

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кафедра «Радиозэкология и экологическая безопасность»

Н.Н. Ленивенко, М.А. Косовская

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА В ЭКОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие
для проведения практических работ
для студентов специальностей
05.03.06 – Экология и природопользование
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 504.064.3(07)
Л449

Р е ц е н з е н т ы:

Г.В. Кучерик - канд. хим. наук, доцент кафедры РЭБ
Ю.А. Омельчук - канд. хим. наук, доцент кафедры РЭБ

Ленивенко Н.Н.

Л449 Инструментальные методы анализа в экологии: учебно-методическое пособие / Н.Н. Ленивенко, М.А. Косовская ; Министерство науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности, кафедра «Радиоэкология и экологическая безопасность». – Севастополь : СевГУ, 2020. – 43 с. – Текст : электронный.

В пособии даны методические указания для проведения практических работ по курсу дисциплины «Инструментальные методы анализа в экологии», «Приборы и средства контроля природных процессов» для студентов очной формы обучения, обучающихся по специальностям:

05.03.06 - Экология и природопользование;

20.03.02 - Природообустройство и водопользование.

Объем практических работ представляет основные разделы изучаемой дисциплины. Каждое задание сопровождается теоретическим материалом, методическими указаниями, нормативной литературой по предлагаемой методике расчета, примерами расчета, где это необходимо.

УДК 504.064.3(07)

Рекомендовано к изданию на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 7 от 12 февраля 2020 года.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Задание 1. Расчет предельно допустимой погрешности газоаналитических измерений.....	6
Задание 2. Определение концентраций пылевых аэрозолей весовым методом.....	14
Задание 3. Акустические расчеты.....	23
Задание 4. Расчет электромагнитного экрана для защиты от ионизирующих излучений.....	40
Библиография.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Методы инструментального анализа объектов окружающей являются неотъемлемой частью средств, необходимых при решении проблем и задач экологической науки и экологического мониторинга биосферы. Человечеству необходима обширная оперативная информация о состоянии и динамике загрязнения окружающей среды, получить которую можно лишь путем проведения аналитических исследований содержания большого числа химических компонентов одновременно. Такие научные и практические требования могут решаться только с использованием инструментальных методов, основанных на физических и физико-химических законах материального мира. Особенно интенсивно совершенствуются физико-химические методы анализа и исследований, базирующихся на измерении количества физических и химических свойств изучаемых экологических объектов. Стало возможным использовать практически любое физическое и химическое свойство отдельного элемента или соединения, как основы аналитических измерений. Сумма таких аналитических методов, использующих физические, химические, энергетические или массовые сигналы, называют физико-химическими или, в более широком смысле, инструментальными методами анализа. Последнее название более точное и емкое, поскольку включает в себя как собственно физико-химические методы, основывающиеся на физико-химических закономерностях, так и физические методы, как, например, ядерные и масс-спектрометрические. Все эти методы основываются на различных свойствах веществ, количественное изменение которых связано с образованием количественного сигнала, интенсивность которого измеряется прибором и является зависимой от количества вещества. Общее число физико-химических методов довольно велико - несколько десятков. Наибольшее практическое значения имеют следующие:

1. Спектральные и оптические методы;
2. Электрохимические методы;
3. Хроматографические методы анализа.

Наиболее обширной по числу методов и важной по практическому значению является группа спектральных и других оптических методов анализа. Эта группа включает методы эмиссионной атомной спектроскопии, атомно-абсорбционной спектроскопии, инфракрасной спектроскопии, спектрофотометрии, люминесценции и другие методы, основанные на измерении различных эффектов при взаимодействии вещества с электромагнитным излучением.

Группа электрохимических методов анализа, В электрохимии изучают законы взаимного превращения химической и электрической форм энергии и системы, в которых эти превращения совершаются. Методы

основаны на измерении электрической проводимости, потенциалов и других свойств, включает методы кондуктометрии, потенциометрии, вольтамперометрии и т.д.

В группу хроматографических методов входят методы газовой и газожидкостной хроматографии, жидкостной распределительной, тонкослойной, ионообменной и других видов хроматографии.

К физическим загрязнениям относятся тепловое, акустическое, электромагнитное, радиоактивное и механическое.

Для определения уровня акустических загрязнений используется метод преобразования звуковых колебаний в пропорциональные им электрические сигналы, которые затем усиливаются, преобразуются и измеряются приборами для измерения уровня шумовых загрязнений - шумомерами.

Для измерений электромагнитных загрязнений используются методы сравнения и методы непосредственной оценки с помощью приборов - измерителей напряженности поля.

Для определения уровней запыленности (механических загрязнений) используются разнообразные методы, наиболее применяемые - весовой и оптический.

Проведение экологических измерений проводится согласно методикам проведения измерений МВИ, которые стандартизованы и обязательны для выполнения.

Задание № 1.
РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ ПОГРЕШНОСТИ
ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Цель работы

Изучить уточненную методику расчета погрешности измерения с целью определения предельно допустимой погрешности для обоснованного выбора средства измерения.

2. Основные теоретические положения

Основным показателем качества контроля является возможность обеспечения его с заданной точностью. Поэтому при проведении разработок и создании приборов и систем экологического контроля техническое задание часто содержит требования к точности измерения контролируемых параметров. Фактически определяется предельно допустимая погрешность измерения, которая включает в себя целый ряд составляющих, в том числе и предельно допустимую погрешность средства измерения (контроля), которое необходимо разработать (или выбрать из уже существующих для включения в разрабатываемую систему). Исходя из заданной предельно допустимой погрешности измерения, разработчик может решить две задачи, связанные с определением точности проектируемого (выбираемого) средства измерения (контроля).

1. Прямая задача - зная условия измерения, составить уравнение для определения предельно допустимой погрешности измерения и разрешить его относительно погрешности средства измерения (контроля) с последующим его выбором в соответствии с полученным результатом.

2. Обратная задача - заключается в проверке соответствия выбранных условий измерения и средства измерения (контроля) заданному уровню точности. Для этого, исходя из принятых условий и средств измерения, определяют предельно допустимую погрешность измерения и сравнивают ее с заданным значением. Если расчетное значение превышает заданное, анализируют пути снижения составляющих погрешности - выбирают более точное средство измерения (контроля) или повышают точность вновь разрабатываемого средства.

3. Пример анализа составляющих погрешности измерения

Пусть необходимо контролировать концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Погрешность измерения концентраций

складывается из суммы не исключенных остатков систематической и случайной погрешностей. Не исключенная систематическая погрешность θ обуславливается:

- погрешностью приготовления градуировочных растворов;
- погрешностью прибора;
- погрешностью построения градуировочного графика;
- погрешностью отбора проб воздуха;
- погрешностью измерения.

Случайная погрешность обуславливается погрешностями, случайно изменяющимися при повторных измерениях одной и той же величины. Для расчетов используется относительная погрешность. Рассмотрим эти составляющие более подробно на примере методики, предлагаемой ГОСТ 8.207-76 .

3.1. Погрешность приготовления раствора

Эта составляющая обуславливается:

1. Погрешностью реактивов θ_1 , которая определяется показателями их качества и квалификацией персонала, приготавливающего реактив.
2. Погрешностью взвешивания навески θ_2 , которая определяется погрешностью весов.
3. Погрешностью измерения объема раствора в мерной колбе θ_3 .
4. Погрешностью измерения объема раствора пипеткой θ_4 .

Исходя из этих данных, погрешность приготовления раствора вычисляется по формуле

$$\theta_{пр.р} = \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2} . \quad (1)$$

3.2. Погрешность прибора

Эта составляющая определяется классом точности прибора в соответствии с паспортными данными и обозначается $\theta_{пр}$.

3.3. Погрешность построения градуировочного графика

Эта составляющая определяется из экспериментальных данных по всему интервалу концентраций, для чего проводят 6 серий измерений по 5 - 10 концентрациям вредного вещества в каждой серии. За погрешность построения градуировочного графика принимается максимальное значение погрешности и обозначается $\theta_{гр}$.

3.4. Погрешность отбора проб воздуха

Эта составляющая обуславливается:

1. Погрешностью измерения объема для анализа воздуха (θ_v), исходя из погрешности аспирационного устройства, указанной в паспорте.

2. Погрешностью измерения температуры (θ_t), исходя из погрешности (класса) термометра или определяемая половиной цены деления шкалы термометра.

3. Погрешностью измерения атмосферного давления (θ_p), исходя из погрешности (класса) барометра или определяемая половиной цены деления шкалы барометра.

4. Погрешностью за счет уноса или проскока измеряемого вредного вещества из поглотительных сосудов, с фильтров и др. устройств ($\theta_{ун}$), определяемая экспериментально.

5. Погрешностью измерения концентраций за счет длительности хранения отобранной пробы воздуха ($\theta_{хр}$).

6. Погрешностью измерения концентраций за счет влияния сопутствующих веществ ($\theta_{сп}$).

Таким образом, погрешность отбора проб воздуха может быть вычислена по формуле

$$\theta_{отб.} = \sqrt{\theta_a^2 + \theta_m^2 + \theta_p^2 + \theta_{ун}^2 + \theta_{хр}^2 + \theta_{сп}^2}. \quad (2)$$

3.5. Погрешность измерения концентрации вредных веществ

Эта составляющая обуславливается:

1. Погрешностью измерения объема отобранной пробы, доведения до метки в мерной посуде, измерения при помощи цилиндра и т.п. ($\theta_{об}$).

2. Погрешностью проведения предварительных операций по обработке отобранной пробы (фильтрование, кипячение, сжигание и т.п.) ($\theta_{пр.оп}$), которая определяется как разность между известной и полученной концентрациями после проведения указанных операций.

3. Погрешность измерения величины аналитических сигналов: оптическая плотность, высота волны и т.п. ($\theta_{сигн}$).

