



*Областное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
среднего профессионального образования  
«Иркутский авиационный техникум»*

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ОГБОУ СПО «ИАТ»  
\_\_\_\_\_ В.Г. Семенов

**Комплект методических указаний по выполнению  
практических работ по дисциплине  
ОП.10 Безопасность жизнедеятельности**

образовательной программы (ОП)  
по специальности СПО

230113 Компьютерные системы и комплексы

базовой подготовки

**Иркутск 2013**

## Перечень практических (лабораторных) работ

№ работы	Название работы	Объём часов на выполнение работы	Страница
1	Показатели комфорtnости, безопасности и экологичности техносферы. Показатели её негативности.	2	
2	Расчет интегральной балльной оценки тяжести труда на рабочем месте	4	
3	Гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны	4	
4	Расчет категории опасности предприятия в зависимости от массы выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ	4	
5	Определение пропускной способности зрительного анализатора	4	
6	Расчет частот электромагнитного поля, используемых производственных условиях. Защита от воздействия ЭМИ.	4	
		22	

## Практическая работа № 1

### Часть № 1

#### **Показатели комфортности, безопасности и экологичности техносферы. Показатели её негативности.**

**Цель занятия:** познакомиться с показателями комфортности, безопасности, экологичности и негативности техносферы.

**Практические навыки:** научиться анализировать количественные характеристики опасных и вредных факторов среды обитания человека.

#### **Задание:**

1. Ознакомиться с предельно допустимыми концентрациями веществ для воздуха рабочей зоны и населенных мест.

2. рассчитать показатели негативности.

**Техносфера** - биосфера в прошлом, включающая в себя глобальную совокупность орудий, объектов, материальных процессов и продуктов общественного производства.

**Комфортность** - состояние уюта, удобства и удовлетворения, обеспеченное совокупностью положительных психологических и физиологических ощущений человека в процессе его трудовой деятельности. Комфортные условия создаются благодаря рациональной организации труда, соблюдению эргономических, социально-психологических и гигиенических требований охраны труда.

#### **Показатели комфортности**

*Комфортное (оптимальное) состояние* имеет место тогда, когда воздействия соответствуют оптимальным условиям взаимодействия, создаются оптимальные условия деятельности и отдыха, гарантируется сохранения здоровья человека и целостности компонентов среды обитания.

Комфортное состояние жизненного пространства помещений и территорий установлено по показателям микроклимата и достигается соблюдением нормативных требований. В качестве показателей комфортности устанавливают значения температуры воздуха в помещениях, его влажности и подвижности (например, ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»). Условия комфортности достигаются также соблюдением нормативных требований к естественному и искусственному освещению помещений и территорий (например, СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»). При этом нормируются значения освещенности и ряд других показателей систем освещения.

#### **Показатели безопасности и экологичности**

Показатели безопасности и экологичности используются для оценки безопасного состояния техносферы. Критериями безопасности и экологичности техносферы являются ограничения, вводимые в жизненном пространстве - предельно допустимая концентрация вещества или предельно допустимая величина потока энергии.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества** это такая концентрация, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни не возникает заболеваний или изменений состояния здоровья, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, обнаруживаемых современными методами исследования, в настоящее время или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Концентрации регламентируют, исходя из предельно допустимых значений концентраций этих веществ в жизненном пространстве:

$$C_i < ПДК_i \text{ или } \sum_i^n \frac{c_i}{ПДК_i} \leq 1$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве; ПДК $_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве;  $n$  – число веществ.

Для воздуха рабочей зоны используются:

- *предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны* (ПДК $_{рз}$ , мг/м $^3$ ) — концентрация, которая течение всего рабочего стажа, не может вызывать заболевания или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений;

- *ориентировочно безопасный уровень воздействия* (ОБУВ) — временный гигиенический норматив содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест, воде водоемов, продуктах питания;

*Среднесмертельная концентрация* (CL $_{50}$ , мг/м $^3$ ) — такая концентрация вещества в воздухе, которая вызывает гибель 50% животных, измеряется.

Для воздуха населенных мест употребляется:

- *предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе населенных мест* (ПДК $_{нм}$ , мг/м $^3$ ), которая подразделяется на максимальную разовую и среднесуточную.

*Максимально разовая концентрация* (ПДК $_{mp}$ , мг/м $^3$ ) — наименее высокая из числа 30-и минутных концентраций, зарегистрированных в данной точке за определенный период наблюдения, которая при вдыхании в течение 30-и минут не должна вызывать рефлекторные реакции (ощущение запаха и т.д.) в организме человека.

