

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Охрана труда и окружающей среды»

Утверждено на заседании кафедры
«Охрана руда и окружающей среды»
«26» января 2021 г., протокол №6

Заведующий кафедрой



В.М. Панарин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ (СЕМИНАРСКИХ) ЗАНЯТИЙ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
**«ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВ»**

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы специалитета**

по направлению подготовки
38.05.01 Экономическая безопасность

с направленностью (профилем)
Экономико-правовое обеспечение экономической безопасности

Формы обучения: дистанционная

Идентификационный номер образовательной программы: 380501-01-21

Тула 2021 год

Разработчик методических указаний

Докт. техн. наук, доцент каф. ОТиОС Маслова А.А.



Общие рекомендации

Программа предусматривает проведение практических занятий. Работа на практических занятиях нацелена на закрепление теоретических знаний по материалу самостоятельно изученной теоретической литературы, дискуссии, а также развитие у студентов навыков самостоятельного исследования основных проблем обеспечения производственной безопасности на основе обработки имеющихся данных с помощью применения современных методов и инструментов.

Целями проведения практических занятий являются закрепление теоретического материала по самостоятельно изученной литературе в области обеспечения безопасности человека в современном мире, формирования комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизации техногенного воздействия на природную среду, сохранения жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования.

Задачами проведения практических занятий являются:

- Закрепление теоретического материала при самостоятельном выполнении научных исследований в области безопасности, планировании экспериментов, обработке, анализе и обобщении их результатов, математическом и машинном моделировании, построении прогнозов;
- Решение практических задач по оценке вредных и опасных факторов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Цель работы: освоить методику расчета напряженности электрического поля от высоковольтных линий электропередач.

Задачи работы: изучить методику расчета напряженности электрического поля промышленной частоты E , рассчитать E для высоковольтной линии электропередачи, сравнить с нормативным значением, сделать выводы.

1 Основные теоретические сведения

1.1. Электромагнитные поля, воздействие на человека

Электромагнитное поле (ЭМП) это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Переменное ЭМП представляет собой совокупность магнитного и электрического полей. Электрическое поле возникает при наличии напряжения на токоведущих частях, а магнитное - при прохождении тока по этим частям.

Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (имеющую радиус менее $1/6$ длины волны), промежуточную и дальнюю (расположенную на расстоянии более $1/6$ длины волны от источника).

В ближней и промежуточной зонах электромагнитная волна еще не сформирована, поэтому интенсивность ЭМП в этих зонах оценивается отдельно напряженностью электрической E (В/м) и магнитной H (А/м) составляющих поля.

Персонал, обслуживающий высоковольтные электроэнергетические установки, находятся в ближней зоне ($l < 1/6\lambda$) и подвергается воздействию электромагнитных полей, причем основное воздействие оказывает электрическая составляющая поля.

Воздействие ЭМП на человека состоит в следующем: в электрическом поле атомы и молекулы, из которых состоит тело человека, поляризуются. Полярные молекулы ориентируются по направлению распространения ЭМП, появляются ионные токи.

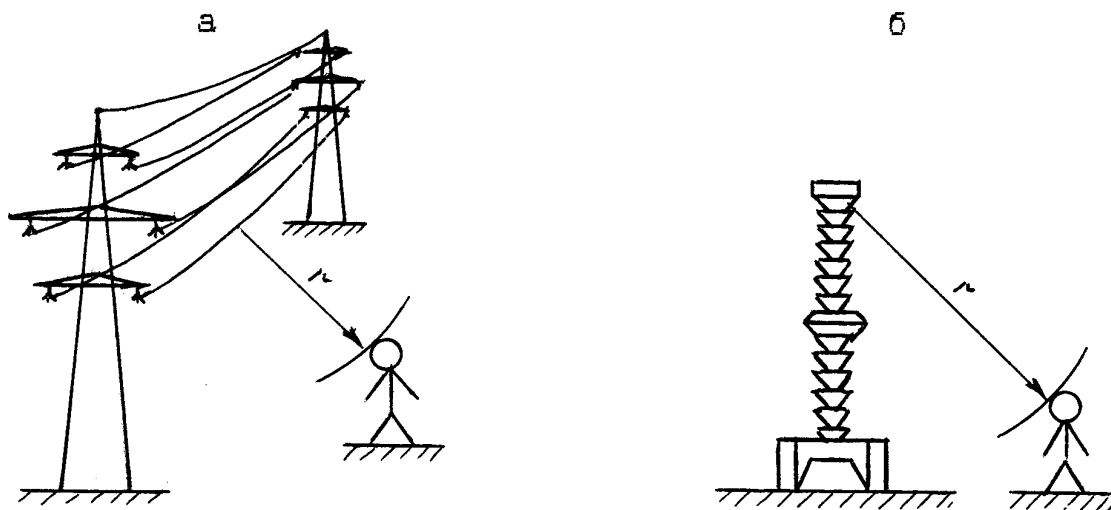
Длительное воздействие ЭМП низкой частоты небольшой интенсивности приводит к различным нервным и сердечно-сосудистым расстройствам (головной боли, утомляемости, нарушению сна, боли в области сердца и т.п.).

С увеличением напряженности электромагнитного поля, продолжительности облучения и частоты колебаний воздействие на человека возрастает.

При текущем санитарном контроле (не реже одного раза в год), а также в случае приемки источников ЭМП или изменения их конструкции и режимов работы, производится измерение параметров электромагнитного поля на рабочих местах. Измеренные значения сравниваются с нормативными по ГОСТ 12.1.002-84 /1/ и, если они не соответствуют, то применяются меры защиты.

1.2 Источники ЭМП промышленной частоты, расчет напряженности электрического поля от высоковольтных линий электропередач и аппаратов

Источниками ЭМП промышленной частоты (50 Гц) являются линии электропередач (ЛЭП) напряжением выше 330 кВ, высоковольтные открытые распределительные устройства (коммутационные аппараты, устройства защиты автоматики, измерительные приборы, соединительные шины). Опасной зоной воздействия ЛЭП 500 кВ является пространство на расстоянии до 20 м от ближайших проводов, а у ЛЭП 750 кВ - до 30 м (рисунок 1).



а - ЛЭП; б - токоведущие части

Рисунок 1 – Опасные зоны воздействия электрического поля высоковольтных линий электропередач и аппаратов

Напряженность электрического поля, создаваемого трехфазной воздушной линией электропередачи с горизонтальным расположением проводов (рисунок 1 а), определяется выражением

$$E = \frac{U \cdot k}{r \ln \left(1,26 \frac{B_{\text{пр}}}{r_{\text{пр.э}}} \right)}, \quad (1)$$

где E - напряженность электрического поля на расстоянии r от ближайшего провода ЛЭП, кВ/м;

U - эффективное значение фазного напряжения, кВ;

k - коэффициент, учитывающий высоту подвеса проводов $H_{\text{пр}}$, расстояние между фазными проводами $B_{\text{пр}}$ и расстояние от проводов до исследуемой точки r ($k = 0,8...1$);

r - кратчайшее расстояние от провода до точки, в которой определяется напряженность, м.