Таким образом, погрешность измерения вычисляется по формуле

$$\theta_{изм.} = \sqrt{\theta_{об.}^2 + \theta_{пр.оп.}^2 + \theta_{сигн.}^2}. \quad (3)$$

Суммарную не исключенную систематическую погрешность измерения (при использовании градуировочных растворов) определяют по формуле

$$\theta = \sqrt{\theta_{пр.р.}^2 + \theta_{пр.}^2 + \theta_{зр.}^2 + \theta_{отб.}^2 + \theta_{изм.}^2}. \quad (4)$$

При суммировании составляющих не исключенные систематические погрешности рассматриваются как случайные величины. Если их распределение неизвестно, то принимается равномерное распределение.

Для определения доверительных границ суммы неисключенных систематических погрешностей измерения в формулу (4) вводится коэффициент K , определяемый принятой доверительной вероятностью

$$\theta = K \sqrt{\sum_1^m \theta_i^2} . \quad (5)$$

3.6. Оценка случайной составляющей погрешности измерения.

Для оценки случайной составляющей погрешности измерения в 3 - 5 точках по всему диапазону концентраций проводят по 5 - 10 наблюдений. Для каждой точки находят среднее квадратическое отклонение случайной погрешности измерения по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n \Delta C_i^2}{n-1}} \quad (6)$$

и относительное, среднеквадратическое отклонение случайной погрешности измерения по формуле

$$S_{\bar{c}} = \frac{S \cdot 100\%}{\sqrt{n} \cdot \bar{C}} . \quad (7)$$

Для расчета выбирают максимальные значения S и $S_{\bar{c}}$.

Доверительные границы случайной погрешности результата измерения находят по формуле

$$\varepsilon = \pm t \cdot S_{\bar{c}} \quad (8)$$

где t - коэффициент Стьюдента, значение которого выбирается из таблиц в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдений n .

Действительное значение концентраций определяем по формуле

$$c = \bar{c} \pm \varepsilon_{\text{абс}} , \quad \text{мг/м}^2 \quad (9)$$

$\varepsilon_{\text{абс}} = \varepsilon^* \cdot C_{\text{ср}}$ - значение доверительного интервала переводят из относительной формы в абсолютную.

3.7. Оценка суммарной погрешности результата измерений концентрации вредных веществ.

Для определения роли случайной составляющей погрешности вычисляют отношение $\theta/S_{\bar{\varepsilon}} = g$ и в соответствии с ГОСТ 8.207 - 76:

1. Если $g < 0,8$, то систематической составляющей погрешности измерения можно пренебречь.

2. Если $g > 8$, пренебрегают случайной составляющей.

3. Если же $0,8 < g < 8$, границу погрешности результата измерения рассматривают как для случайных величин по формуле

$$\Delta = \kappa S_{\Sigma} \quad (10)$$

где κ - коэффициент, зависящий от соотношения E и θ ;

$$\kappa = \frac{\varepsilon + \theta}{S_{\bar{\varepsilon}} + \sqrt{\sum \frac{\theta_i^2}{3}}} \quad (11)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum \frac{\theta_i^2}{3} + S_{\bar{\varepsilon}}^2} \quad (12)$$

- оценка суммарного среднеквадратического отклонения результата измерения.

Далее суммарную погрешность измерения δ_{Σ} , принятую равной E , θ или Δ , сравнивают с предельно допустимой погрешностью измерения δ_{lim} . При этом должно выполняться условие $\delta_{\Sigma} \leq \delta_{\text{lim}}$.

4. Порядок выполнения работы

Ознакомиться с методикой расчета суммарной погрешности результата измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. В соответствии с изученной методикой произвести расчет суммарной погрешности измерения и сделать вывод о правильности выбора средства измерения. Для расчета использовать следующие исходные данные:

Необходимо производить контроль содержания метана в воздухе рабочей зоны с погрешностью, не превышающей **15 %**. Для решения этой задачи предполагается использовать газоанализатор, работающий на методе, использующем градуировочные растворы. **Относительная основная погрешность прибора $\pm 2...10$ % (с шагом $h = 1$, выбирается**

в зависимости от № варианта : №1 - $\theta_{пр} = \pm 2 \%$; №2 - $\theta_{пр} = \pm 3 \%$ и т.д.). Номер варианта задается преподавателем (п. 3.2)

1. (п. 3.1) При приготовлении градуировочного раствора используются высококачественные реактивы и можно считать, что $\theta_1 \rightarrow 0$. Для приготовления раствора необходимо 0,05 г реактива. Взвешивание производят дважды на весах типа ВЛА - 200 с погрешностью, равной $\pm 0,0001$ г (цена деления шкалы по аттестату).

Для измерения объема раствора 25 мл используют мерную колбу 2-го класса, вместимостью 25 мл с погрешностью $\pm 0,06$ мл.

Для измерения объема 1,5 мл используют пипетку 2-го класса, вместимостью 2 мл, с погрешностью, равной половине цены деления $\pm 0,01$ мл.

2. (п. 3.3) Для определения погрешности построения градуировочного графика были проведены 6 серий измерений по всему диапазону концентраций. Максимальные значения абсолютной погрешности получены при концентрации градуировочного раствора $C = 5,0$ мкг/мл (см. табл.1)

Таблица 1 - Данные для построения градуировочного графика

Концентрация вещества в градуировочном растворе C_i ; мкг/мл	Величина сигнала прибора y_i	Среднее арифметическое $\bar{y}$	Абсолютная погрешность $\Delta y = y_i - \bar{y} $	Максимальная абсолютная погрешность $\Delta y_{\max}$	Концентрация вещества по графику, соответствующая $\Delta y_{\max}$ $\Delta C_{\max}$	Относительная погрешность построения графика $\theta_{пр} = \pm \frac{\Delta C_{\max}}{C_i} \cdot 100\%$
	0,242		0,002			
	0,244		0,000			
5,0	0,246	0,244	0,002	0,003	0,2	
	0,247		0,003			
	0,242		0,000			
	0,244		0,000			

3. (п. 3.4) Отбор проб воздуха для анализа производится пробоотборным аспирационным устройством типа ЭА, относительная основная погрешность которого составляет $\pm 6 \%$. Отбор производится при температуре +293 К и давлении 101,3 кПа. Температура контролируется термометром с погрешностью $\pm 0,5$ К, давление - барометром с погрешностью $\pm 0,65$ кПа. Пробы обрабатываются сразу после отбора ($\theta_{хр} \rightarrow 0$) и условия их отбора таковы, что можно считать $\theta_{ун} \rightarrow 0$ и $\theta_{сп} \rightarrow 0$.

4. (п. 3.5) Объем пробы измеряется при помощи цилиндра с погрешностью $\pm 0,9 \%$. Погрешность проведения предварительной

обработки пробы принимаем равной $\pm 0,5 \%$, а погрешность измерения величины аналитических сигналов $\pm 0,25 \%$.

5. Суммарную неисключенную систематическую погрешность измерения (при использовании градуировочных растворов) определяют по формуле (4).

6. Доверительная вероятность попадания суммарной неисключенной систематической погрешности в заданный интервал $P_1 = 0,95$, соответствующий ей коэффициент $K = 1,1$ (формула 5).

7. (п. 3.6) Для оценки случайной составляющей погрешности были проведены 5 серий измерений по 5 наблюдений в каждой ($n = 5$), максимальные значения погрешностей были получены во второй серии (см. табл. 2).

Доверительная вероятность попадания случайной составляющей погрешности в заданный интервал $P_2 = 0,95$, соответствующее значение коэффициента Стьюдента при $n = 5$ $t = 2,78$.

Таблица 2 - Данные для определения случайной составляющей погрешности

Концентрация вещества по графику C_i , мкг/мл	Среднее арифметическое $\bar{C}$, мкг/мл	$\Delta C_i = C_i - \bar{C}$ мкг/мл	$(\Delta C_i)^2$, мкг ² /мл ²	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta C_i^2}{n-1}}$ мкг/мл	$S_{\bar{C}} = \frac{S \cdot 100}{\sqrt{n} \cdot \bar{C}}$
11,15					
10,80					
10,50					
10,60					
10,65					

7. Провести оценку суммарной погрешности измерений согласно пункту 3.7.

Сделать вывод.

5. Форма отчета

Основные теоретические положения.

Расчет погрешности измерения концентрации метана в воздухе рабочей зоны в соответствии с методикой, предложенной в разделе 3 и исходными данными из раздела 4.

Вывод о правильности выбора средства измерения.

6. Контрольные вопросы

1. Каким способом можно обосновать требования к точности средства измерения?
2. Почему для расчета суммарной погрешности измерения в качестве составляющих используют относительные погрешности?
3. Абсолютная и относительная погрешность. Формула, определение.
4. Систематическая и случайная погрешность. Определение
5. Систематическая погрешность. Определение. Виды систематической погрешности
6. Запишите формулу для вычисления суммарной не исключённой систематической погрешности. Объяснить.
7. Не исключенная систематическая погрешность. Причины возникновения. Как рассматривают составляющие не исключенные систематические погрешности при суммировании
8. Перечислите способы снижения погрешности измерения.

Задание № 2.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛЕВЫХ АЭРОЗОЛЕЙ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ

Пылевой аэрозоль - аэродисперсная система, в которой дисперсной средой является воздух, а дисперсной фазой - пылевые частицы.

Постоянное рабочее место - место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50 %) или более 2 ч непрерывно. Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Рабочая зона - пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания рабочих.

Зона дыхания - пространство в радиусе до 50 см от лица работающего.

Концентрация всей витающей пыли - масса всех витающих в воздух частиц в единице объема воздуха.

Максимально разовая концентрация аэрозоля - концентрация аэрозоля, определяемая по результатам непрерывного или дискретного отбора проб аэрозоля в зоне дыхания работающих или рабочей зоне за промежуток времени, равный 20 мин., при развитии технологического процесса, сопровождающегося максимальным выделением пыли.