*Среднесуточная* (ПДК $_{cc}$ , мг/м $^3$ ) — средняя из концентраций, выявленных в течение суток, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом вдыхании.

### Показатели негативности

В тех случаях, когда состояние среды обитания не удовлетворяет критериям комфорта, неизбежно возникают **негативные последствия**.

Показатели негативности используются для оценки результатов негативного воздействия опасностей техносфера на человека.

*Показателями негативности* техносферы являются:

- число пострадавших от опасных (травмирующих) факторов;

- число пострадавших от вредных факторов и получивших заболевания;

- показатель сокращения продолжительности жизни при воздействии вредных факторов (СПЖ);

- младенческая смертность в возрасте до 1 года на 100 новорожденных;

- материальный ущерб.

Для *интегральной оценки* влияния опасностей на человека и среду обитания используют ряд показателей негативности.

Абсолютный показатель – *численность пострадавших*  $T_{mp}$  от воздействия травмирующих факторов.

Для оценки травматизма в производственных условиях кроме абсолютных показателей используют относительные *показатели частоты и тяжести травматизма*.

*Показатель частоты травматизма*  $K_t$  определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период:

$$K_t = T_{mp} \cdot 1000/C, \quad (1)$$

где  $C$  – среднесписочное число работающих;

$T_{mp}$  – численность пострадавших.

*Показатель тяжести травматизма*  $K_m$  характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай:

$$K_m = D/T_{mp}, \quad (2)$$

где  $D$  – суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям;

$T_{mp}$  – численность пострадавших.

Показатель травматизма со смертельным исходом  $K_{ci}$  определяет число несчастных случаев из расчета на 1000 работающих за определенный период времени (обычно год):

$$K_{ci} = 1000 (T_{ci}/C), \quad (3)$$

где  $T_{ci}$  – численность пострадавших со смертельным исходом;

$C$  – среднесписочное число работающих.

Показатели  $K_{\varphi}$ ,  $K_m$  и  $K_{ci}$  обычно используют в Госкомстате РФ для представления сведений о производственном травматизме.

**Риск**—вероятность реализации негативного воздействия в зоне пребывания человека.

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций применительно к техническим объектам и технологиям оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований. При использовании статистических данных величину риска определяют по следующим составляющим:  $N_{qc}$ – число чрезвычайных событий в год;  $N_0$ – общее число событий в год.

Из соотношений (1), (2), (3) можно показать, полагая

$N_0=C$ , а  $N_{qc}=T_{tp}$ , или  $N_{qc}=T_{ci}$ , отсюда

$$R_m = K_{mp}/1000, R_{ci} = K_{ci}/1000, \quad (4)$$

где  $R_{tp}$  – риск работающего получить травму в течение года;

$R_{ci}$  – риск гибели работающего в течение года.

**Неприемлемый риск** имеет вероятность реализации негативного воздействия более 10, **приемлемый** — менее 10.

Для оценки уровня нетрудоспособности вводят показатель нетрудоспособности:

$$K_n = D/1000/C, \quad (5)$$

где  $D$  – суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.

Нетрудно видеть, что  $K_n = K_{\varphi} K_t$ ,  $(6)$

**Численность пострадавших**  $T_3$ , получивших профессиональные или региональные заболевания.

Коэффициент частоты заболеваемости  $K_{\varphi}$  определяет число заболеваний на 100 работающих за отчетный период и рассчитывают по формуле:

$$K_{\varphi} = (Z/C) \times 100, \quad (7)$$

где  $Z$  – количество случаев заболеваний.

Показатель сокращения продолжительности жизни (СПЖ) при воздействии вредного фактора или их совокупности. К показателям СПЖ относятся абсолютные значения СПЖ в сутках и относительные показатели СПЖ, определяемые по формуле:

$$SPJ_{отн} = (\Pi - SPJ/365)/\Pi, \quad (8)$$

где  $\Pi$  – средняя продолжительность жизни, лет;

СПЖ – абсолютные значения СПЖ.

**Региональная младенческая смертность** определяется числом смертей детей в возрасте до 1 года из 1000 новорожденных:

$$\frac{\text{Число детей, умерших в течение года на 1-м году жизни}}{\text{Число, родившихся живыми в данном календарном году}} \times 1000, \quad (9)$$

### Задачи:

1. Определить: показатели частоты травматизма и тяжести травматизма, показатель нетрудоспособности, показатель травматизма со смертельным исходом, если количество травмированных на производстве за год составляет 11 чел., из которых с временной утратой трудоспособности - 8 чел., 1 чел. стал инвалидом и 2 чел. погибло. Общее количество рабочих дней, в течение которых проболели все пострадавшие с временной утратой трудоспособности - 160 дней. Среднесписочное количество работников на предприятии 500 чел.