$B_{\text{пр}}$ - расстояние между фазными проводами, м;

$r_{\text{пр.э}}$ - эквивалентный радиус провода, м;

При расщепленных фазах, состоящих каждая из n проводов, эквивалентный радиус провода $r_{\text{пр.э}}$ вычисляется по формуле:

$$r_{\text{пр.э}} = P \sqrt[n]{r_{\text{пр}} \alpha_p^{n-1}}, \quad (2)$$

где P - поправочный коэффициент ($P = 1$ при $n \leq 3$, $P = 1,09$ при $n = 4$);

n - число проводов в фазе;

$r_{\text{пр}}$ - радиус провода, м;

α_p - расстояние между проводами одной фазы (шаг расщепления), м.

Например, при $U = 500$ кВ, $B_{\text{пр}} = 10$ м, $r_{\text{пр}} = 15$ мм на расстоянии $r=20$ м напряженность электрического поля

$$E = \frac{500 \cdot 1}{20 \ln \left(1,26 \frac{10}{0,015} \right)} = 3,7 \text{ кВ/м.}$$

Если расщепленная фаза (3 провода диаметром 10 мм на расстоянии 40 см), то

$$r_{\text{пр.э}} = \sqrt[3]{0,01 \cdot 0,4^2} = 0,117 \text{ м; } E=5,34 \text{ кВ/м.}$$

1.3. Нормирование воздействия электрических полей промышленной частоты

Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле (ЭП) промышленной частоты 50 Гц, принята напряженность этого поля. Нормы установлены ГОСТ 12.1.002-84 [1].

Пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня.

При напряженности ЭП свыше 5 до 20 кВ/м включительно нормируется время пребывания людей в электрическом поле. Допустимое время T вычисляется по формуле [1, с. 1]:

$$T = \frac{50}{E} - 2, \quad (3)$$

где T - допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч;

E - напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

Например: $E = 10$ кВ/м, $T = 50 / 10 - 2 = 3$ ч.

При напряженности ЭП свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должна превышать 10 мин.

Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП устанавливается равным 25 кВ/м. Даже кратковременное пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано одновременно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м.

При нахождении персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП время пребывания вычисляется по формуле:

$$T_{\text{пр}} = 8 \left(\frac{t_{E1}}{T_{E1}} + \frac{t_{E2}}{T_{E2}} + \dots + \frac{t_{En}}{T_{En}} \right), \quad (4)$$

где $T_{\text{пр}}$ - приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч;

$t_{E1} \dots t_{En}$ - время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью $E_1 \dots E_n$;

$T_{E1} \dots T_{En}$ - допустимое время пребывания в ЭП для соответствующих контролируемых зон, ч.

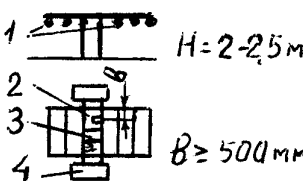
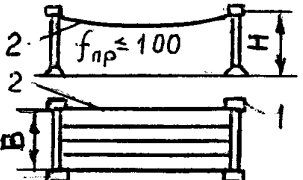
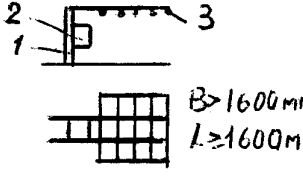
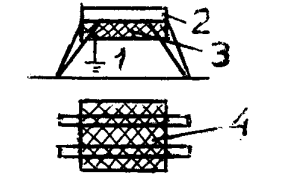
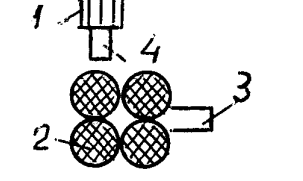
Приведенное время не должно превышать 8 ч.

1.4 Защита от воздействия электрических полей

Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличить высоту подвеса фазных проводов ЛЭП.

Для защиты работающих на открытых распределительных устройствах (ОРУ) и воздушных линиях электропередачи напряжением 330-750 кВ от электрических полей промышленной частоты используются экраны по ГОСТ 12.4.154-85 [3]. В зависимости от назначения установлены типы экранирующих устройств, указанных в таблице 1.

Таблица 1 - Экранирующие устройства для защиты работающих на открытых распределительных устройствах и воздушных линиях электропередачи напряжением 330 - 750 кВ

Обозначение	Зона экранирования	Схемы, основные параметры
ЭМ Экран межячейковый	Рабочие места у выключателя и выключателя- отключателя	
ЭР Экран навес у разъединителя	Рабочие места у приводов разъединителей типа РНДЗ-330, РНДЗ-500	 $H = 2 - 2,5 \text{ м}$ $B \geq 500 \text{ мм}$ 1 - портал; 2 - привод ПРН; 3 - привод ПДН; 4 - рама
ЭД Экран-навес над пешеход. дорожками	Участки маршрута обхода	 $f_{пр} \leq 100$ $H = 2,8 - 3 \text{ м}$ $B = 2 \text{ м}$ 1 - конструкция; 2 - канат;
ЭК Экран-козырек у шкафов	Рабочие места у приводов и отдельно стоящих шкафов различного назначения	 $B > 1600 \text{ мм}$ $L \geq 1600 \text{ мм}$ $H = 2,3 - 2,5 \text{ м}$ 1 - стойка; 2 - привод; 3 - решетка;
ЭП Экран переносной (без подъема)	Рабочие места, находящиеся вне зоны действия экранов	 1 - заземл. пр. 2 - рама; 3 - навес. бок. 4 - навес гор.
ЭС Экран съемный для люлек подъемн.	То же, при обслуживании оборудования с применением подъемников	 1 - экран осн.; 2 - экран доп.; 3 - стрела; 4 - люлька

Экран выполняются в виде стальных канатов, металлических решеток или сеток, закрепленных на раме из уголкового стали. Диаметр канатов и прутков должен быть не менее 6 мм, расстояние между канатами должно составлять 500 мм, ячейки сетки экранов должны быть не более 50×50 мм.

Экраны должны быть заземлены путем присоединения к заземляющему устройству или заземленному объекту.