Среднесменная концентрация аэрозоля - концентрация аэрозоля, определяемая по результатам непрерывного или дискретного отбора проб в зоне дыхания работающих или рабочей зоны за промежуток времени, равный не менее 75 % продолжительности смены, при основных и вспомогательных технологических операциях, а также при перерывах в работе с учетом их длительности в течение смены.

Разовая концентрация аэрозоля - концентрация аэрозоля, определяемая по результатам непрерывного отбора проб аэрозоля в зоне дыхания работающих или рабочей зоне за любой промежуток времени.

Дисперсность пыли - распределение частиц в отдельных интервалах их размеров по числу или массе, выраженной в процентах или относительных показателях.

Грубая фракция пыли - масса частиц пыли, содержащаяся в единице объема воздуха и отделяемая первой ступенью прибора.

Тонкая фракция пыли - масса частиц пыли, содержащаяся в единице объема воздуха и учитываемая второй ступенью прибора.

Медиана - среднее геометрическое значение концентрации аэрозолей, делит все пробы на две равные доли: 50 % проб с концентрациями выше значения медианы, а 50 % - ниже.

Стандартное геометрическое отклонение (σ) характеризует пределы колебаний концентраций.

Пылеотборник - устройство для взятия проб витающей пыли.

Пылемер - прибор для измерения концентрации пыли в воздухе, преобразующий различные, закономерно связанные с присутствием пыли физические явления (электрическое поле, отражение или поглощение светового потока и т.д.) в индикацию или в эквивалентную массу пыли в единице объема воздуха величину.

Одноступенчатый метод измерения - определение концентрации всей витающей в воздухе пыли.

Двухступенчатый метод измерения - определение концентрации всей витающей в воздухе пыли с разделением ее на грубую и токую фракции.

Объемная скорость - объем воздуха, протекающего через прибор в единицу времени.

Линейная скорость - скорость потока воздуха, входящего в приемное отверстие устройства или прибора,

Пылевая нагрузка на орган дыхания - масса частиц пыли, которая поступает в органы дыхания в определенный отрезок времени (смена, месяц, год, стаж)

2. Теоретическая часть

Аэрозоли - взвешенные в воздухе твердые и жидкие частицы вещества, т.е. это дисперсионные системы, в которых дисперсионной средой является воздух, а дисперсионной фазой – твердые или жидкие частицы.

К аэрозолям относятся: дымы, пыли, туманы и морось. Аэрозоли, дисперсионная фаза которых состоит из твердых частиц, называется дымом или пылью. Пыли - более крупные частицы, образующиеся за счет дробления или измельчения твердых веществ, Дымы - мелкие частицы (0,1 - 10 мкм). Аэрозоли, дисперсионная фаза которых состоит из жидких частиц, в зависимости от размеров последних называют моросью или туманом. Морось - более крупные частицы, образующиеся за счет дробления (диспергирования жидкости), а туман - за счет конденсации паров вещества.

Количественными характеристиками аэрозолей являются концентрация и размер частиц аэрозолей. В зависимости от того, каким параметром аэрозольных частиц охарактеризовано их содержание, различают массовую, объемную, счетную и поверхностную концентрацию.

Массовая или гравиметрическая концентрация C_p - масса аэрозольных частиц, содержащихся в единице объема аэрозоля, мг/м³.

Объемная концентрация C_v - объем аэрозольных частиц, содержащихся в единице объема аэрозоля, $\text{см}^3/\text{м}^3$. Массовая концентрация равна объемной, умноженной на удельную массу аэрозольных частиц $C_p = C_v \rho$.

Счетная концентрация C_N - отношение числа аэрозольных частиц к числу объемных частиц аэрозоля, выражается числом частиц, содержащихся в 1 м^3 аэрозоля.

Поверхностная концентрация C_s характеризует суммарную поверхность аэрозольных частиц, содержащихся в единице объема аэрозоля $\text{м}^2/\text{м}^3$.

Методы исследования аэрозолей разделяют на две большие группы:

- с выделением дисперсной фазы аэрозолей из дисперсной среды;
- без выделения дисперсной фазы аэрозоля из дисперсионной среды.

3. Проведение измерений весовым (гравиметрическим) методом (МВИ №4436-76)

Концентрация пыли измеряется в весовых (гравиметрических) показателях ($\text{мг}/\text{м}^3$). В зависимости от цели измерения определяется максимально разовая и среднесменная концентрация.

Разрешается использование устройств и приборов, основанных на прямом и косвенном методах измерения массы пыли. При этом одноступенчатые приборы должны обеспечивать отбор проб или измерение (или и то и другое) всех витающих в воздухе частиц. Двухступенчатые приборы предназначены для получения данных о дисперсном составе пыли - по массе грубой и тонкой фракции, получаемых при разделении всей отбираемой пыли первой ступенью.

1. Длительность измерения **максимально разовых концентраций** должна составлять 20 мин. При уровнях запыленности более 10 ПДК допускается отбор нескольких последовательных (не менее 3-х) разовых проб через равные промежутки времени. Измерения максимально разовых концентраций должны производиться в периоды выполнения основных пылеобразующих операций.

При кратковременной (менее 20 мин), но периодической операции отбор проб воздуха следует производить и при ее повторении таким образом, чтобы суммарная (общая) длительность достигала 20 мин.

Измерение **среднесменной концентрации** проводится в течение всей смены, но не менее 75 % ее продолжительности, при условии охвата всех (не только пылеобразующих) производственных операций в течение смены, перерывов в работе и выполнения установленной нормы выработки. Разрешается как непрерывный отбор проб пыли, так и

дискретный с учетом длительности основных и вспомогательных технологических операций и перерывов в работе. Для достоверной оценки среднесменной концентрации пыли в воздухе рабочей зоны необходимо получить данные о запыленности воздуха не менее чем по 3 сменам. Периодичность пылевого контроля при определении среднесменных концентраций рекомендуется устанавливать не реже 1 раза в год при запыленности воздуха на рабочих местах $\leq$ ПДК. При запыленности воздуха выше ПДК пылевой контроль рекомендуется проводить в зависимости от полученных значений стандартного геометрического отклонения (σ) установленных среднесменных концентраций: при $\sigma \leq 3$ – не реже 1 раза в год, при σ от 3 до 6 – 1 раз в полугодие, при $\sigma \leq 6$ – 1 раза в квартал.

2. Воздухоприемное отверстие пылеотборника или пылемера следует располагать так, чтобы плотность насыщения имела угол 90 градусов с направлением движения потока запыленного воздуха.

3. Для проведения прямых измерений с использованием фильтров АФА, применяют улавливающее устройство, состоящее из фильтродержателя с опорной сеткой

4. Взвешивание фильтров производят до и после отбора проб в условиях лаборатории на аналитических весах, соответствующих ГОСТ 24108-80 и имеющих погрешность не более $\pm 0,1$ мг

5. Перед отбором проб фильтры АФА взвешивают в следующем порядке:

- извлекают фильтры из обоймы и защитных бумажных колец и помещают центр чашки весов так, чтобы фильтр не выступал за ее края;
- после взвешивания фильтр с помощью пинцета за опресованный край помещают снова в защитные бумажные кольца, укладывают в пакет из кальки и вставляют в обойму;
- массу фильтра и его порядковый номер записывают в рабочий журнал. Номер пишут на выступе бумажного фильтра.

6. При отборе проб воздуха необходимо:

- установить на штативе или подвесить в соответствии с изложенными выше требованиями фильтродержатель и соединить его резиновыми трубками с побудителем тяги (аспиратор, эжектор и др.), опробовать работу установки и проверить плотность герметизации соединений фильтродержателя с аспиратором;
- извлечь из обоймы и кальки фильтр за выступ защитного бумажного кольца, вставить фильтр с защитным кольцом в фильтродержатель и закрепить его прижимной гайкой;
- включить аспиратор, установить необходимый расход воздуха, записать время начала измерения и проводить отбор пробы, тщательно наблю-

дая и при необходимости регулировать расход воздуха. Для рабочей зоны расход воздуха - 20 л/мин, для атмосферного воздуха - 20 л/мин.

7. При определении содержания пыли в воздухе с использованием фильтров АФА-ВП-10, АФА-ВП-20 навеска пыли на них должна быть соответственно не менее 1 или 2 мг и не более 20 или 50 мг.

8. Для приведения пробы к нормальным условиям (в соответствии с приложением Б) на месте отбора проб пыли необходимо периодически замерять температуру, барометрическое давление и влажность воздуха.

9. После отбора пробы, отвинтив прижимную гайку, фильтр за выступы защитных бумажных колец извлекают из фильтродержателя, взвешивают, затем складывают вдвое (или вчетверо) вместе с защитными кольцами запыленной стороной внутрь и в сложном виде укладывают в пакет из кальки, который помещают в обойму.

10. Измерения пылемерами индивидуальными пылеотборниками должны проводиться в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

4. Расчет концентрации пыли

1. При применении пылеотборников концентрация пыли в воздухе по результатам измерения массы пыли на одном фильтре рассчитывается по формуле

$$C_o = \frac{(m_1 - m_o)}{V_n} * 1000 \text{ мг/м}^3, \quad (13)$$

где C_o - концентрация всей витающей в воздухе пыли мг/м³; m_o - масса фильтра до отбора пробы пыли мг; m_1 - масса фильтра после отбора пробы мг; V_n - объем воздуха, прошедшего через фильтр и приведенный к нормальным условиям (приложение А), дм³.

2. Значение максимально разовой концентрации пыли (C_o) при дискретном ее измерении и равной продолжительности отдельных измерений в течение 20 мин рассчитывается как среднее арифметическое из разовых концентраций по формуле

$$C_o = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots C_n}{n} \text{ мг/м}^3, \quad (14)$$

где $C_1, C_2 \dots C_n$ - результаты разовых (отдельных) измерений, мг/м³; n - количество измерений.

