \log_{10}(1 - \alpha)$ ")

for i, lp in enumerate(L_p):
    print(f"Формула для стенда {i + 1}:  $L_{p\_corr}[\{i + 1\}] = \{lp:.2f\} - 10 * \log_{10}(1 - \{alpha\_avg\}) = \{L_{p\_corr}[i]:.2f\}$  дБ")

print("5. Общий уровень звукового давления в точке РТ:")
print("Формула:  $L_{p\_total} = 10 * \log_{10}(\sum(10^{(L_{p\_corr} / 10)}))$ ")

combined_expr = " + ".join([f"10^{(lp / 10:.2f)}" for lp in L_p_corr])
print(f" $L_{p\_total} = 10 * \log_{10}(\sum(\{combined\_expr\})) = \{L_{p\_total}:.2f\}$  дБ")

if __name__ == "__main__":
    main()

```

Результат программной реализации представлен на рисунке 1. Также вывод, написанный на языке latex.

```

C:\Users\USER\Desktop\test\pythonProject\.venv\Scripts\python.exe C:\Users\USER\Desktop\test\pythonProject\main.py
1. Уровень звуковой мощности стенов: 70 дБ
Формула для стенда 1:  $L_p[1] = 70 - 20 * \log_{10}(4) - 11 = 46.96$  дБ
Формула для стенда 2:  $L_p[2] = 70 - 20 * \log_{10}(2) - 11 = 52.98$  дБ
Формула для стенда 3:  $L_p[3] = 70 - 20 * \log_{10}(4) - 11 = 46.96$  дБ
2. Расстояния и уровни звукового давления:
Стенд  Расстояние (м)  Уровень звукового давления (дБ)  Скорректированный уровень (дБ)
1       4              46.9588                        47.9279
2       2              52.9794                        53.9485
3       4              46.9588                        47.9279
Формула:  $L_{p\_corr} = L_p - 10 * \log_{10}(1 - \alpha)$ 
Формула для стенда 1:  $L_{p\_corr}[1] = 46.96 - 10 * \log_{10}(1 - 0.2) = 47.93$  дБ
Формула для стенда 2:  $L_{p\_corr}[2] = 52.98 - 10 * \log_{10}(1 - 0.2) = 53.95$  дБ
Формула для стенда 3:  $L_{p\_corr}[3] = 46.96 - 10 * \log_{10}(1 - 0.2) = 47.93$  дБ
5. Общий уровень звукового давления в точке РТ:
Формула:  $L_{p\_total} = 10 * \log_{10}(\sum(10^{(L_{p\_corr} / 10)}))$ 
 $L_{p\_total} = 10 * \log_{10}(\sum(10^{(4.79)} + 10^{(5.39)} + 10^{(4.79)})) = 55.71$  дБ

```

Рисунок 1 - Результаты программной реализации

## 1. Уровень звуковой мощности стендов: 70 дБ

Формула для стенда 1:

$$L_p[1] = 70 - 20 \cdot \log_{10}(4) - 11 = 46.96 \text{ дБ}$$

Формула для стенда 2:

$$L_p[2] = 70 - 20 \cdot \log_{10}(2) - 11 = 52.98 \text{ дБ}$$

Формула для стенда 3:

$$L_p[3] = 70 - 20 \cdot \log_{10}(4) - 11 = 46.96 \text{ дБ}$$

## 2. Расстояния и уровни звукового давления:

Стенд	Расстояние (м)	Уровень звукового давления (дБ)	Скорректированный уровень (дБ)
1	4	46.9588	47.9279
2	2	52.9794	53.9485
3	4	46.9588	47.9279

Формула:

$$L_{p_{\text{corr}}} = L_p - 10 \cdot \log_{10}(1 - \alpha)$$

Формула для стенда 1:

$$L_{p_{\text{corr}}}[1] = 46.96 - 10 \cdot \log_{10}(1 - 0.2) = 47.93 \text{ дБ}$$

Формула для стенда 2:

$$L_{p_{\text{corr}}}[2] = 52.98 - 10 \cdot \log_{10}(1 - 0.2) = 53.95 \text{ дБ}$$

Формула для стенда 3:

$$L_{p_{\text{corr}}}[3] = 46.96 - 10 \cdot \log_{10}(1 - 0.2) = 47.93 \text{ дБ}$$

## 5. Общий уровень звукового давления в точке РТ:

Формула:

$$L_{p_{\text{total}}} = 10 \cdot \log_{10} \left( \sum (10^{(L_{p_{\text{corr}}}/10)}) \right)$$

$$L_{p_{\text{total}}} = 10 \cdot \log_{10} \left( 10^{(4.79)} + 10^{(5.39)} + 10^{(4.79)} \right) = 55.71 \text{ дБ}$$

## Контрольные вопросы

### 1. Что такое уровень звукового давления и почему эта величина используется для характеристики звуковых волн. Формула и единицы измерения уровня звукового давления.

Уровень звукового давления — это логарифмическая мера звукового давления, которая используется для характеристики громкости звука. Он позволяет сравнивать различные уровни звукового давления, поскольку человеческое восприятие громкости звука является нелинейным.

Уровень звукового давления рассчитывается по следующей формуле:

$$L = 20 \log_{10}(p/p_0), \text{ где}$$

$L$  — уровень звукового давления в децибелах (дБ),

$p$  — измеренное звуковое давление (Па),