В качестве индивидуальных средств защиты от воздействия электрических полей промышленной частоты открытых распределительных устройств (ОРУ) и воздушных линий электропередачи применяются индивидуальные экранирующие комплекты Эп-1, Эп-2, Эп-3 и Эп-4 (спецодежда, спецобувь, средства защиты рук, лица) по ГОСТ 12.4.172-87 [4].

1.5 Примеры расчетов

1.5.1. Пример. Определить какое время в смену допускается находиться персоналу в зоне воздействия электрического поля (ЭП) без применения средств защиты. Источником ЭП является высоковольтная линия электропередачи напряжением 500 кВ частотой 50 Гц. Линия имеет горизонтальное расположение проводов с расстоянием между ними $B_{\text{пр}} = 10,5$ м; фазы – расщепленные, состоящие из трех проводов АСО-500 радиусом $r_{\text{пр}} = 15,1$ мм с шагом расщепления $\alpha_p = 40$ см.

Высота подвеса проводов на опорах $H_{\text{пр}} = 22$ м, габарит линии (наименьшее расстояние до земли) $H_o = 8,65$ м. На расстоянии 10 м (по прямой линии) от ближайшего из проводов ЛЭП необходимо выполнить работу.

Решение проводится в следующем порядке.

По формулам (2) и (1) вычисляются эквивалентный радиус провода $r_{\text{пр.э}}$ и напряженность электрического поля E на расстоянии 10 м от ближайшего провода ЛЭП:

$$r_{\text{пр.э}} = P \sqrt[n]{r_{\text{пр}} \alpha_p^{n-1}} = 1 \cdot \sqrt[3]{0,0151 \cdot 0,4^2} = 0,134 \text{ м},$$

$$E = \frac{U \cdot k}{r \ln \left(1,26 \frac{B_{\text{пр}}}{r_{\text{пр.э}}} \right)} = \frac{500 \cdot 1}{10 \cdot \ln \left(1,26 \frac{10,5}{0,134} \right)} = 10,9 \text{ кВ/м}.$$

Так как напряженность электрического поля составляет 10,9 кВ/м, то допустимое время пребывания персонала определяется по формуле (3):

$$T = \frac{50}{E} - 2 = \frac{50}{10,9} - 2 = 2,6 \text{ ч},$$

то есть работа персонала без средств защиты на расстоянии 10 м от ЛЭП-500 должна проводиться не более 2 часов 35 минут.

1.5.2. Пример. Персонал, обслуживающий высоковольтные установки промышленной частоты, в течение рабочего дня находится в зонах с различной напряженностью электрического поля:
 0,2 ч при $E_1 = 18$ кВ/м, 0,5 ч при $E_2 = 10$ кВ/м,
 3,5 ч при $E_3 = 6$ кВ/м и 2,8 ч при $E_4 = 4$ кВ/м.

Определить, можно ли выполнять эти работы персоналом без средств защиты?

Решение проводим в следующем порядке.

По формуле (3) вычисляем допустимое время пребывания людей в зонах с напряженностью $E_1...E_4$:

$$T = \frac{50}{E_1} - 2 = \frac{50}{18} - 2 = 0,8 \text{ ч},$$

аналогично $T_{E2} = 3$ ч, $T_{E3} = 6,3$ ч.

Время нахождения в зоне, где $E_4 = 4$ кВ/м не рассчитывается, так как допускается в остальное рабочее время напряженность электрического поля не более 5 кВ/м.

По формуле (4) вычисляется приведенное время, эквивалентное пребыванию людей в ЭП напряженностью 5 кВ/м:

$$T_{пр} = 8 \left(\frac{t_{E1}}{T_{E1}} + \frac{t_{E2}}{T_{E2}} + \frac{t_{E3}}{T_{E3}} \right) = 8 \left(\frac{0,2}{0,8} + \frac{0,5}{3} + \frac{3,5}{6,3} \right) = 7,8 \text{ ч}.$$

Приведенное время $T_{пр}$ меньше 8 ч, поэтому персоналу допускается выполнение работы без средств защиты.

2. Задание на работу

Задача 1. При обслуживании распределительной станции напряжением 500 кВ обслуживающий персонал подвергается воздействию электромагнитного поля промышленной частоты. Значения напряженности ЭМП в зонах А, Б и В (соответственно E_A , E_B и E_V) приведены в таблице 2. Время нахождения людей в этих зонах t_A , t_B и t_V также приведены в таблице 2. Требуется рассчитать допустимое время нахождения людей в этих зонах (T_A , T_B , T_V), определить возможность выполнения одним человеком последовательно нескольких работ в зонах А, Б и В в течение времени t_A , t_B и t_V .

Таблица 2 – Значения напряженности электрического поля в зонах А, Б и В и время нахождения людей в этих зонах

Наименование параметров	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
E_A , кВ/м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_B , кВ/м	0,5	1	1	2	2	3	3	4	4	5
E_V , кВ/м	25	22	20	151	5	10	15	20	22	25
t_A , ч	0,5	1	1,5	2	2,5	3	2,5	2	1,5	1
t_B , ч	2	3	4	1	1	2	3	1	1	2
t_V , ч	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	1	0,5	0,1	0,2

Задача 2. Определить напряженность электрического поля от высоковольтной линии электропередачи и сравнить с нормативным значением. Сделать вывод. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.

Номер варианта	Фазное напряжение U , кВ	Расстояние между фазными проводами r , м	Радиус провода $r_{пр}$, м	Расстояние между проводами одной фазы α_p , м	Расстояние от провода до человека r , м
1	500	10	12	0,4	10
2	330	6	6	0,2	8
3	750	12	16	0,5	15
4	500	8	14	0,3	12
5	330	6	8	0,3	10
6	750	15	16	0,6	10
7	500	10	10	0,3	8
8	500	12	12	0,5	6
9	750	16	12	0,5	13
0	330	8	8	0,2	5

2. Порядок выполнения работы

3.1 Изучить теоретические сведения об электромагнитных полях и методике расчета электрического поля (ЭП).

3.2 Решить задачи 1 и 2.

3.3. Рассчитать значение напряженности ЭП от высоковольтной линии электропередачи.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.002-84. ССБТ. Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.

2. ГОСТ 12.4.154-85. ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры.

3. ГОСТ 12.4.172-87. ССБТ. Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы контроля.

4. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. Учеб. пособие для вузов.- М.: Энергия, 1979.- 408 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2
ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ.
РАСЧЕТ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА.

Цель работы: выработать знания у студентов по оценке шумового режима в помещениях, выбору и расчету средств защиты от шума

1. Основные теоретические сведения

Уровни шума в помещениях обусловлены акустическими характеристиками источников шума, их количеством и размещением, акустическими свойствами помещений.