Значение максимально разовой концентрации при различной продолжительности отдельных измерений определяется как средняя взвешенная во времени концентрация, рассчитываемая по формуле

$$C_0^{-b} = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots C_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots t_n} \text{ мг/м}^3. \quad (15)$$

3. При дискретном измерении значение среднесменной концентрации рассчитывается как средневзвешенное по времени измерения разовых концентраций, полученных на всех этапах технологического процесса, по отдельным производственным операциям и в паузах между ними по формуле 15.

При расчете среднесменной концентрации и формуле (15) $C_1, C_2 \dots C_n$ - результаты измерений разовых концентраций в мг/м^3 , по этапам технологического процесса (производственным операциям) и в перерывах между ними; $t_1, t_2 \dots t_n$ – продолжительность отдельных измерений мин.

4. Дальнейшая обработка результатов измерений - получение медианы, расчет среднесменной концентрации как средневзвешенной по вероятности, ее стандартного геометрического отклонения проводится только в случае необходимости графо-аналитическим или расчетным способом.

4.1 Расчет концентрации пыли по результатам измерения на одном фильтре

Рассчитать концентрацию пыли по результатам измерения на одном фильтре (13), используя приложение А. Расход воздуха при пробоотборе на определение содержания пыли. Расход воздуха q - 20 л/мин, время отбора t - 20 мин.

Контрольные задания

Варианты исходных данных (табл. 3) к заданию 4.1.

Таблица 3 - Варианты заданий

№ варианта	m_1 , мг	m_0 , мг	T , °C	ϕ	P , мм рт. ст
1	20,0	10,3	15°	65 %	760
2	23,3	10,8	10°	70 %	758
3	29,9	9,8	25°	75 %	745
4	39,4	10,4	28°	78 %	752
5	25,6	10,1	30°	80 %	764
6	40,5	10,5	31°	85 %	765
7	42,8	10,4	27°	74 %	762
8	45,9	10,6	32°	77 %	770

Приложение А

ПРИВЕДЕНИЕ ОБЪЕМА ВОЗДУХА К НОРМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ

Объем исследуемого воздуха приводится к нормальным условиям согласно ГОСТ 12.1.005-88 (температура +20 °С, атмосферное давление 760 мм рт. ст, или 101300 Па, относительная влажность 50 %) по формуле

$$V_n = \frac{V(273 + 20)(P - P_n \varphi)}{(273 + t^o)(760 - P_o)}, \quad (16)$$

где V_n - приведенный к нормальным условиям объем воздуха, дм^3 ;
 P - среднесменное атмосферное давление в пункте измерения, Па;
 P_n - давление насыщенного пара при определенной температуре (применяется из прилагаемой табл. 4), Па.

Таблица 4 - Давление насыщенного пара при определенной температуре

Температура, °С	Давление насыщенного пара, мм рт.ст	Температура, °С	Давление насыщенного пара, мм рт.ст	Температура, °С	Давление насыщенного пара, мм рт.ст	Температура, °С	Давление насыщенного пара, мм рт.ст
-20	0,927	+3	5,687	+14	11,908	+25	23,550
-15	1,400	+4	6,087	+15	12,699	+26	24,988
-10	2,093	+5	6,534	+16	13,836	+27	26,503
-5	3,113	+6	6,988	+17	14,421	+28	28,101
-4	3,368	+7	7,492	+18	15,397	+29	29,782
-3	3,644	+8	8,017	+19	16,346	+30	31,548
-2	3,941	+9	8,574	+20	17,391	+31	33,406
-1	4,263	+10	9,165	+21	18,495	+32	35,359
0	4,600	+11	9,762	+22	19,659	+33	37,411
+1	4,940	+12	10,457	+23	20,888	+34	39,565
+2	5,300	+13	11,162	+24	22,184	+35	41,827

В 1 мм рт.ст. = 133,322 Па

φ - относительная влажность воздуха в пункте измерения, доли единицы;

t^o - средняя температура воздуха в пункте измерения, °С;

P_o - давление водяных паров при температуре 20 °С и влажности 60 % (величина постоянная и равная 8,7 мм.рт.ст. или 1160 Па).

Объем воздуха (дм^3) определяется по формуле

$$V = gt, \quad (17)$$

где g – расход воздуха за 1 мин; t – продолжительность измерения, мин.

4.2. Расчетный метод. Пример расчета

1. Разовые концентрации (однократные измерения), согласно заданию вносятся в графу 2 табл.5 в порядке отбора проб.

2. В графе 3 табл.5 представляется длительность отбора каждой разовой концентрации (в минутах).

3. В графу 4 табл. 5 вносятся значения произведений разовых концентраций на длительность их отбора. Сумма этих произведений делится на время общей длительности пробоотбора, в результате чего получается значение среднесменной концентрации пыли (в данном примере она составила 27,9 мг/м³).

4. По формуле, приведенной в таблице 5, рассчитываем значение медианы. В данном случае она равна 18,4 мг/м³.

5. С использованием полученных значений среднесменной и медианой концентраций рассчитываем по приведенным формулам величину стандартного геометрического отклонения. Она оказалась равной 2,5.

При суммировании концентраций загрязнений ОС используется геометрическое среднее отклонение (отклонение логарифмов значений в выборке), которое позволяет оценить степень изменения переменной с течением времени.

Таблица 5 - Пример расчета

№ п/п	Концентрация в порядке отбора мг/м ³	Длительность отбора проб, мин	Произведение концентрации на время	Статистические показатели (формулы расчета)	Значение	Их значение
1	40,5	10	405,0	Минимальная из разовых концентраций $C_{\min}$	4,0 мг/м ³	4,0
2	59,5	7	416,5			
3	173,3	5	866,5			
4	110,6	10	1106,0	Максимальная из разовых концентраций $C_{\max}$	173,3 мг/м ²	173,3
5	121,1	5	605,5			
6	18,8	21	394,8	Среднесменная концентрация $C_0^{-b} = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots C_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots t_n}$	27,9 мг/м ³	27,9
7	17,8	38	676,4			
8	29,9	13	338,7			
9	20,0	15	300,0			
10	39,4	10	394,0	Медиана – $Me = e^{\frac{\ln Me}{\sum t_i}}$ $= \frac{t_1 \ln C_1 + t_2 \ln C_2 + \dots t_n \ln C_n}{\sum t_i}$	18,4 мг/м ³ 2,9	18,4 2,9
11	14,2	30	426,0			
12	23,7	11	260,7			
13	23,3	10	23,0	Стандартное геометрическое отклонение $\sigma = e^{\ln \sigma}$ $\ln \sigma = \sqrt{2 \ln C_0^{-b} / Me}$	2,5 мг/м ³ 0,912	2,5 0,912
14	21,5	15	322,5			
15	11,8	16	188,8			
16	4,0	40	160,0			

Σ256

Σ7144,4

Ответ: Среднесменная концентрация 27,9 мг/м³, СГО 2,5 мг/м³

Контрольные задания

Рассчитать среднесменную концентрацию, медиану и средне-геометрическое отклонение замера содержания пыли (табл. 5).

Таблица 6 - Варианты исходных данных

№ вар.	Концентрация в порядке отбора проб C , мг/м^3	Время отбора проб в порядке отбора проб t , мин
1	4; 11,8; 14,2; 12,8; 15,7; 17,8; 18,8; 19,5; 22,5; 15,7; 17,8; 18,8; 19,5; 22,5; 20,0	40; 16; 20; 18; 22; 34; 25; 27; 21; 25; 30; 35; 28; 32; 10
2	10,2; 12,2; 14,3; 17,2; 19,4; 22,6; 30,0; 35,0; 28,2; 20,5; 45,3; 48,0	20; 12; 17; 33; 35; 28; 25; 27; 30; 18; 22; 16
3	15; 17,8; 21,5; 28,7; 14,2; 22,9; 25,8; 12,5; 23,3; 35,6; 33,3; 19,2; 28,8	16; 23; 13; 18; 19; 15; 15; 22; 25; 23; 33; 14; 19
4	16,0; 13,7; 14,2; 32,2; 14,8; 21,7; 23,2; 19,0; 18,2; 20,0	11; 15; 17; 17; 27; 24; 29; 32; 36; 18
5	22,3; 19,3; 15,3; 22,8; 20,0; 17,8; 23,4; 32,7; 28,4; 32,1; 26,2; 19,0	20; 12; 19; 33; 30; 28; 25; 22; 30; 18; 28; 15
6	10,2; 12,2; 14,3; 17,2; 19,4; 22,6; 30,0; 35,0; 28,2; 20,5; 45,3; 48,0	19; 23; 13; 22; 19; 15; 18; 22; 28; 23; 30; 18
7	10; 11,8; 14,2; 12,8; 15,7; 17,8; 18,8; 19,5; 22,5; 28,8; 37,0	22; 14; 17; 32; 35; 28; 25; 27; 30; 18; 29
8	17,0; 17,8; 21,5; 28,7; 14,2; 22,9; 25,8; 12,5; 23,3; 35,6; 33,3; 19,2	28; 15; 17; 37; 35; 24; 25; 27; 30; 18; 22; 19

Контрольные вопросы

1. Аэрозоли. Основные понятия. Классификация.
2. Виды представления концентрации аэрозолей.
3. Методы определения концентрации аэрозолей.
4. Методы определения концентрации пыли с выделением дисперсной фазы.
5. Методы определения концентрации аэрозолей без выделения дисперсионной фазы.
6. Параметры расчета концентрации пыли.

Задание № 3. АКУСТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

1. Термины и определения

1. Постоянный шум – шум, уровень звука которого изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера по ГОСТ 17187-71.

2. Непостоянный шум – шум, уровень звука которого изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера по ГОСТ 17187-71.

3. Колеблющийся шум – непостоянный шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени.