2. Сокращение средней продолжительности жизни составляет 730 дней. Средняя продолжительность жизни по стране – 69 лет. Найти относительный показатель СПЖ.

3. Оценить уровень нетрудоспособности, если показатель частоты и тяжести травматизма равен, соответственно, 13 и 5?

4. Чему равна младенческая смертность в Иркутской области, если число детей, умерших в течение года составляло 354, а число, родившихся живыми – 34711.

5. Количество случаев заболеваемости на одном из крупных предприятии увеличилось в 2009 году до 846, при общем количестве работающих, равным 4820 человек. Определить частоту заболеваемости рабочих на данном предприятии.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие показатели устанавливают комфортное состояние для деятельности человека?
2. Перечислите основные показатели негативности.
3. Какую вероятность реализации негативного воздействия имеет неприемлемый и приемлемый риск?
4. Назовите абсолютные и относительные показатели, использующиеся для интегральной оценки влияния опасностей на человека и среду обитания.

## Практическая работа №2

### РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНОЙ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

**Цель работы:** определить интегральную балльную оценку тяжести и напряженности труда (рабочее место, указанное в выданном варианте).

#### Ход работы:

1. Взять вариант у преподавателя.
2. Изучить основные положения и методику. Подготовить форму таблицы (см. табл. 2.) и занести в нее исходные данные согласно данным варианта.
3. Внести в таблицу величину каждого фактора  $X_i$  в баллах.
4. Определить интегральную балльную оценку тяжести труда по формуле (1.) с учетом формулы (2.).
5. Зная интегральную балльную оценку, определить категорию тяжести труда и дать ее определение.
6. Оформить отчет и сдать преподавателю.

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Рабочая среда человек—оператор представляет собой совокупность физических, химических, биологических, социально-психологических и эстетических факторов внешней среды, действующих на оператора.

Различают четыре уровня воздействия факторов рабочей среды на человека, необходимые для их учета и нормирования:

- комфортная среда обеспечивает оптимальную динамику работоспособности оператора, хорошее самочувствие и сохранение его здоровья;
- относительно дискомфортная рабочая среда обеспечивает при воздействии в течение определенного интервала времени заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы;
- экстремальная рабочая среда приводит к снижению работоспособности оператора и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим изменениям или невозможности выполнения работы;
- сверхэкстремальная среда приводит к возникновению в организме человека патологических изменений или невозможности выполнения работы.

Комплексную оценку факторов рабочей среды проводят на основе методики физиологической классификации тяжести работ.

*Тяжесть труда* – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие жизнедеятельность.

*Тяжесть труда характеризуется:*

- физической динамической нагрузкой,
- массой поднимаемого и перемещаемого груза,
- общим числом стереотипных рабочих движений,
- величиной статической нагрузки,
- формой рабочей позы,
- степенью наклона корпуса,
- перемещениями в пространстве.

*Напряженность труда* - характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся:

- интеллектуальные,
- сенсорные,
- эмоциональные нагрузки,
- степень монотонности нагрузок,
- режим работы.

*Опасный производственный фактор* – фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья и смерти.

В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные производственные факторы могут стать опасными.

Профессиональный риск – это величина вероятности нарушения (повреждения) здоровья с учетом тяжести последствий в результате неблагоприятного влияния факторов производственной среды и трудового процесса.

Оценка профессионального риска проводится с учетом величины экспозиции последних, показателей состояния здоровья и утраты работоспособности последних.

Защита временем – уменьшение вредного воздействия неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса на работающих за счет снижения времени их действия:

- введение внутрисменных перерывов,
- сокращенного рабочего дня,
- увеличение продолжительности отпуска,
- ограничение стажа работы в данных условиях.

## 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Для определения категории тяжести работ каждый из факторов рабочей среды, реально действующий на человека (см. табл. 1.), оценивают по балльной шкале и определяют интегральную балльную оценку тяжести и напряженности труда.