Основными характеристиками, используемыми в практике борьбы с шумами, являются:

для источников шума – уровни звуковой мощности, L_P , дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

$$L_P = 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right),$$

где P – звуковая мощность источника, Вт; P_0 – пороговая звуковая мощность, равная 10^{-12} Вт;

для расчетных точек – уровни звукового давления, L_P , дБ, на тех же среднегеометрических частотах

$$L_P = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right),$$

где p – звуковое давление на рабочем месте, Па; p_0 – пороговое звуковое давление, равное $2 \cdot 10^{-5}$, Па.

Оценка звукового режима помещения проводится на основе расчетов ожидаемых уровней звукового давления в расчетных точках и сравнения их с допустимыми по нормам значениям. В качестве мер по снижению шума в помещениях могут быть предусмотрены акустические средства, включающие звукопоглощающие облицовки ограждающих конструкций зданий, звукоизолирующие конструкции (звукоизолирующие ограждения, звукоизолирующие кожухи, кабины и др.)

В настоящей работе студентам предлагается выполнить акустический расчет:

ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке помещения;
звукоизолирующего ограждения, звукопоглощающей облицовки.

2. Задание к работе

Дано. В рабочем помещении длиной $\underline{A}$ м, шириной $\underline{B}$ м, и высотой $\underline{H}$ м размещены источники шума – ИШ₁, ИШ₂,..., ИШ_п с уровнями звуковой мощности $L_1, L_2, \dots, L_n$ (рис. 1). Источник шума ИШ₁ с заключен в кожух. В конце цеха

находится помещение вспомогательных служб, которое отделено от основного цеха перегородкой с дверью площадью $S_{дв}=2,5 \text{ м}^2$. Расчетная точка находится на расстоянии r_i от источников шума.

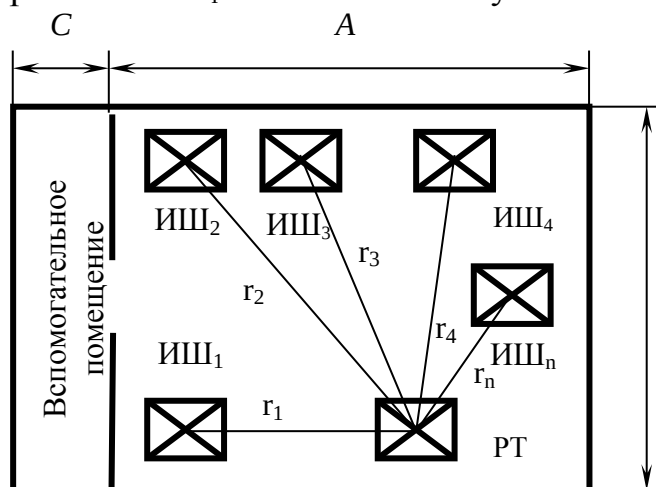


Рис. 1. Схема расположения оборудования – ИШ на участке и расчетной точки – РТ.

РАССЧИТАТЬ:

1. Уровни звукового давления в расчетной точке – РТ, сравнить с допустимыми по нормам, определить требуемое снижение шума на рабочих местах. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.1.
2. Звукоизолирующую способность перегородки и двери в ней, подобрать материал для перегородки и двери. Расчеты производить в соответствии с п. 3.2.
3. Звукоизолирующую способность кожуха для источника ИШ₁. Источник шума установлен на полу, размеры его в а плане – (а х b) м, высота – h м. Подобрать материал для кожуха. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.3.
4. Снижение шума при установке на участке цеха звукопоглощающей облицовки. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.4.

Акустические расчеты проводятся в восьми октавных полосах на среднегеометрических частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Однако, в связи с повторяемостью и трудоемкостью, расчеты в практической работе студенты проводят не по всем частотам, а по указанию преподавателя (3 – 4 частоты).

3. Методика расчетов

3.1. Расчет ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке и требуемого снижения уровней шума.

Если в помещении находится несколько источников шума с разными уровнями излучаемой звуковой мощности, то уровни звукового давления для среднегеометрических частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц в расчетной точке следует определять по формуле

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\chi_i \Phi_i \Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right), \quad (1)$$

Здесь:

L – ожидаемые октавные уровни звукового давления в расчетной точке, дБ;

χ – эмпирический поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения расстояния r от расчетной точки до акустического центра к максимальному габаритному размеру источника $l_{\max}$, рис. 2. Акустическим центром источника шума, расположенного на полу, является проекция его геометрического центра на горизонтальную плоскость;

$\Delta_i - 10^{0,1L_{pi}}$ – определяется по табл. 1;

L_{pi} – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

Φ – фактор направленности; для источников с равномерным излучением принимается $\Phi=1$;

S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку. В расчетах принять $S=2\pi r^2$, где r – расстояние от расчетной точки до источника шума;

Ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по графику (рис. 3) в зависимости от отношения постоянной помещения B к площади ограждающих поверхностей помещения $S_{огр}$. ($S_{огр}=S_{\text{пола}}+S_{\text{стен}}+S_{\text{потолка}}$);

B – постоянная помещения в октавных полосах частот, определяемая по формуле $B=B_{1000} \mu$, где B_{1000} – постоянная помещения на частоте 1000 Гц, м^2 , определяемая в зависимости от объема и типа помещения на частоте 1000 Гц (табл.2); μ – частотный множитель, определяемый по табл.3.;

m – количество источников шума, ближайших к расчетной точке, для которых $r_i < 5r_{\min}$, где $r_{\min}$ – расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума, м;

n – общее количество источников шума в помещении с учетом коэффициента одновременности их работы.