4. Прерывистый шум – непостоянный шум, уровень звука которого периодически резко падает до уровня фонового шума, причем длительность интервалов, в течение которых уровень звука остается постоянным и превышающим уровень фонового шума, составляет 1с и более.

5. Импульсный шум – непостоянный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых импульсов, каждый длительности менее 1с, при этом уровни звука, дБА, измеренные при включении временных характеристик «медленно» и «импульс» шумомера по ГОСТ 17187-71, отличаются не менее чем на 7 дБА.

6. Эквивалентный уровень (по энергии) уровень звука $L_{АЭКВ}$ дБА данного непостоянного шума - уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое то же самое среднеквадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

7. Широкополосный шум - шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

2. Теоретическая часть

Звук - слуховые ощущения, вызываемые механическими колебаниями упругой среды, распространяющиеся от источника звука в газообразной, жидкой и твердой среде и воздействующие на органы слуха человека. При этом колебания среды воспринимаются как звук органами слуха только в определенной области частот (16 - 20000 гц) и при звуковых давлениях превышающих порог слышимости человека. Частоты, лежащие ниже или выше диапазона слышимости, называются соответственно инфразвуком и ультразвуком, не имеют отношение к слуховым ощущениям и воспринимаются как физическое воздействие среды. Поверхность тела,

совершающая колебания, является излучателем (источником) звуковой энергии, которая создает акустическое поле. Акустическим полем называют область упругой среды, которая является средством передачи акустических волн. Акустические волны, как всякая волна, проходит через препятствие, отражается от препятствия и поглощается им.

Шумы обладают сплошным спектром, т.е. частоты, содержащиеся в них простых синусоидальных волн (звуков), образуют ряд значений, целиком заполняющий некоторый интервал. Шум - случайное сочетание звуков различной интенсивности и частоты.

Звук характеризуется следующими характеристиками:

Звуковое давление. В звуковом поле возникают деформации, разрежения и сжатия, что приводит к изменению давления в любой точке акустического поля по сравнению с атмосферным, разность между этими давлениями звукового поля называется звуковым давлением:

$$P_{\text{зв}} = P_{\text{ср}} - P_{\text{атм}} \text{ Па.} \quad (18)$$

Скорость распространения звука зависит от характеристики среды, в которой распространяется звук.

При $t = 20^\circ\text{C}$ скорость звука равна $V_{\text{зв}} = 344 \text{ м/с}$.

Как всякий волновой процесс, который в общем случае описывается формулой: $x = x_{\text{max}} \sin \omega t$, акустические волны имеют период, частоту, длину волны.

Период T с - время, за которое происходит одно колебание. Период связан с **частотой f** формулой $f = 1/T$ гц. **Длина волны λ м** - расстояние, проходимое звуковой волной за период. Длина волны связана со скоростью $V_{\text{зв}} = \lambda f$ м/с.

Звуковая волна является носителем **энергии** в направлении своего движения. Количество **энергии**, переносимое звуковой волной за 1 секунду через пространство с площадью сечения 1 м^2 перпендикулярно направлению движения, называется **интенсивностью звука I Вт/м²**. Со **звуковой мощностью W** (количеством энергии в единицу времени) интенсивность связана соотношением $W = IS$ Вт, где S - площадь фронта волны. При сферической волне $S = 4\pi R^2 \text{ м}^2$.

Акустическая единица бел - единица логарифмической величины, представляющая собой логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную. Дольная единица-децибел $1 \text{ дБ} = 0,1\text{Б}$. Увеличение звука в 10 раз соответствует 1 белу или 10 децибелов. В децибелах оценивается **уровень звука и уровень звукового давления**.

Уровень звука (УЗ) - $L_I = 10 \lg I/I_0$ дБ.

Уровень звукового давления (УЗД) - $L_p = 20 \lg P/P_0$ дБ, где P_0 и I_0 - стандартный порог слышимости; $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Верхний предел звуковых давлений, ощущаемый человеком ограничивается болевым ощущением, ему соответствует $P = 20$ Па и $I = 1$ Вт/м².

Восприятие звука человеческим ухом представляет собой сложный процесс. Человеческое ухо неодинаково реагирует на звуки с разными частотами. Наибольшей чувствительностью человеческое ухо обладает в диапазоне от 1000 Гц до 4000 Гц, где она практически постоянно. Международная электротехническая комиссия (МЭК) утвердила в качестве стандартной - частотную характеристику А, приближающуюся к частотной характеристике человеческого уха. Используя частотную характеристику А, можно получить поправочное значение для приведения в соответствие уровней звукового давления уровням громкости звука по шкале А. Тогда $L_A = 20 \lg P/P_0$ дБА.

Повышенный шум действует как на органы слуха, так и на весь организм. Степень вредности шума зависит от его интенсивности, спектрального состава, времени воздействия, местонахождения человека, работы, индивидуальных особенностей человека. Основными источниками шума в городах являются автотранспорт, трамваи, поезда. В крупных городах уровни уличных шумов возрастают в среднем на 1 - 2 дБ в год. При распространении цилиндрической звуковой волны (от линейных источников шума) в открытом пространстве интенсивность звука изменяется обратно пропорционально расстоянию, т.е. при каждом удвоении расстояния уровень снижается на 3 дБ. К линейным источникам относятся поезда, трамваи, поезда и потоки автотранспорта.

Приборы для измерения шума (шумомеры) строятся на основе полосовых фильтров и показывают уровни звука в полосе частот. На практике шум измеряют и рассчитывают в октавных полосах частот со стандартными среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 гц.

3. Выполнение расчетов

3.1. Расчет эквивалентного уровня звука прерывистого шума, уровни звука которого остаются постоянными в интервалах длительностью 0,5 мин, а также колеблющегося во времени и импульсного шума.

Для непостоянных шумов используются эквивалентные уровни шума $L_{Aзкв}$

Расчет эквивалентного уровня звука $L_{A экв.}$ дБА, точке производят в следующей последовательности:

1. Измеренные уровни звука распределяют по интервалам, указанным в графе 1 формы 1. Так, например, уровень звука, равный 52 дБА, относят к интервалу от 48 до 52 дБА. Отсчеты уровней звука в каждом интервале заносят в графу 2 формы 1 в виде отметок.

2. Подсчитанное число отсчетов уровней звука в каждом интервале заносят в графу 3 формы 1.

3. По табл. 7 в зависимости от числа отсчетов определяют частные индексы для каждого интервала уровней звука и заносят их в графу 4 формы 1. Так, например, в интервале 43 - 47 дБА произведено 40 отсчетов уровней звука. Соответствующий частный индекс равен 386.

4. Подсчитывают суммарный индекс.

5. По табл. 8 определяют величину ΔL_A , дБА, в зависимости от полученного суммарного индекса. Если значение полученного суммарного индекса отсутствует в табл. 8, величину ΔL_A определяют для суммарного индекса, ближайшего по величине к данному суммарному индексу.

6. Эквивалентный уровень звука $L_{A \text{ экв.}}$, дБА, вычисляют по формуле

$$L_{A \text{ экв.}} = \Delta L_A + 10. \quad (19)$$

Таблица 7 - Частные индексы в зависимости от числа отсчетов в интервалах уровней звука

Число отсчетов уровней звука в интервале	Интервалы уровней звука, дБА									
	От 13 до 17	От 18 до 22	От 23 до 27	От 28 до 32	От 33 до 37	От 38 до 42	От 43 до 47	От 48 до 52	От 53 до 57	От 58 до 62
	Частные индексы									
1	0	0	0	0	1	3	9	28	89	280
2	0	0	0	1	2	6	18	56	177	560
3	0	0	0	1	3	8	26	83	262	830
4	0	0	0	1	4	11	35	111	351	1110
5	0	0	0	1	4	14	44	139	440	1390
6	0	0	1	2	5	17	53	167	528	1670
7	0	0	1	2	6	19	61	194	613	1940
8	0	0	1	2	7	22	70	222	702	2220
9	0	0	1	3	8	25	79	250	791	2500
10	0	0	1	3	9	28	88	278	879	2780
11-12	0	0	1	3	11	33	105	333	1050	3330
13-14	0	0	1	4	12	39	123	389	1230	3890
15-16	0	0	1	4	14	44	140	444	1400	4440
17-18	0	1	2	5	16	50	158	500	1580	5000
19-20	0	1	2	6	18	56	176	556	1760	5560
21-23	0	1	2	6	20	64	202	639	2020	6390
24-26	0	1	2	7	23	72	228	722	2280	7220

27-30	0	1	3	8	26	83	263	833	2630	8330
31-34	0	1	3	9	30	94	298	944	2980	9440
35-39	0	1	3	11	34	108	342	1080	3420	10800
40-44	0	1	4	12	39	122	386	1220	3860	12200
45-49	0	1	4	14	43	136	430	1360	4300	13600
50-56	1	2	5	16	49	156	492	1560	4920	15600
57-63	1	2	6	18	55	175	553	1750	5530	17500
64-70	1	2	6	19	62	194	615	1940	6150	19400
71-80	1	2	7	22	70	222	703	2220	7030	22200
81-90	1	3	8	25	79	250	791	2500	7910	25000
91-100	1	3	9	28	88	278	878	2780	8780	27800
101-115	1	3	10	32	101	319	1010	3190	10100	31900
116-130	1	4	11	36	114	361	1140	3610	11400	36100
131-150	1	4	13	42	132	417	1320	4170	13200	41700
151-170	2	5	15	47	149	472	1490	4720	14900	47200
171-190	2	5	17	53	167	528	1670	5280	16700	52800
191-220	2	6	19	61	193	611	1930	6110	19300	61100
221-250	2	7	22	69	220	694	2200	6940	22000	69400
251-280	3	8	25	78	246	778	2460	7780	24600	77800
281-320	3	9	28	89	281	889	2810	8890	28100	88900
321-360	3	10	32	100	316	1000	3160	10000	31600	100000