$p_0$  — порог слышимости (обычно принимается равным 20 мПа или  $2 \times 10^{-5}$  Па).

Уровень звукового давления измеряется в децибелах (дБ). Эта единица является логарифмической, что означает, что увеличение уровня звука на 10 дБ соответствует увеличению звукового давления в 10 раз.

### 2. Чем отличаются уровень звука и уровень звукового давления. Какие существуют корректировочные характеристики.

Уровень звука и уровень звукового давления — это два разных, но связанных понятия в акустике.

Уровень звукового давления ( $L_p$ ) - Уровень звукового давления измеряет интенсивность звука в терминах давления, которое звук оказывает на поверхность. Он выражается в децибелах (дБ) относительно некоторого стандартного уровня давления, обычно 20 мПа, что соответствует порогу слышимости для человека.

$$L_p = 20 \cdot \log_{10}(p/p_0), \text{ где}$$

$p$  — измеренное звуковое давление, а  $p_0 = 20$  мПа.

Уровень звука ( $L$ ) — это более общее понятие, которое может включать в себя уровни звукового давления, но также учитывает восприятие звука человеческим ухом. Он может быть более связан с тем, как звук воспринимается людьми.

Корректировочные характеристики

А-взвешивание	Используется для оценки уровня звука, который воспринимается человеческим ухом. Эта характеристика учитывает чувствительность уха к различным частотам и часто применяется в шумовых измерениях
С-взвешивание	Применяется для оценки более громких звуков и менее чувствителен к высоким частотам по сравнению с А-взвешиванием
Z-взвешивание	Измерение, которое учитывает все частоты без корректировок

3. Что такое звуковая мощность и уровень звуковой мощности. Формула и единица измерения.

Звуковая мощность — это количество энергии, которое звук излучает в единицу времени. Она представляет собой физическую величину, характеризующую источник звука и не зависит от расстояния до наблюдателя или среды распространения.

Уровень звуковой мощности — это логарифмическое выражение звуковой мощности относительно некоторого стандартного уровня мощности. Он позволяет удобно сравнивать разные уровни звуковой мощности.

$$L_W = 10 \cdot \log_{10}(W/W_0), \text{ где:}$$

$W$  — измеренная звуковая мощность (Вт),

$W_0 = 10^{-12}$  Вт — стандартный уровень мощности, который соответствует порогу слышимости для человека.

Единицы измерения:

Звуковая мощность	Вт
Уровень звуковой мощности	дБ

#### 4. На основании какого документа нормируются УЗД. Сущность акустического расчета.

Уровень звукового давления (УЗД) и его нормирование в различных областях регулируются в России, основным документом, который нормирует уровни шума и звукового давления в окружающей среде:

- Санитарные правила и нормы (СанПиН), которые содержат требования к уровню шума в жилых и общественных помещениях.



- ГОСТы, касающиеся акустики, например, ГОСТ Р 51251-99 "Акустика. Общие требования к шуму".

Сущность акустического расчета:

1. Измерение уровня звукового давления. Определение уровня шума в различных условиях (в помещениях, на улице и т.д.).
2. Моделирование распространения звука. Использование математических моделей для предсказания, как звук распространяется в пространстве, учитывая различные факторы (геометрия помещения, материалы стен, наличие преград и т.д.).
3. Оценка воздействия шума. Анализ влияния уровня шума на здоровье человека и окружающую среду, включая возможные последствия для слуха и общего самочувствия.
- 4. Разработка мер по снижению шума: Определение методов уменьшения уровня звука (например, использование звукопоглощающих материалов, изменение планировки помещений и т.д.).**

Снижение уровня шума в помещениях и на открытых пространствах может быть достигнуто с помощью различных методов.