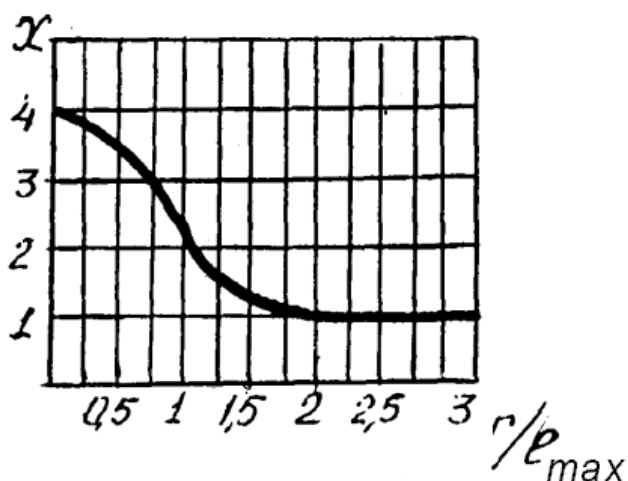


Рис . 2. График для

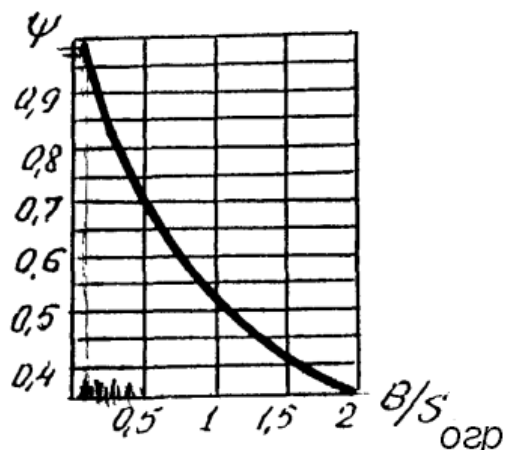


Рис . 3. График для

Таблица 1

Определение величины $\Delta_i = 10^{0,1L} p_i$

Де- сят - ки	Единицы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	$1 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
4	$1 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
5	$1 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$
6	$1 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$
7	$1 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^7$
8	$1 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$	$3,2 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$6,3 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$
9	$1 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$	$3,2 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$6,3 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^9$
10	$1 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	$6,3 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$
11	$1 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^{11}$	$3,2 \cdot 10^{11}$	$4 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^{11}$	$6,3 \cdot 10^{11}$	$8 \cdot 10^{11}$
12	$1 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{12}$	$1,6 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{12}$	$2,5 \cdot 10^{12}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	$4 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{12}$	$6,3 \cdot 10^{12}$	$8 \cdot 10^{12}$

Примечание: при пользовании таблицей величину L_{pi} следует округлять до целых значений децибел.

Пример. Найти величину Δ_i для $L_i = 89,5$ дБ.

Решение: в столбце «Десятки» находим число 8, в строке «Единицы» находим число 9. Искомая величина $\Delta_i = 8 \cdot 10^8$

Таблица 2

Значение постоянной помещения B_{1000}

Характеристика помещения	$B_{1000}, \text{м}^2$
1. С небольшим числом людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т.п.).	$V/20$
2. С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.).	$V/10$
3. С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управления, залы конструкторских бюро, аудитории и т.п.)	$V/6$
ПРИМЕЧАНИЕ. V – объем помещения	

Таблица 3

Значение коэффициента μ

Объем помещения, м ³	Значение μ на среднегеометрических частотах октавных полос							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,8	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5
$V = 200 - 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0

Требуемое снижение уровней звукового давления в расчетной точке для восьми октавных полос следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{треб}} = L_{\text{расч}} - L_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где:

$\Delta L_{\text{треб}}$ – требуемое снижение уровней звукового давления, дБ;

$L_{\text{расч}}$ – полученные расчетом октавные уровни звукового давления, дБ;

$L_{\text{доп}}$ – допустимые по нормам октавные уровни звукового давления, дБ.

Допустимые уровни шума на рабочих местах принимаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003.-83. «Шум. Общие требования безопасности.» (табл. 4).

Таблица 4

Допустимые уровни шума на рабочих местах
(ГОСТ 12.1.003-83)

Вид трудовой деятельности	Условия звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Предприятия, учреждения и организации								
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность.	71	61	54	49	45	42	40	38
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в	79	70	63	58	55	52	50	49

лаборатории.								
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа.	83	74	68	63	60	57	55	54
4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами.	91	83	77	73	70	68	66	64
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производстве и на территории предприятия.	95	87	82	78	75	73	71	69

3.2. Расчет звукоизолирующих ограждений, перегородок.

Звукоизолирующие ограждения, перегородки применяются для отдаления «тихих» помещений от смежных «шумных» помещений; выполняются из плотных, прочих материалов. В них возможно устройство дверей, окон. Подбор материала конструкций производится по требуемой звукоизолирующей способности $R_{\text{треб}}$, дБ, величина которой определяется по формуле

$$R_{\text{треб}} = L_{\text{сум}} - L_{\text{доп}} - 10 \lg V_{\text{и}} + 10 \lg S_{\text{и}} + 10 \lg m, \quad (3)$$

где:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 p_i} \text{ — суммарный октавный уровень звуковой мощности}$$

излучаемой всеми источниками и определяемый с помощью табл. 1;

$L_{\text{доп}}$ — допустимый октавный уровень звукового давления в изолируемой от шума помещении, дБ, табл. 4;

$V_{\text{и}}$ — постоянная изолируемого помещения, м^3 ;

m — количество элементов в ограждении (сплошная перегородка — $m=1$, перегородка с окном или дверью — $m=3$).

Если звукоизолирующее ограждение включает окно, дверь, то требуемая звукоизолирующая способность $R_{\text{треб}}$ рассчитывается для каждого элемента. Материал конструкций выбирается по табл. 5 и 6.

Таблица 5

Звукоизолирующая способность стен, перегородок, дБ

Материал конструкции	Толщина	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная кладка с двух сторон	1 кирпич	36	41	44	51	58	64	65	65
	2 кирпича	45	45	52	59	65	70	70	70
Железобетонная стена	50 мм	28	34	35	35	41	48	55	55
	100 мм	34	40	40	44	50	55	60	60
	200 мм	40	42	44	51	59	65	55	55
Гипсбетонная плита	80 мм	-	28	33	37	36	44	44	42
Керамзитобетонная плита	80 мм	-	33	34	39	47	52	54	-
Шлакобетонная панель	250 мм	-	30	45	52	56	64	64	-
Древ. стружечная плита	20 мм	-	23	26	26	26	26	26	23
Фанера	3 мм	7	11	14	19	23	26	27	26
	5 мм	9	13	17	21	25	28	26	29
	10 мм	13	17	21	25	28	25	29	23
Стеклопластик	3 мм	9	13	17	21	25	29	31	32
	5 мм	12	16	20	24	28	31	31	34
	10 мм	17	21	25	28	31	31	34	38
Стальн. панели с ребрами жесткости	1 мм	13	17	21	25	28	32	35	35
	3 мм	19	23	27	31	35	37	30	39
	5 мм	22	26	30	34	37	32	36	42
	10 мм	26	30	34	36	32	36	42	46

Таблица 6

Звукоизолирующая способность окон и дверей, дБ

Элемент конструкции	Условия прилегания по периметру	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Окно с силикатным стеклом толщиной	Без уплотняющих прокладок								
		3 мм	8	12	16	18	20	22	20
		6 мм	12	18	18	20	23	25	25
Оконный	Без								