Форма 1

Интервалы уровней звука, дБА	Отметки отсчетов уровней звука в интервалах	Число отсчетов уровней звука в интервалах	Частные индексы
1	2	3	4
От 13 до 17			
« 18 « 22			
« 23 « 27			
« 28 « 32			
« 33 « 37			
« 38 « 42			
« 43 « 47			
« 48 « 52			
« 53 « 57			
« 58 « 62			
« 63 « 67			
« 68 « 72			
« 73 « 77			
« 78 « 82			
« 83 « 87			
« 88 « 92			
« 93 « 97			
« 98 « 102			
« 103 « 107			
« 108 « 112			

Таблица 8 – Величина ΔL_A в зависимости от суммарного индекса

Суммарный индекс	ΔL_A дБА	Суммарный индекс	ΔL_A дБА	Суммарный индекс	ΔL_A дБА	Суммарный индекс	ΔL_A дБА
32	15	7943	39	1995000	63	501200000	87
40	16	10000	40	2512000	64	631000000	88
50	17	12590	41	3162000	65	794300000	89
63	18	15850	42	3981000	66	1000000000	90
79	19	19950	43	5012000	67	1259000000	91
100	20	25120	44	6310000	68	1585000000	92
126	21	31620	45	7943000	69	1995000000	93
159	22	39810	46	10000000	70	2512000000	94
200	23	50120	47	12590000	71	3162000000	95
251	24	63100	48	15850000	72	3981000000	96
316	25	79430	49	19950000	73	5012000000	97
398	26	100000	50	25120000	74	6310000000	98
501	27	125900	51	31620000	75	7943000000	99
631	28	158500	52	39810000	76	10000000000	100
794	29	199500	53	50120000	77	12590000000	101
1000	30	251200	54	63100000	78	15850000000	102
1259	31	316200	55	79430000	79	19950000000	103
1585	32	398100	56	100000000	80	25120000000	104
1995	33	501200	57	125900000	81	31620000000	105
2512	34	631000	58	158500000	82	39810000000	106
3162	35	794300	59	199500000	83	50120000000	107
3981	36	1000000	60	251200000	84	63100000000	108
5012	37	1259000	61	316200000	85	79430000000	109
6310	38	1585000	62	398100000	86	100000000000	110

Контрольные задания к пункту 3.1

1. Источником звука в помещении здания являются транспортные потоки. Результаты измерений L_A дБА уровней звука в одной из точек представлены в таблице. Рассчитать эквивалентный уровень шума.

56	54	53	52	50
47	49	50	47	54
52	50	51	51	53
52	53	55	58	55
48	49	50	52	50

2. Источником звука в помещении здания являются транспортные потоки. Результаты измерений уровней звука L_A дБА в одной из точек представлены в таблице. Рассчитать эквивалентный уровень шума.

50	52	58	58	57
54	53	53	54	48
48	49	50	48	49
54	52	50	50	48
47	49	50	50	50

3. Источником звука в помещении здания являются транспортные потоки. Результаты измерений уровней звука L_A дБА в одной из точек представлены в таблице. Рассчитать эквивалентный уровень шума.

59	59	54	54	58	50
56	53	54	55	53	54
51	42	54	57	54	54
56	58	57	58	54	52

4. Источником звука в помещении здания являются транспортные потоки. Результаты измерений уровней звука L_A дБА в одной из точек представлены в таблице. Рассчитать эквивалентный уровень шума.

54	52	54	50	52
54	55	58	54	53
51	52	58	56	55
53	59	58	58	57
55	53	54	50	51

5. Источником звука в помещении здания являются транспортные потоки. Результаты измерений уровней звука L_A дБА в одной из точек представлены в таблице. Рассчитать эквивалентный уровень шума.

52	58	54	52	50	50	54
58	60	60	56	52	52	51
55	54	54	55	55	53	53

6. Источником звука в помещении здания являются транспортные потоки. Результаты измерений уровней звука L_A дБА в одной из точек представлены в таблице. Рассчитать эквивалентный уровень шума.

46	47	48	50
56	58	53	55
48	50	51	50
54	53	52	50
53	48	47	46

7. Источником звука в помещении здания являются транспортные потоки. Результаты измерений уровней звука L_A дБА в одной из точек представлены в таблице. Рассчитать эквивалентный уровень шума.

54	52	50	47	48
51	52	56	54	54
41	41	42	42	46
48	45	50	51	55

3.2 Расчет эквивалентного уровня звука прерывистого шума, уровни звука которого остаются постоянными в интервалах, длительностью 0,5 мин и более.

Расчет эквивалентного уровня звука производится в следующем порядке:

1. Определяют поправки ΔL_{Ai} , дБА, к значениям измеренных уровней звука L_{Ai} , (графа 2 форма 2) по табл. 9 для прерывистого звука, уровни звука которого остаются постоянными в интервалах, равных от 0,5 до 30 мин в зависимости от длительности интервалов, а также пауз между ними t_i (графа 3 формы 2).

2. Вычисляют скорректированные уровни звука $(L_{Ai} + \Delta L_{Ai})$, дБА, складывая измеренные уровни звука с полученными поправками и заносят в графу 5 формы 2.

3. Определяют суммарный уровень звука с помощью таблицы 10.В зависимости от разности скорректированных уровней звука определяют добавку к более высокому уровню звука

4. Полученный суммарный уровень звука будет являться эквивалентным уровнем звука $L_{Aэкв}$ (графа 6).

Форма 2

№ точек измерений	Уровень звука L_{Ai}	Длительность интервалов действия звука и пауз t_i мин	Поправки ΔL_{Ai} , дБА	Скорректированные уровни звука $(L_{Ai} + \Delta L_{Ai})$, дБА	Эквивалентные уровни звука $L_{экв}$
1	2	3	4	5	6

Таблица 9 - Поправка ΔL_{Ai} в зависимости от длительности интервалов и пауз между ними

Длительность интервалов действия прерывистого шума, а также пауз между ними t_i мин	0,5	0,8	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30
Поправка ΔL_{Ai} , дБА	-18	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0

Таблица 10

Разность двух складываемых уровней	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Сложение уровней звука (октавных уровней звукового давления) при помощи табл.10 производят последовательно, начиная с максимального, в следующем порядке.

1. Вычисляют разность двух складываемых уровней.
2. Определяют добавку к более высокому из двух складываемых уровней по табл. 10 в зависимости от полученной разности этих уровней.
3. Производят сложение полученной добавки и более высокого из двух складываемых уровней.

Контрольные задания к пункту 3.2

1. Источником шума в помещении является холодильная камера, встроенная в здание магазина. Длительность непрерывной работы холодильной установки 10 мин. Уровень звука при этом остается постоянным и равен 44 дБА. Пауза в работе холодильной установки равна 10 мин, уровень звука в помещении в течение паузы 38 дБА. Определить эквивалентный уровень звука.

2. Источником шума в помещении является холодильная камера, встроенная в здание магазина. Длительность непрерывной работы холодильной установки 20 мин. Уровень звука при этом остается постоянным и равен 54 дБА. Пауза в работе холодильной установки равна 10 мин, уровень звука в помещении в течение паузы 38 дБА. Определить эквивалентный уровень звука.

3. Источником шума в помещении является холодильная камера, встроенная в здание магазина. Длительность непрерывной работы холодильной установки 30 мин. Уровень звука при этом остается постоянным и равен 60 дБА. Пауза в работе холодильной установки равна 10 мин, уровень звука в помещении в течение паузы 42 дБА. Определить эквивалентный уровень звука.

4. Источником шума в помещении является холодильная камера, встроенная в здание магазина. Длительность непрерывной работы холодильной установки 20 мин. Уровень звука при этом остается постоянным и равен 62 дБА. Пауза в работе холодильной установки равна

10 мин, уровень звука в помещении в течение паузы 38 дБА. Определить эквивалентный уровень звука.

5. Источником шума в помещении является холодильная камера, встроенная в здание магазина. Длительность непрерывной работы холодильной установки 20 мин. Уровень звука при этом остается постоянным и равен 40 дБА. Пауза в работе холодильной установки равна 10 мин, уровень звука в помещении в течение паузы 36 дБА. Определить эквивалентный уровень звука.

6. Источником шума в помещении является холодильная камера, встроенная в здание магазина. Длительность непрерывной работы холодильной установки 10 мин. Уровень звука при этом остается постоянным и равен 48 дБА. Пауза в работе холодильной установки равна 10 мин, уровень звука в помещении в течение паузы 38 дБА. Определить эквивалентный уровень звука.

7. Источником шума в помещении является холодильная камера, встроенная в здание магазина. Длительность непрерывной работы холодильной установки 25 мин. Уровень звука при этом остается постоянным и равен 48 дБА. Пауза в работе холодильной установки равна 10 мин, уровень звука в помещении в течение паузы 38 дБА. Определить эквивалентный уровень звука.

3.3. Расчет эквивалентного уровня звука потока трамваев

Расчет эквивалентного уровня звука производят в следующей последовательности.

1. Определяют среднее значение измеренных уровней звука $\overline{L}_A$, дБА, по формуле 20

$$\overline{L}_A = \frac{L_{A1} + L_{A2} + \dots + L_{An}}{n}, \quad (20)$$

где $L_{A1}, L_{A2}, \dots, L_{An}$ - измеренные уровни звука, дБА; n - число измеренных уровней звука.

2. Определяют среднее значение времени действия $\overline{\tau}$, с по формуле

$$\overline{\tau} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n}{n}, \quad (21)$$

где $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ - время действия уровней звука

3. Определяют величину поправки $\Delta L_{A\tau}$, дБА, по таблице 11 в зависимости от среднего значения времени действия уровней звука (21).