Использование звукопоглощающих материалов	Звукопоглощающие панели: Установка специальных панелей на стены и потолки, которые поглощают звук и уменьшают реверберацию. Ковры и текстиль: Использование ковров, занавесок и мягкой мебели помогает поглощать звуковые волны. Акустические потолки: Применение потолочных плит с высокими звукопоглощающими свойствами.
Изменение планировки помещений	Зонирование: Разделение пространства на зоны с различными уровнями шума (например, рабочие и тихие зоны). Перемещение источников шума: Если возможно, перемещение шумных устройств (например, кондиционеров или генераторов) дальше от жилых зон.
Установка звукоизолирующих конструкций	Звукоизолирующие двери и окна: Установка окон и дверей с хорошими звукоизоляционными характеристиками. Уплотнители: Использование уплотнителей для предотвращения проникновения звука через щели.
Внешние меры	Зеленые насаждения: Высаживание деревьев и кустарников вокруг зданий может снизить уровень шума от дороги или других источников.

	Шумозащитные экраны: Установка экранов вдоль дорог или вблизи шумных объектов.
Технические решения	Шумоподавляющее оборудование: Использование техники, которая работает с меньшим уровнем шума (например, тихие вентиляторы, компрессоры). Регулирование работы оборудования: Применение таймеров или автоматизации для уменьшения времени работы шумных устройств.

## 5. Порядок проведения акустического расчета.

Определение целей и задач	Цели расчета: Установить, требуется ли улучшение акустики, оценить уровень шума от источников, определить необходимость звукоизоляции и т.д. Задачи: Определить параметры, которые необходимо измерить или рассчитать (уровень звукового давления, коэффициенты звукопоглощения).
Сбор исходных данных	Получение чертежей и планов помещений для анализа. Определение всех возможных источников шума (внутренние и внешние). Сбор информации о материалах стен, пола, потолка и других конструктивных элементах.
Измерение уровня шума	Проведение замеров уровня звукового давления с помощью шумомеров в различных точках помещения. Учет времени суток, погодных условий и других факторов, которые могут повлиять на результаты.
Моделирование акустической среды	Использование специализированного программного обеспечения для создания модели помещения и анализа распространения звука. Ввод данных о материалах и их акустических характеристиках.
Анализ результатов	Сравнение полученных данных с нормативными требованиями (СанПиН, ГОСТ). Определение участков с повышенным уровнем шума или плохой акустикой.
Подготовка отчета	Составление отчета с описанием проведенных исследований, полученными данными и рекомендациями.

## 6. Что такое звуковая изоляция. От чего зависит звукоизоляция однородной пластины.

Звуковая изоляция — это способность строительных конструкций (стен, полов, потолков) препятствовать прохождению звука через них.

Звукоизоляция однородной пластины зависит от:

Толщина пластины	Чем толще плита, тем выше ее звукоизоляционные свойства. Увеличение толщины снижает уровень звука, проходящего через материал.
Материал	Разные материалы имеют разные акустические свойства. Например, плотные материалы (бетон, металл) обычно обеспечивают лучшую звукоизоляцию, чем легкие (дерево, гипсокартон).
Частота звука	Звукоизоляция зависит от частоты звука. Плиты лучше блокируют низкие частоты и менее эффективны для высоких частот.
Структурные особенности	Форма и структура плиты также влияют на звукоизоляцию.
Контактные соединения	Способы соединения плит могут создавать дополнительные пути для прохождения звука, что снижает общую эффективность звукоизоляции.
Поглощение и отражение звука	Плиты могут как поглощать звук, так и отражать его. Материалы с высоким коэффициентом звукопоглощения могут улучшить общую акустику помещения.
Масса пластины	Более тяжелые конструкции обычно имеют лучшие звукоизоляционные характеристики благодаря своей инерции.