блок с двойным переплетом, толщина стекла 3 мм, воздушный зазор 170 мм	уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками из резины	22	27	26	28	30	28	27	27
		27	33	33	36	38	38	38	38
Двойное остекление со стеклами толщиной 4мм и 7мм и воздушным зазором: 200 мм 300 мм	То же	-	27	36	42	47	49	55	55
		-	32	39	43	47	51	55	55
Обыкновенная филленчатая дверь	Без уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками	7	12	14	16	22	22	20	20
		12	18	19	23	30	33	32	32
Глухая щитовая дверь толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	Без уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками	17	22	23	24	24	24	23	23
		12	27	27	32	35	34	35	35

3.3. Звукоизолирующие кожухи

Применяются для снижения уровней звуковой мощности отдельных, наиболее шумных источников. Кожухи полностью закрывают источник шума, изготавливаются из листовых материалов (сталь, дюралюминий и др.). Внутренние поверхности стенок кожуха обычно облицовывают звукопоглощающим материалом. Требуемая звукоизолирующая способность стенок кожуха определяется по формулам:

для необлицованных кожухов

$$R_{\text{треб}} = L_p + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{2\pi r^2} + \frac{4\Psi}{B} \right) - L_{\text{доп}} + 5; \quad (4)$$

для кожухов со звукопоглощающей облицовкой внутренних поверхностей

$$R_{\text{треб}} = L_p + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{2\pi r^2} + \frac{4\Psi}{B} \right) - L_{\text{доп}} + 5 - 10 \lg \alpha_{\text{обл}}; \quad (5)$$

где:

$L_{\text{доп}}$ – допустимые октавные уровни звукового давления, дБ;

$\alpha_{\text{обл}}$ – коэффициент звукопоглощения облицовочного материала;

Остальные обозначения такие же, как в формуле (1).

Выбор материала кожуха следует производить от $R_{\text{треб}}$ по справочникам или табл. 7.

3.4. Звукопоглощающие облицовки.

Применяются для снижения интенсивности отраженных звуковых волн. Звукопоглощающие облицовки размещают на потолке и в верхних частях стен помещения. Для достижения максимально возможного поглощения звука рекомендуется облицовывать не менее 60% общей площади ограничивающих помещение поверхностей.

Выбор звукопоглощающей облицовки (материал, конструкция, коэффициент звукопоглощения и т.д.) следует производить по данным табл. 8 в зависимости от требуемого снижения шума $\Delta L_{\text{треб}}$. При этом реверберационный коэффициент звукопоглощения облицовки $\alpha_{\text{обл}}$ должен иметь максимальные значения в тех октавных полосах частотного диапазона, где наблюдается наибольшее превышение ожидаемых уровней звукового давления над допустимыми значениями.

Таблица 7

Звукоизолирующая способность кожуха со стенками плоской формы, дБ

Конструкция	Толщи на листа, мм	Размер листа, мм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Стальной лист, покрытие из вибродемпфирующей мастики ВД – 17 – 58 толщиной 4 мм	0,7	2x2	20	24	28	33	37	39	42	45
Стальной лист, покрытие из минераловатных плит толщиной: 70	1,5	1x1	-	20	26	35	39	40	46	48

мм										
Дюралюминиевый диск, покрытие из минераловатных плит толщиной: 80 мм	2 3	2x2 2x2	20 -	15 20	20 25	28 38	36 45	43 51	50 51	53 57
70 мм										
Стальной лист	1,2 – 2	2x2 1x1 0,5x0,5 4x2 2x1	26 21 18 27 22	23 29 25 25 30	28 25 31 30 28	33 30 29 35 33	38 35 33 40 37	44 41 37 46 42	48 44 40 48 44	30 30 30 31 31
	3 – 4	3x3 2x2 3x1,5 2x1	23 28 27 23	28 25 33 32	33 30 31 29	27 35 36 35	42 41 41 41	45 44 44 43	33 33 34 34	42 42 43 43
Сплав	1,5x2	2x2 1x1 2x1	18 15 13	15 21 21	20 17 19	25 27 24	30 27 29	35 32 32	38 35 33	23 22 20

Таблица 8

Акустические характеристики звукопоглощающих материалов

Толщина звукопоглощающего материала, мм	Воздушный зазор, мм	Реверберационный коэффициент звукопоглощения на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Плиты ПА/О минераловатные акустические, размер 500x500 мм									
20	0	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,20
20	50	0,02	0,03	0,42	0,93	0,90	0,79	0,45	0,20
Плиты «Акмигран» минераловатные размером 300x300 мм									
20	0	0,01	0,04	0,30	0,59	1	0,93	0,81	0,70
20	50	0,03	0,25	0,66	0,91	0,93	1	0,90	0,80
Маты из супертонкого волокна									
50	0	0,1	0,4	0,85	0,98	1	0,93	0,97	1
Супертонкое волокно с оболочкой из стеклоткани и покрытием из гипсовой плиты толщиной 7 мм с перфорацией									
100	0	0,9	0,66	1	1	1	0,96	0,7	0,5
Отходы капронового волокна, сетка из стеклоткани марки СЭ, покрытие из перфорированного металлического листа									
100	0	0,02	0,15	0,46	0,82	0,92	0,83	0,93	0,93
Плиты «Силапор» размерами 450x450 мм									
45	0	0,10	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95
«Винипор» полужесткий									
35	0	-	-	0,07	0,12	0,19	0,45	0,89	0,89

Теплоизоляционный материал									
25	0	0,10	0,12	0,21	0,44	0,77	0,90	0,92	0,90
	50	0,11	0,16	0,40	0,83	0,94	0,82	0,92	0,80
Плиты ПП – 80, ППМ, ПММ звукопоглощающие полужесткие									
30	0	-	0,08	0,30	0,64	0,89	0,95	0,83	0,73
	50	-	0,21	0,40	0,72	0,98	0,79	0,75	0,75
50	0	-	0,14	0,52	0,92	0,99	0,42	0,82	0,78
	50	-	0,20	0,61	0,90	0,94	0,92	0,78	0,76

Величина возможного максимального снижения уровней звукового давления в расчетной точке при применении выбранных звукопоглощающих конструкций определяется по формуле

$$\Delta L = 10 \lg \frac{B_1 \Psi}{B \Psi_1}, \quad (6)$$

где:

B – постоянная помещения до установки в нем звукопоглощающей облицовки, м^2 ; определяется так же, как в формуле (1);

B_1 – постоянная помещения после установки в нем звукопоглощающих конструкций, м^2 ; определение ее рассматривается ниже;

Ψ и Ψ_1 – коэффициенты, определяемые по графику на рис. 3, соответственно до и после установки звукопоглощающих конструкций.