Таблица 11 - Величина поправки в зависимости от среднего значения времени действия звука

Среднее значение времени действия $\bar{\tau}$, с, уровней звука	3	4	5	6	7	8
Поправка $\Delta L_A \tau$, дБА	-30,8	-29,5	-28,6	-27,8	-27,1	26,5

4. Определяют величину поправки $10 \lg n$, дБА, где n - число измеренных уровней звука.

5. Эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$, дБ, вычисляют по формуле

$$L_{Aэкв} = \bar{L}_A + \Delta L_{A\tau} + 10 \lg n + 3. \quad (22)$$

Контрольные задания к п 3.3

На улице с преимущественным движением трамваев проведены измерения уровней звука и характеристик движения трамваев, результаты которых представлены в форме табл. 12.

Таблица 12 - Варианты заданий

№ варианта	Уровень звука L_{Ai} , дБА	Время действия τ_i , с, уровня ($L_{Ai} - 10$)
1	2	3
1	88	4,7
	82	4,3
	88	7,4
	88	5,0
	87	5,0
2	88	5,4
	88	5,0
	86	7,2
	86	5,0
	87	4,7
3	88	5,0
	86	4,3
	86	4,7
	87	7,2
	87	5,4
4	86	5,0
	85	4,7
	86	5,0
	87	6,9
	85	4,3

№ варианта	Уровень звука L_{ai} , дБА	Время действия τ_i , с, уровня ($L_{Ai} - 10$)
1	2	3
5	83	4,5
	87	4,8
	88	5,7
	88	6,0
	82	6,4

Расчет эквивалентного уровня звука производим в следующей последовательности.

1. Определяем среднее значение измеренных уровней звука L (20).
2. Определяем среднее значение времени действия уровней звука τ (20).
3. Определяем величину поправки по таблице 12 в зависимости от среднего значения времени действия уровней звука.
4. Определяем величину поправки $10 \lg n$ (n - количество измерений).
5. Вычисляем значение эквивалентного уровня звука потока трамваев, которое округляем до целого числа (22).

3.4. Вычисление эквивалентного уровня прерывистого шума

Вычисление эквивалентного уровня шума дБА / уровня звукового давления дБ проводится в следующей последовательности

1. Определяются поправки к значениям измеренных уровней шума или октавных уровней звукового давления в зависимости от продолжительности интервалов прерывистого шума согласно таблице 13

Таблица 13 - Значения поправки в зависимости от продолжительности интервала прерывистого шума.

Продолжительность интервалов прерывистого шума мин	480	420	360	300	240	150	120	60	30	15	6
Поправка ΔL	0	0,6	1,2	2,0	3,0	4,2	6,0	9,0	12,0	15,1	19,1

2. Вычисляют разность уровней шума или уровней звукового давления для каждого интервала шума

3. Прибавляют полученные уровни шума каждого интервала согласно табл. 14. Эта сумма является эквивалентным уровнем прерывистого шума.

Таблица 14

Разность двух уровней дБА или дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Дополнение к более высокому уровню дБ	3,0	2,3	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

ПРИМЕР.

Рассчитать эквивалентный уровень прерывистого шума.

Дано:

1L = 110 дБА на протяжении 30 мин;

2L = 98 дБА на протяжении 130 мин;

3L = 75 дБА на протяжении 320 мин.

1. По таблице 6 определяется поправка к каждому ближайшему значению уровня

$$1L = 12 \text{ дБА}$$

$$2L = 6,0 \text{ дБА}$$

$$3L = 2,0 \text{ дБА}$$

2. Вычисляют разницу для каждого интервала

$$110 - 12,0 = 98 \text{ дБА}$$

$$98 - 6,0 = 92 \text{ дБА}$$

$$75 - 2,0 = 73 \text{ дБА}$$

3. Определяют добавление к разности уровней согласно табл. 7

$$98 - 92 = 6 \text{ дБа} \text{ – добавление 1 дБа}$$

Прибавляют к большему уровню

$$98 + 1 = 99 \text{ дБА}$$

4. Определяют разницу между суммой двух первых уровней и третьим уровнем

$$99,0 - 73,0 = 26 \text{ дБА}$$

При разности 26 дБА добавление равно 0.

$$99,0 + 0 = 99,0 \text{ дБА}$$

Эквивалентный уровень – 99 дБА.

Контрольные задания к п.3.4

Вариант 1

1L = 120 дБА на протяжении 120 мин

2L = 100 дБА на протяжении 35 мин

3L = 60 дБА на протяжении 100 мин

Вариант 2

1L = 100 дБА на протяжении 240 мин

2L = 95 дБА на протяжении 60 мин

3L = 75 дБА на протяжении 100 мин

Вариант 3

1L = 110 дБА на протяжении 150 мин

2L = 95 дБА на протяжении 60 мин

3L = 75 дБА на протяжении 100 мин

Вариант 4

1L = 96 дБА на протяжении 120 мин

2L = 80 дБА на протяжении 35 мин

3L = 120 дБА на протяжении 100 мин

Вариант 5

1L = 90 дБА на протяжении 300 мин

2L = 100 дБА на протяжении 35 мин

3L = 75 дБА на протяжении 100 мин

3.5 Расчет уровня шума и акустического экрана (см. табл. 15)

1. Получаем исходные данные (два источника шума, L_{of} при разных октавных частотах. Расстояние от источника до расчетной точки r) из таблицы 15 и заносим в табл. 16.

2. Рассчитываем фактические уровни шума (от линейных источников) в жилой застройке для каждой октавной части f по формуле

$$L_f = L_{of} - 10 \lg (r / r_0), \text{ дБ}, \quad (22)$$

где L_{of} – уровни шума источников на расстоянии $r_0 = 7,5$ м; r – расстояния от источника до расчетной точки (рис. 1).

3. Определяем разности уровней шумов двух источников для каждой октавной частоты:

$$\Delta L_f = L_{f\text{макс}} - L_{f\text{мин}} \text{ дБ}. \quad (23)$$

4. Определяем суммарный уровень шума от обоих источников в расчетной точке для каждой октавной частоты:

$$L_{\Sigma f} = L_{f\text{макс}} + \Pi, \text{ дБ}, \quad (24)$$

где $L_{f\text{макс}}$ – наибольший уровень шума из двух источников при данной октавной частоте; Π – поправка, зависящая от разности уровней шумов двух источников ΔL_f при данной октавной частоте (рис. 1), при $\Delta L_f \geq 10$ дБ поправка $\Pi = 0$.

5. Начертить график зависимости предельно допустимых уровней в зависимости от октавных частот (рис. 2), там же построить график зависимости полученных суммарных уровней шумов от двух источников $L_{\Sigma f}$ от октавных частот. Сравнить полученные значения с нормативными уровнями.

6. Рассчитать акустический экран (обычный), устанавливаемый на расстоянии $r_1 = 5$ м, при этом принять высоту экрана $H = 5 - 6$ м (рис. 3).

$$\Delta L = 20 \lg N - 10 \lg n \text{ дБ}, \quad (25)$$

где $N = 2\delta/\lambda$ – число Френеля; n – число свободных ребер (для обычного АЭ $n=3$; для Г-образного - 2; для П-образного - 1); $\delta = A+B - r_1 - r_2$, м; r_2 – расстояние от экрана до расчетной точки $r_2 = r - r_1$ (r – меньшее значение из табл. 15); $A = \sqrt{H^2 + r_1^2}$; $B = \sqrt{H^2 + r_2^2}$; длину волны λ можно определить по формуле $V_{зв} = \lambda f$ м/с при частоте $f = 1000$ Гц и $V_{зв} = 344$ м/с.

7. Определяем уровень шума в расчетной точке после установки экрана:

$$L_{1000} = L_{\Sigma 1000} - \Delta L, \text{ дБ}. \quad (26)$$

Если уровень шума больше чем ПДУ (рис. 2), увеличиваем высоту H экрана и расчет производим повторно до получения уровня шума ниже ПДУ.

Таблица 15 - Исходные данные. Уровни шума источников L_{0f} , дБ, на расстоянии $r_0 = 7,5$ м

№ вар.	Источник	г, м	Октавная частота f, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Автомобиль	75	88	86	85	83	81	80	79	75
	Трамв/пути	100	70	69	65	65	63	65	64	62
2	Автомобиль	50	92	91	89	86	79	77	75	73
	Ж/дорога	100	88	86	85	83	81	80	78	72
3	Трамв/пути	50	65	63	60	58	57	54	52	51
	Ж/дорога	75	65	65	68	69	77	79	83	85
4	Автомобиль	75	83	82	81	77	76	75	74	73
	Трамв/пути	100	55	57	58	59	61	63	65	67
5	Автомобиль	50	83	82	81	77	76	75	74	73
	Ж/дорога	100	91	89	88	86	84	83	81	75
6	Трамв/пути	50	70	69	67	65	63	65	64	62
	Ж/дорога	75	65	65	68	69	77	79	83	85
7	Автомобиль	75	78	75	73	69	68	67	65	64
	Трамв/пути	100	55	57	58	59	61	63	65	67
8	Автомобиль	50	81	79	77	75	75	74	72	70
	Ж/дорога	100	67	67	70	76	79	83	85	87
9	Трамв/пути	50	53	55	56	57	59	61	63	64
	Ж/дорога	75	65	65	68	69	77	79	83	85

Таблица 16 - Методика расчета уровней шумов двух источников при разных частотах

f, Гц	L _{0f} дБ (табл.15)		L _f дБ (22)		ΔL_f , дБ (23)	П (рис.1)	L _{Σf} , (24)
	Источник 1	Источник 2	Источник 1	Источник 2			
63							
125							
250							
500							
1000							
4000							
8000							

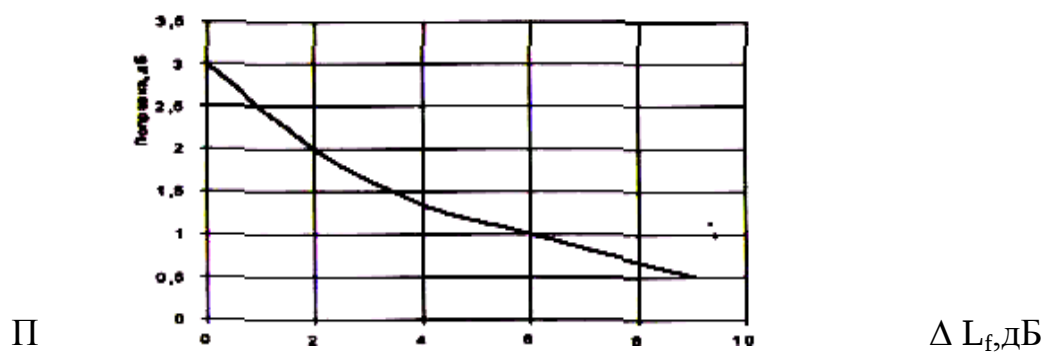


Рис. 1. Поправка П при суммировании уровней шума (к большему) в зависимости от разности уровней.