*Таблица 1. Критерии для балльной оценки факторов рабочей среды.*

Фактор рабочей среды	Оценка, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Температура воздуха на рабочем месте, $^{\circ}\text{C}$ : теплый период холодный период	18...20 20...22	21...22 17...19	23...28 15...16	29...32 7...14	33...35 Ниже +7	>35 -
Токсичное вещество, кратность превышения ПДК, раз	-	$\leq 1$	1,0...2,5	2,6...4,0	4,0...6,0	>6
Промышленная пыль, кратность превышения ПДК, раз	-	$\leq 1,0$	1...5	6...10	11...30	> 30
Вибрация, превышение ПДУ, дБ	Ниже ПДУ	На уровне ПДУ	1...3	4...6	7...9	> 9
Промышленный шум, превышение ПДУ, дБ	< 1	Равно ПДУ	1...5	6...10	> 10	> 10 с вибрацией
Ультразвук, превышение ПДУ, дБ	< 1	Равно ПДУ	1...5	6...10	11...20	> 20
Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup>	$\leq 140$	141...1000	1001-1500	1501-2000	2001...2500	>2500
Освещенность рабочего места, лк: Мин. объект различ., мм Разряд работы	> 1 5...9	1,0...0,3 3...4	< 0,3 1...2	> 0,5 4...9	< 0,5 1...3	- -
Физическая динамическая нагрузка, Дж: Общая $\times 10^5$ Региональная $\times 10^5$	4,2 2,1	4,3...8,3 2,2...4,2	8,4...12 4,3...6,2	13...17 6,3...8,3	18...20 8,4...10	> 20 > 10
Физическая статическая нагрузка, Н · с: На одну руку $\times 10^4$ На две руки $\times 10^4$ На мышцы корпуса $\times 10^4$	< 18 < 43 < 61	18...36 43...86 61...123	37...70 87...144 124...210	71...97 145...220 211...300	> 97 > 220 > 300	- - -

Продолжение табл. 1

Фактор рабочей среды	Оценка, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Сменность	Утренняя смена	Две смены	Три смены	Нерегулярн. смены	-	-
Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	-	< 8	< 12	> 12	-	-
Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены	< 25	25...50	51...75	76...90	> 90	-
Число важных объектов наблюдения	< 5	5...10	11...25	> 25	-	-
Темп (число движений в час): Мелких (кисти) Крупных (руки)	< 360 < 250	361...720 251...500	721...1080 501...750	1081...3000 751...1600	> 3000 > 1600	- -
Число сигналов в час	< 75	76...175	176...300	> 300	-	-
Монотонность: Число приемов в операции Длительность повторяющихся операций, с	> 10 > 100	6...10 31...100	3...5 20...30	3...5 10...19	2...1 5...9	2...1 1...4
Режим труда и отдыха	Обоснованный, с включением музыки и гимнастики	Обоснованный без включения музыки и гимнастики	Отсутствие обоснован. режима труда и отдыха	-	-	-
Нервно-эмоциональная нагрузка	Простые действия по индивидуальному плану	Простые действия по заданному плану	Сложные действия по заданному плану с возможностью коррекции	Сложные действия по заданному плану при дефиците времени	Ответствен. за безопасность людей. Личный риск при дефиците времени.	-
Рабочее место (PM), поза и перемещение в пространстве	PM стационарное, поза свободная, масса перемещающегося груза до 5 кг	PM стационарное, поза свободная, масса перемещающегося груза свыше 5 кг	PM стационарное, поза несвободная, до 25% времени – в наклонном положении до 30°	PM стационарное, поза вынужденная, – до 50% рабочей смены	PM стационарное, поза вынужденная, неудобная – свыше 50% рабочей смены	PM стационарное, поза вынужденная, наклоны под углом 60° до 300 раз за смену

## Интегральная балльная оценка тяжести и напряженности труда

$$U_T = X_{\max} + \frac{6 - X_{\max}}{6(N - 1)} \sum_{i=1}^n X_i , \quad (1)$$

где  $x_{\max}$  – наивысшая из полученных частных балльных оценок;  $N$  – общее число факторов;  $x_i$  - балльная оценка по  $i$ -му из учитываемых факторов (частная балльная оценка);  $n$  – число учитываемых факторов без учета одного фактора  $x_{\max}$ .

Данная формула справедлива, если каждый из учитываемых факторов действует в течение всего рабочего дня, т.е. 8 ч (480 мин). Если какой-либо из факторов действует менее 8 ч, то его фактическая оценка

$$x_{\phi i} = x_i t_{ydi} = x_i (t_i / 480), \quad (2)$$

где  $t_{ydi}$  – удельный вес времени действия  $i$ -го фактора в общей продолжительности рабочего дня;  $t$  - продолжительность действия фактора, мин.

Таким образом, если по варианту работ окажется, что какой-то фактор действует меньше 480 мин, то в формулу (1) в качестве значения  $x$  по данному фактору следует подставлять значение  $x_{\phi}$ , определяемое по формуле (2).