Постоянную помещения B_1 следует определять по формуле

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1}, \quad (7)$$

где:

$A_1 = \alpha(S_{\text{огр}} - S_{\text{обл}})$ – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностей не занятых звукопоглощающей облицовкой, м^2 ;

α – средний коэффициент звукопоглощения помещения до установки звукопоглощающей облицовки; определяется по формуле

$\alpha = \frac{B}{(B + S_{\text{огр}})}$; где $S_{\text{огр}}$ – общая площадь ограждающих поверхностей помещения, м^2 ;

$S_{\text{обл}}$ – площадь звукопоглощающих облицовок, м^2 ;

ΔA – величина добавочного звукопоглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки, м^2 ; определяется по формуле

$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}}$, где $\alpha_{\text{обл}}$ – реверберационный коэффициент звукопоглощения выбранной конструкции облицовки в октавной полосе частот; определяемый по табл. 8.

α_1 – средний коэффициент звукопоглощения помещения со звукопоглощающими конструкциями, определяемый по формуле

$$\alpha_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S_{\text{огр}}}.$$

Выбранная звукопоглощающая облицовка будет обеспечивать необходимое снижение уровня шума в октавных полосах частот в том случае, если в результате расчетов получено $\Delta L_{\text{макс}} \geq \Delta L_{\text{треб}}$.

4. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать наименование работы, ее цель, исходные данные, расчеты, выводы по результатам расчетов. Результаты расчетов свести в таблицу 9.

5. Исходные данные для расчета

Работа выполняется по вариантам, которые согласовываются с преподавателем.

Уровни звуковой мощности источников шума выбирают по табл. 11 в соответствии с порядковыми номерами, указанными в табл. 10 по вариантам.

Исходные данные и результаты расчетов по варианту _____

Величина	Ссылка на рис., табл., формулу	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	124	250	500	1000	2000	4000	8000
Расчет ожидаемых уровней звукового давления									
1. L_1	табл. №11								
2. L_2	табл. №11								
3. L_3	табл. №11								
4. L_4	табл. №11								
5. L_5	табл. №11								
6. L	(1)								
7. $L_{\text{доп}}$	табл. №4								
8. $\Delta L_{\text{треб}}$	(2)								
Расчет звукоизолирующей перегородки с дверью									
1. $L_{\text{сум}}$	(3)								
2. $L_{\text{доп}}$	табл. №4								
3. $R_{\text{перег}}$	(3)								
4. $R_{\text{двери}}$	(3)								
и т. д.									

Таблица 10

Варианты заданий уровней звуковой мощности источников шума.

Вариант	Номер источников шума из табл. 11	Вариант	Номер источников шума из табл. 11
---------	-----------------------------------	---------	-----------------------------------

1	27*, 1, 2, 3, 4	14	24*, 4, 8, 12, 16
2	28*, 5, 6, 7, 8	15	31*, 20, 23, 19
3	26*, 9, 10, 11, 12	16	32*, 3, 7, 11, 23
4	30*, 13, 14, 15, 23	17	25*, 2, 6, 10, 14
5	31*, 17, 18, 19, 24	18	30*, 9, 13, 17, 21
6	25*, 16, 20, 21, 25	19	32*, 4, 7, 12, 15
7	33*, 1, 5, 9, 13	20	33*, 3, 6, 11, 14
8	32*, 2, 6, 17, 21	21	27*, 2, 5, 10, 13
9	27*, 10, 14, 18, 22	22	28*, 13, 15, 18, 20
10	24*, 3, 7, 11, 15	23	29*, 1, 6, 11, 16
11	25*, 4, 8, 19, 23	24	30*, 4, 7, 10, 12
12	26*, 12, 16, 20, 24	25	33*, 8, 11, 13, 14
13	29*, 5, 7, 14, 19		
* – уровни звуковой мощности для источника шума ИШ ₁			

Таблица 11

Уровни звуковой мощности оборудования L_{pi}, дБ

№ по порядку	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	89	90	87	92	91	87	82	80
2	96	94	95	98	90	89	87	85
3	94	96	96	97	92	89	89	87
4	91	90	95	95	96	97	98	91
5	93	92	90	90	86	82	78	76
6	81	84	92	93	92	87	79	75
7	85	86	92	97	94	83	92	96
8	98	96	94	99	96	94	86	84
9	88	91	93	97	98	89	85	86
10	86	85	92	96	85	82	80	84
11	87	91	94	97	87	82	78	75
12	87	85	91	94	86	79	78	74
13	94	95	97	92	96	87	89	92
14	93	89	92	90	94	92	87	85
15	89	96	100	99	95	91	86	82
16	89	94	99	97	91	88	87	84
17	87	84	95	94	86	87	78	76
18	89	86	82	82	84	86	89	90
19	91	87	87	84	88	88	90	92
20	89	92	95	98	91	90	89	85
21	87	91	93	100	98	89	86	82
22	90	92	96	98	102	102	98	94
23	89	90	95	100	101	101	95	93
24	93	112	99	105	122	106	110	114
25	109	110	109	112	120	121	108	85
26	112	103	108	116	118	123	112	95
27	103	114	115	117	112	107	101	98

28	98	110	103	100	102	98	102	97
29	95	98	104	108	110	109	103	100
30	100	98	100	106	110	97	98	92
31	102	105	113	118	112	99	102	96
32	107	103	112	104	107	106	103	94
33	103	114	115	120	114	112	98	89

Таблица 12

Габаритные размеры участка цеха, кабины, источника шума ИШ₁, размещение оборудования