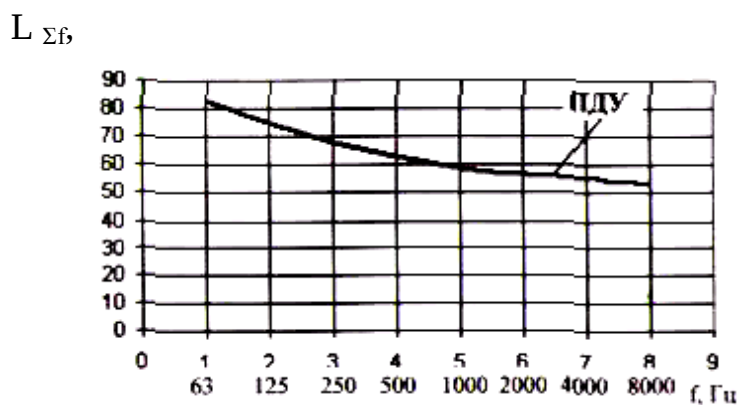


Рис. 2. Предельно допустимые уровни в зависимости от октавных частот

Контрольные вопросы

1. Понятие звука и шума.
2. Основные характеристики шума.
3. Акустические единицы.
4. Принцип работы приборов для измерения шума.

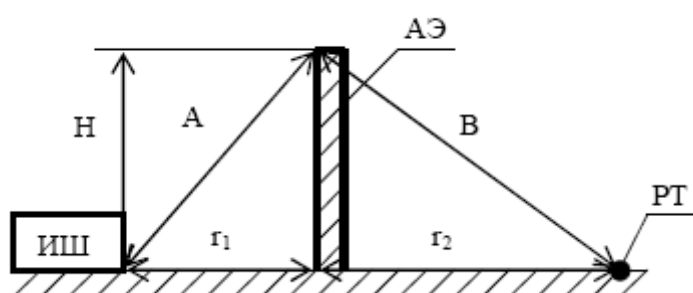


Рис. 3. Акустический экран АЭ:
ИШ – источник шума; РТ– расчетная точка

Задание № 4.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1. Теоретическая часть

Ионизирующее излучение – это физическое явление, связанное с излучением потока частиц или электромагнитной энергии, приводящее к ионизации окружающей среды (рис. 4):

- α -излучение – поток ядер гелия состоящих из двух протонов и двух нейтронов. Заряд +2, масса 4 а.е.м., энергия 4 - 9 МэВ ($1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{Дж}$), скорость 20000 м/с, пробег в воздухе 8 - 9 см и в биологической ткани – десятки микрон, удельная ионизация 35 - 60 тыс. пар ион/см;

- β -излучение – поток электронов (β^-) или позитронов (β^+). Заряд электрона -1 и заряд позитрона +1, масса $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, энергия - 0,15 - 3,6 МэВ, пробег в воздухе 22 - 1400 см, в биологической ткани – 0,02 - 1,9 см;

- γ -излучения – поток фотонов с энергией 0,01-10 МэВ, излучается при ядерных превращениях и аннигиляции «частица – античастица», заряд 0, масса покоя - 0, скорость - 300000 км/с; рентгеновское излучение - поток фотонов с энергией 1 - 1000 кэВ;

- нейтронное излучение – поток нейтронов. Заряд - 0, масса - 1 а.е.м., энергия - 0,1 - 20 МэВ, излучается при ядерных превращениях, пробег больше чем другие излучения.

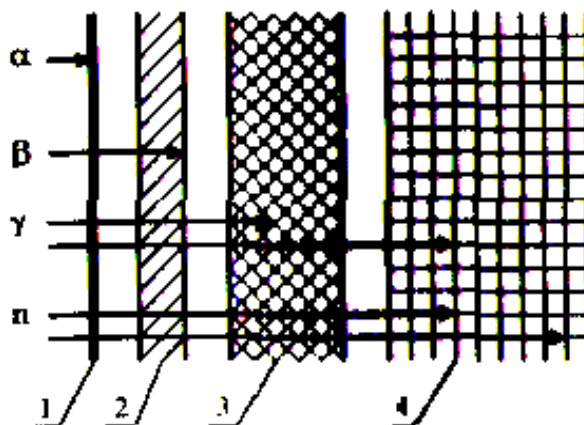


Рис. 4. Проникающая способность ионизирующих излучений:
1 - бумага (0,2 мм); 2 - оргстекло (10 мм); 3 - свинец (15 см); 4 - бетон (3 м)

Наиболее опасными являются γ -излучения и нейтроны, так как имеет наибольшие пробеги.

Методы и средства защиты от ионизирующих излучений следующие: установление предельно допустимых доз облучения; контроль уровня

радиации; изоляция излучающих объектов; применение вентиляции и вытяжных шкафов; применение защитных экранов.

Защитными экранами от ионизирующих излучений являются стенки контейнеров для перевозки изотопов, стенки сейфов для хранения изотопов, а также специальные экраны. Для защиты от α -частиц достаточен слой воздуха толщиной 5 - 6 см, но одновременно могут быть и другие излучения. Для защиты от β -излучений применяют экраны из материалов малой атомной массы (алюминий), от γ -излучений и нейтронов – из материалов большой атомной массы и плотности (свинец, вольфрам, бетон).

2. Выполнение работы

Рассчитать экран для защиты от источника ионизирующих излучений в рабочем помещении (таб17). Согласно нормативу при 6-часовом рабочем дне предельно допустимая доза облучения составляет $W_d = 1,4$ мР/ч.

Для расчета защитных экранов от ионизирующих излучений необходимо знать данные об источнике излучения, расстояния от источника и выбрать материал защитного экрана.

1. Рассчитывают коэффициент ослабления экрана:

$$K = \frac{8,4m Ra}{R^2 W_d}, \quad (26)$$

где m_{Ra} , [мг-экв. Ra] – γ -эквивалент источника – условная масса ^{226}Ra , создающего на некотором расстоянии такую же мощность экспозиционной дозы, как и данный источник (1 мг-экв. Ra = $8,4$ Р/ч на расстоянии 1 см); R – расстояние от источника; W_d – предельно допустимая доза облучения, мР/ч.

2. Выбирают материал и его толщину. Для этого можно использовать график зависимости коэффициента ослабления материала от толщины (рис. 5).

Таблица17 - Исходные данные (варианты)

№ вар.	m_{Ra} , мг-экв. Ra	R, см	№ вар.	m_{Ra} , мг-экв. Ra	R, см
1	665000	200	6	661000	190
2	555000	150	7	962000	250
3	645000	180	8	863000	230
4	535000	130	9	764000	220
5	625000	170	10	665000	180

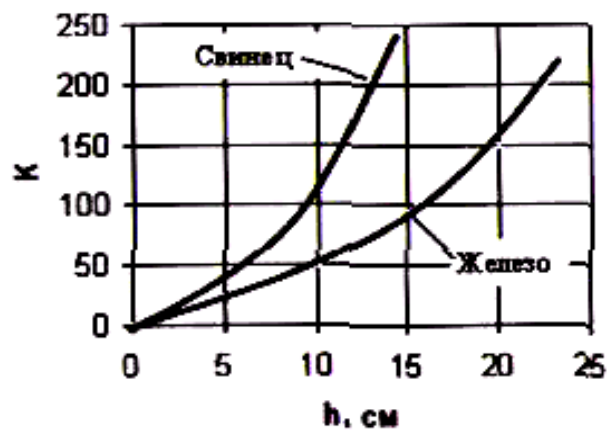


Рис. 5. Зависимость коэффициента ослабления экрана от толщины материала

Контрольные вопросы

1. Ионизирующие излучения и его виды.
2. Методы и средства защиты от ионизирующих излучений.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. ГОСТ 23337-82 ШУМ. Методы измерения шума на селитебных территориях и в помещениях жилых и общественных зданиях.
2. ГОСТ 12.1.036-82. ШУМ Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.
3. ГОСТ 23941-80. ШУМ Методы определения шумовых характеристик. Общие требования.
4. МУ № 4436-87. Методические указания измерения концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.
5. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Общие положения.
6. Практикум «Процессы и аппараты защиты ОС» / Под ред. д.х.н., проф. Глебова А.Н. - Казань: «Экоцентр», 2009. – 109 с.
7. Методы и приборы контроля ОС. Экологический мониторинг: учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. - Тамбов: Издательство «Тамбовский государственный технический университет», 2009. - 188 с.
8. А.З. Вартанов, А.Д. Рубан, В.Л. Шкурятник. Методы и приборы контроля ОС и экологический мониторинг. – М.: Издательство Горная книга, 2009. - 639 с.

Учебное издание

Ленивенко Нина Николаевна
Косовская Мария Алексеевна

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ
МЕТОДЫ АНАЛИЗА В ЭКОЛОГИИ**

*Учебно-методическое пособие
для проведения практических работ*

В авторской редакции

Изд. № 53/2020. Объем 2,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»