Для удобства выполнения задания все промежуточные расчеты следует заносить в табл. 2. в следующей последовательности (по каждой строке):

- записать фактор среды из варианта (графа 1);
- обозначить этот фактор как  $X_i$ (графа 2);
- выписать значение фактора из варианта (графа 3);
- определить, используя данные табл.1 , величину фактора  $X_i$  в баллах и занести результат в графу 4.
- Исходные данные по вариантам у преподавателя, данные  $X_i$  в баллах (из табл. 1.) и результаты оценки удельной тяжести фактора рабочей среды,  $X_{\phi i}$  сводят в таблицу 2.

*Таблица 2. Расчет интегральной балльной оценки тяжести труда.*

№	Фактор рабочей среды и условия труда (вариант у преподавател.)	Значение показателя (см. табл.3.)	Балльная оценка фактора (см. табл. 1.)	Продолжительность действия фактора $t_p$ , мин	Удельный вес времени действия фактора $t_{ydi}$ (см. формулу 2.)	Оценка удельной тяжести фактора рабочей среды $X_{\phi i}$
1	2	3	4	5	6	7

После расчета интегральной балльной оценки по формуле (1) определяют категорию тяжести и напряженности выполняемой работы.

Интегральная оценка. баллы

Категория тяжести

До 1.8	1
1.8...3.3	2
3.4...4.5	3
4.6...5.3	4
5.4...5.9	5
более 5.9	6

На основании расчетов интегральной балльной оценки и коллективного договора, заключенного с администрацией, работнику дифференцируют заработную плату, т.е. устанавливают надбавку, назначают дополнительный отпуск или сокращенный рабочий день, дополнительное профилактическое питание и т.п.

**ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНОЙ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ»**

**1. Исходные данные:**

№ варианта, наименование рабочего места (РМ)	№№ п/п	Факторы рабочей среды	Величина рабочих показателей	Продолжительность действия фактора, мин
Оператор при работе с электронным микроскопом	1.	Температура воздуха на РМ в помещении в тёплый период года, °C.	21-22	420
	2.	Освещенность РМ на уровне санитарных норм Размер объекта, мм Разряд зрительной работы	- 0,2 I	360
	3.	Статистическая физическая нагрузка в течении смены на две руки, Н·с	$50 \cdot 10^4$	320
	4.	РМ стационарное, поза несвободная, до 20% времени в наклонном положении.	-	-
	5.	Работа в утреннюю смену.	-	-
	6.	Продолжительность непрерывной работы в течение 10 часов	-	-
	7.	Длительность сосредоточенного наблюдения от времени рабочей смены, %	90	-
	8.	Число важных объектов наблюдения	3	-
	9.	Число приёмов в операции	6	-
	10.	Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха	-	-
	11.	Нервно-эмоциональная нагрузка возникает за безопасность другого человека	-	-

**2. Цель работы:** определить интегральную балльную оценку тяжести и напряженности труда оператора при работе с электронным микроскопом.

**3. Ход работы:**

1. Комплексную оценку факторов рабочей среды проводят на основе методики физиологической классификации тяжести работ.

2. Данные для расчета интегральной балльной оценки тяжести труда:

Факторы рабочей среды	Величина показателя	Балл фактора	Продолжительность действия фактора, мин	Удельный вес действия фактора в течение рабочей смены ( $T_s=480$ мин)	Оценка удельной тяжести фактора рабочей среды
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Температура воздуха на РМ в помещении в тёплый период года, °C.	21-22	2	420	0.9	1.75
Освещенность РМ на уровне санитарных норм Размер объекта, мм Разряд зрительной работы	0.2 I	2 3	360 360	0,75 0,75	1,5 2,25
Статистическая физическая нагрузка в течении смены на две руки, Н·с	$5 \cdot 10^4$	1	320	0.6	0.6
РМ стационарное, поза не свободная, до 20% времени в наклонном положении.	-	3	-	-	3
Работа в утреннюю смену.	-	1	-	-	1
Продолжительность непрерывной работы в течении 10 часов	-	3	-	-	3

Длительность сосредоточенного наблюдения от времени рабочей смены, %	90	4	-	-	4
Число важных объектов наблюдения	3	1	-	-	1
Число приёмов в операции	6	2	-	-	2
Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха	-	3	-	-	3
Нервно-эмоциональная нагрузка возникает за безопасность другого человека	-	5	-	-	5
$\sum X_{\phi i}$					23,1

3. Интегральная балльная оценка тяжести труда определяется по формуле (1):

$$U_T = X_{\max} + \frac{6 - X_{\max}}{6(N - 1)} \sum_{i=1}^n X_i ,$$

где  $X_{\max}$  – наивысшая из полученных частных балльных оценок;  $X_i$  – балльная оценка по  $i$ -му из учитываемых факторов;  $n$  – число учитываемых факторов без учета одного фактора  $X_{\max}$ ;  $N$  – общее количество факторов.