Вариант	А, м	В, м	С, м	Н, м	Г ₁ , м	Г ₂ , м	Г ₃ , м	Г ₄ , м	Г ₅ , м	l _{макс} , м	а, м	б, м	с, м	А _к , м	В _к , м	Н _к , м
1	30	20	7	8	6	9	6,5	8	13	1,5	1,5	1,5	2	4	3	2,5
2	30	15	6	8	6	8	6	7	12	1,2	1,6	1,8	1,5	3	5	2,6
3	30	12	5	7	6	7	5	6	10	1,2	1,4	1,7	1,2	4	4	2,7
4	32	16	7	7	6,5	9	7	8	14	1,5	1,3	1,9	1,1	3	6	2,8
5	32	18	6	7	7	10	7,5	9	13	1,4	1,2	1,0	1,3	4	5	2,9
6	35	20	8	9	7,5	11	8	9,5	14	1,5	1,7	1,4	1,4	3	4	3,0
7	35	18	7	8	8	10	9	9	13	1,5	1,3	1,2	1,5	3	5	2,5
8	28	15	6	8	6	8	7	8	12	1,1	1,6	1,3	1,5	4	4	2,6
9	26	15	7	6	5	7	6	7,5	10	1,0	1,5	1,8	1,2	3	6	2,7
10	28	16	6	7	6,5	7,5	7	8	11	1,2	1,6	1,4	1,5	4	5	2,8
11	26	18	7	8	7	8	6	9	12	1,1	1,2	1,5	1,1	3	4	2,5
12	34	20	8	9	7	9	8	9,5	10	1,2	1,8	1,6	1,2	4	6	2,6
13	36	15	9	9	8	11	8,5	10	14	1,5	1,7	1,4	1,6	3	6	2,5
14	36	18	9	8	7	10	8	11	15	1,2	1,6	1,8	1,5	5	3	2,7
15	28	17	6	7	6	9	7	8	12	1,3	1,2	1,9	1,1	6	4	2,6
16	28	20	7	8	7	8	9	7	10	1,1	1,5	1,6	1,2	4	6	2,5
17	34	18]	9	10	8	10	9	11	14	1,3	1,6	1,7	1,3	3	5	2,7
18	34	22	8	9	9	11	10	9	15	1,4	1,4	1,5	1,6	5	3	2,8
19	29	17	7	8	6	8	7	8,5	13	1,2	1,3	1,8	1,2	3	4	2,8
20	32	19	6	9	7,5	12	8	9	12	1,3	1,2	1,7	1,5	4	4	2,0
21	45	22	7	9	7	8	9	10	13	1,4	1,6	1,3	1,6	4	5	2,5
22	35	24	9	9	8	9	10	9	14	1,5	1,7	1,4	1,4	4	6	2,8
23	29	16	5	8	6	8	6,5	7	12	1,3	1,2	1,2	1,7	5	3	2,9
24	31	17	7	9	7	9	7,5	8	11	1,2	1,3	1,4	1,8	5	6	2,5
25	32	18	6	7	6	8	7	9	12	1,1	1,5	1,6	1,3	6	3	3,0

Литература

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для бакалавров вузов / С. В. Белов .— 2-е изд., испр. и доп .— М. : Юрайт, 2011 .— 681с. : ил .— (Основы наук) .— Дар Изд-ва "Юрайт" ТулГУ : 1325385 .— Библиогр.: с. 680 .— ISBN 978-5-9916-0945-6 (Изд-во Юрайт) .— ISBN 978-5-9692-1021-9 (ИД Юрайт) .

Дополнительная литература

1. Трифонов К.И. Физико-химические процессы в техносфере : учебник для вузов / К. И. Трифонов, В. А. Девисиллов .— М. : Форум : Инфра-М, 2007 .— 240 с. — (Высшее образование) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-91134-081-X
2. Лебедев А.М. Тульский государственный университет Методы оптимального управления пожарным риском производственных объектов / А. М. Лебедев, А. А. Кузнецов, Е. А. Машинцов ; ТулГУ .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2007 .— 180 с. —

Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7679-1174-5

3. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов / В. Н. Павлов [и др.] .— М. : Академия, 2008 .— 336 с. : ил. — (Высшее профессиональное образование : Радиотехника) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7695-2991-7
4. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / Э. А. Арустамов [и др.] ; под ред. Э. А. Арустамова .— 15-е изд., перераб и доп. — М. : Дашков и К`, 2009 .— 452 с. : ил. — Библиогр.: с.449-451 .— ISBN 978-5-394-00181-9
5. Глебова Е. В. Производственная санитария и гигиена труда : учеб. пособие для вузов / Е. В. Глебова .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 2007 .— 382 с. : ил. — Библиогр.: с. 380-381 .— ISBN 978-5-06-004897-1
6. Зотов Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учебник для вузов / Б.И.Зотов,В.И.Курдюмов .— 2-е изд.,перераб.и доп. — М. : КолосС, 2006 .— 432с. : ил. — (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-9532-0094-3
7. Кравчяня, Э.М. Охрана труда и основы энергосбережения : учеб.пособие для вузов / Э.М.Кравчяня,Р.Н.Козел,И.П.Свирид .— 3-е изд. — Минск : ТетраСистемс, 2006 .— 288с. : ил. — Библиогр.в конце кн. — ISBN 985-470-482-3
8. Фейгин С.Д. Управление безопасностью производства с использованием методологии анализа риска : учебно-методическое пособие / С.Д.Фейгин, А.А.Кузнецов, Е.В.Финогенова; ТулГУ .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2004 .— 96с. — ISBN 5-7679-0445-6
9. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : Учеб.пособие для вузов / П.Г.Белов .— М. : Академия, 2003 .— 512с. — (Высш.проф. образование) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-7695-1039-0
10. Соколов Э.М. Информационные технологии в безопасности жизнедеятельности : учебник для вузов / Э.М.Соколов,В.М.Панарин,Н.В.Воронцова .— М. : Машиностроение, 2006 .— 238с. : ил. — (Для вузов) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-217-03331-2

Периодические издания

1. Безопасность жизнедеятельности : Науч.-практ.и учеб.-метод.журнал .— М. : Новые технологии
2. Федеральная служба по экологическому,технологическому и атомному надзору. Безопасность труда в промышленности : Ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля / Госгортехнадзор России.— М. : Недра,

3. Охрана труда и социальное страхование : ежемесячный журнал .— М. : ЗАО Редакц.ж-ла "Охрана труда и соцстрахование", 1995- .— Издается с 1913г. — ежемесячно .— ISSN 0131-2618.
4. Справочник специалиста по охране труда .— М., 2002 - .— ISSN 1727-6608.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://www.nacot.ru> - "Национальная ассоциация центров по охране труда".
2. <http://www.tehdoc.ru/> - Интернет-проект Техдок.ру - Форум специалистов по охране труда.
3. <http://niiot.net/> - Сообщество экспертов по охране труда на базе НИИ Охраны труда СПбГУ (СПб).
4. <http://www.otiss.ru/> - Журнал "Охрана труда и социальное страхование"
5. <http://tehbez.ru/> - Журнал "Охрана труда в предпринимательстве".
6. <http://ipb.mos.ru/ttb/> - Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности".
7. <http://novtex.ru/bjd/> - Журнал "Безопасность жизнедеятельности".
8. <http://niiot.ru/> - сайт Санкт-Петербургского научно-исследовательского института охраны труда.
9. <http://www.ohsi.ru> АНО "Институт безопасности труда".
10. <http://otpboos.ru/> - Информационное агентство "Охранная грамота"
11. <http://www.trudohrana.ru/> - Журнал "Справочник специалиста по охране труда".
12. <http://www.btpnadzor.ru/> - Журнал "Безопасность труда в промышленности".
13. <http://www.chelt.ru/> - Журнал "Человек и труд"
14. <http://www.dvkuot.ru/> - Клуб инженеров по охране труда.
15. <http://www.ohranatruda.ru/> - Информационный портал для инженеров по охране труда.
16. <http://www.complexdoc.ru/> - База нормативных документов и технических стандартов.