В нашем случае формула (2) примет вид:

$$\sum X_{\phi i} = 23,1$$

В нашем случае формула (1) примет вид:

$$U_T = 5 + \frac{6 - 5}{6(11 - 1)} \cdot 23,1 = 5,38$$

4. Категория тяжести выполняемых работ:

Категория тяжести	1	2	3	4	5	6
Интегральная балльная оценка	До 1.8	1.9-3.3	3.4-4.5	<b>4.6-5.3</b>	5.3-5.9	6.0 и более

В нашем случае категория тяжести выполнения работ – 4.

### Контрольные вопросы к работе №2:

1. Что такое тяжесть труда и чем она характеризуется?
2. Назовите факторы, характеризующие напряженность труда.
3. Напишите формулы расчета интегральной балльной оценки тяжести и напряженности труда.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3**

### **ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**

*Цель работы:* научиться анализировать и выявлять вещества преобладающие эффектом суммации действия. Разработка рекомендаций по улучшению санитарно-гигиенических условий на основе требований санитарных норм и правил.

*Задачи:*

1. Изучить методические указания по гигиеническому нормированию вредных веществ.
2. Ознакомиться с вредными веществами, их воздействием на организм человека.
3. Выявить вещества, обладающие эффектом суммации.
4. Провести расчет по определению фактического эффекта.
5. Оценить возможное вредное влияние веществ, обладающих эффектом суммации.

#### **1. Воздействие вредных веществ на человека**

В результате производственной деятельности в воздушную среду могут поступать различные вредные вещества в виде паров, газов, пыли. Вредное вещество – это вещество, которое при контакте с организмом человека может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, как в процессе работы, так и в последующие сроки жизни настоящего и будущего поколений.

Пары, газы, жидкости, аэрозоли, соединения, смеси при контакте с организмом человека могут вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Воздействие вредных веществ на человека может сопровождаться отравлениями и травмами. В настоящее время известно около 7 млн. химических веществ и соединений, из которых 60 тыс. находят применение в деятельности человека в виде пищевых добавок, лекарств, препаратов бытовой химии. Химические вещества классифицируются на:

- промышленные яды, используемые в производстве: органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин);
- ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве: пестициды;
- лекарственные средства (аспирин);
- бытовые химикаты, применяемые в виде пищевых добавок (уксус),
- средства санитарии, личной гигиены, косметики;
- биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях (аконит, цикута), в грибах (мухомор), у животных (змеи) и насекомых (пчелы);
- отравляющие вещества (ОБ) - зарин, иприт, фосген.

В организм вредные химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и неповрежденную кожу. Однако основным путем поступления являются легкие. Помимо острых и хронических профессиональных отравлений, промышленные яды могут быть причиной понижения устойчивости организма и повышенной общей заболеваемости. По характеру воздействия на человека все вредные вещества делятся на токсичные и нетоксичные. Токсическое действие вредных веществ - это результат взаимодействия организма, вредного вещества и окружающей среды. Показатель токсичности вещества определяется его опасностью. Опасность вещества - это способность вещества вызывать негативные для здоровья эффекты в условиях производства, города или в быту. Об опасности веществ можно судить по критериям токсичности:

- ПДК - предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, воде, почве;

- ОБУВ - ориентировочному безопасному уровню воздействия для тех же сред;
- КВИО - коэффициенту возможного ингаляционного отравления; средним смертельным дозам и концентрациям в воздухе, на коже, в желудке, по величине порогов вредного действия (однократного, хронического), порога запаха, а также порогов специфического действия (аллергенного, канцерогенного и др.).

Эффект воздействия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества, его физико-химических свойств, длительности поступления, химических реакций в организме, от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, пути поступления и выведения, распределения в организме, а также метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» подразделены на 4 класса опасности:

- 1 - чрезвычайно опасные вещества, ПДК < 0,1 мг/м<sup>3</sup>, например, свинец, ртуть, озон;
- 2 - высоко опасные вещества, ПДК = 0,1 - 1,0 мг/м<sup>3</sup>, например, марганец, хлор, азотная кислота;
- 3 - умеренно опасные, ПДК = 1,0 - 10 мг/м<sup>3</sup>, например, азота диоксид, метиловый спирт, сернистый ангидрид;
- 4 - малоопасные, ПДК > 10 мг/м<sup>3</sup>, например, угарный газ, ацетон, аммиак.

Отравления являются наиболее неблагоприятной формой негативного воздействия токсичных веществ на человека. Они могут протекать в острой и хронической формах.

**Острые отравления** чаще бывают групповыми и происходят в результате аварий, поломок оборудования или грубых нарушений требований безопасности; они характеризуются кратковременностью действия ядов, не более чем в течение одной смены; поступлением в организм вредного вещества в относительно больших количествах - при высоких концентрациях в воздухе, ошибочном приеме внутрь, сильном загрязнении кожных покровов. **Хронические отравления** возникают постепенно, при длительном поступлении яда в организм в относительно небольших количествах. Отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых ими нарушений в организме (функциональная кумуляция). При повторном воздействии одного и того же яда в околотоксической дозе может измениться характер течения отравления и кроме кумуляции развивается сенсибилизация (привыкание).

На производстве в течение всего рабочего дня концентрации вредных веществ не бывают постоянными. Они либо нарастают к концу смены, снижаясь за обеденный перерыв, либо резко колеблются, оказывая на человека непостоянное действие, которое во многих случаях оказывается более - вредным, так как ведет к срыву формирования адаптации. Это неблагоприятное действие отмечено при вдыхании угарного газа СО.

Вещества по характеру воздействия подразделяются на:

- общетоксические, которые вызывающие отравление всего организма или поражающие ЦНС, кроветворение, вызывающие болезни печени, почек (свинец, ртуть);
- раздражающие, которые вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожи (хлор, азота окислы);
- сенсибилизирующие, действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки);
- мутагенные, приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы);
- канцерогенные, вызывающие злокачественные опухоли (хром, никель, асбест);
- вещества влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, стирол, радиоактивные изотопы).

Эта классификация не учитывает большой группы аэрозолей (пыли), которые не обладают выраженной токсичностью. Для них характерен фиброгенный эффект действия на организм, который приводит к развитию соединительной ткани в воздухообменной зоне и рубцеванию (фиброзу) легких.

Профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей, пневмокониозы (силикоз - развивается при действии свободного диоксида кремния, силикатоз - при попадании в легкие солей кремниевой кислоты, асбестоз - одна из агрессивных форм силикатоза), пневмосклерозы, хронический пылевой бронхит занимают второе место по частоте среди всех профессиональных заболеваний в России. Наличие фиброгенного эффекта не исключает общетоксического воздействия аэрозолей.

Человек в условиях современного производства часто подвергается комбинированному действию вредных веществ, а также воздействию негативных факторов другой природы (физических - шуму, вибрации, электромагнитным и ионизирующем излучениям). При этом возникает эффект сочетанного (при одновременном действии негативных факторов различной природы) или комбинированного (при одновременном действии нескольких химических веществ) действия химических веществ.

**Комбинированное действие** – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких веществ при одном и том же пути их поступления в организм. В зависимости от эффекта токсичности различают несколько типов комбинированного действия. Многие загрязняющие вещества, содержащиеся в выбросах промышленных предприятий и других источников загрязнения, обладают сходным токсическим действием на живые организмы. Кроме того, ряд веществ может усиливать свою токсичность в присутствии других. Это явление называют эффектом суммации вредного вещества.

**Суммация (аддитивное действие)** – суммарный эффект действия смеси равен сумме эффектов входящих в смесь компонентов. Суммация характерна для веществ общенаправленного действия, когда вещества оказывают одинаковое воздействие на одни и те же системы организма (например, смеси углеводородов); Для гигиенической оценки воздушной среды при совместном присутствии в воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать единицу, т. е.

$$C_1 / ПДК_1 + C_2 / ПДК_2 + \dots + C_n / ПДК_n \leq 1 \quad (1)$$

где  $C_1, C_2, C_n$  - концентрации каждого вещества в воздухе, обладающих эффектом суммации,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $ПДК_1 \dots ПДК_n$  - соответствующие им предельно допустимые концентрации этих веществ,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

**Потенцирование** (синергетическое действие) – вещества действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект синергизма больше аддитивного. Например, алкоголь значительно повышает опасность отравления анилином.

**Антагонизм** – одно вещество ослабляет действие другого. Эффект меньше аддитивного. Например, эзерин значительно снижает действие антропина, являясь его противоядием.

**Независимость** – эффект не отличается от изолированного действия каждого из веществ. Независимость характерна для веществ разнонаправленного действия, когда вещества оказывают различное влияние на организм и действуют на разные органы. Например, бензол и раздражающие газы.

Наряду с комбинированным действием веществ выделяется комплексное действие. При комплексном действии вредные вещества поступают в организм одновременно, но разными путями. Например, через органы дыхания и кожу, органы дыхания и желудочно-кишечный тракт.

## **2. Гигиеническое нормирование негативных факторов**

Требование полного отсутствия вредных веществ в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, поэтому особую важность приобретает гигиеническое нормирование, т. е. ограничение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до предельно допустимых концентраций. Гигиенические нормативы 2.25.1313-03 «Предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны» устанавливают ПДК вредных веществ в рабочей зоне ПДКр.з.

Для исключения необратимых биологических эффектов ограничивают воздействие негативных факторов предельно допустимыми уровнями (ПДУ) или предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

ПДК и ПДУ - это максимальное значение факторов, которые, воздействуя на человека (изолированно или в сочетании с другими факторами) в течение рабочей смены, ежедневно, на протяжении всего трудового стажа, не вызывает у него и у его потомства биологических изменений, даже скрытых и временно компенсируемых, в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно-компенсаторных возможностей, иммунологических реакций, нарушений физиологических циклов, а также психологических нарушений (снижения интеллектуальных и эмоциональных способностей, умственной работоспособности, надежности).

ПДК и ПДУ устанавливают для производственной среды и населенных мест. При их установлении необходимо руководствоваться следующими принципами:

- приоритет (важность) всех медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими подходами (техническая достижимость, экономические требования, целесообразность);
- пороговость для всех типов действия неблагоприятных факторов (в том числе химических соединений мутагенного и канцерогенного действия, ионизирующего излучения), т. е. порог воздействия, ниже которого не наблюдается никакого отрицательного влияния факторов;
- опережение разработки и внедрения профилактических мероприятий и средств защиты по сравнению с моментом появления опасного фактора.

До недавнего времени предельно допустимые концентрации вредных веществ вредных веществ оценивали только как максимально разовые ПДК<sub>max</sub>. Превышение их даже в течение короткого времени запрещалось. В последнее время для веществ, обладающих свойствами накапливаться в организме (свинец, ртуть, медь), была введена среднесменная концентрация (ПДК<sub>с.м.</sub>), получаемая путем непрерывного или прерывистого отбора проб воздуха при суммарном времени не менее 75 % продолжительности рабочей смены. Например, ртуть имеет ПДКр.з = 0,01 мг/м<sup>3</sup>, а ПДКс.м = 0,005 мг/м<sup>3</sup>.

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест также ограничивается величинами ПДК, нормируются средняя суточная концентрация вещества (ПДКс.с) и максимальная разовая (ПДКм.р.).

Предельно-допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК, мг/м<sup>3</sup>) - это концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Максимально разовая предельно допустимая концентрация ПДКм.р. - это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании его в течении 30 мин рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.)

Среднесуточная ПДКс.с. - это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) воздействии.

Содержание вредных веществ в воздухе регламентируется ГОСТ 12.1.005 - 88 «ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», СНиП, отраслевыми правилами.

### **3. Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами**

- Замена вредных веществ менее вредными и безвредными;
- Внедрение прогрессивной технологии;
- Выбор оборудования, не допускающих выделения вредных веществ, а также санитарно-технического оборудования - отопления, вентиляции, водопровода, канализации;
- Организация и регулирование обмена воздуха в помещении;
- Рациональная планировка помещения;
- Использование средств индивидуальной защиты;
- Специальная подготовка и инструктаж обслуживающего персонала;
- Проведение предварительных и периодических медицинских осмотров;
- Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- Обеспечение работающих, связанных с вредными условиями труда, профпитанием.

### **4. Порядок выполнения работы**

Методика сравнения фактической концентрации с ПДК проводится на основе заданной фактической концентрации набора веществ согласно варианту и ПДК согласно ГОСТ 12. 1.005 – 88 (табл. 1)

**1. Получить вариант задания у преподавателя.**

Заполнить таблицу 3 согласно варианту. Сопоставить данные по варианту концентрации веществ с ПДК и сделать вывод о соответствии нормам каждого из веществ в отдельности по графикам 8 – 9 таблицы 3, т. е. ...< ПДК, ...> ПДК, ... = ПДК.

**2. Далее необходимо принять решение о соответствии нормам заданной по варианту совокупности веществ при их одновременном воздействии.**

**3. Эффект суммации оценивается по набору веществ согласно варианта и перечню веществ, обладающих суммацией действия и затем последующим расчетом по формуле (1). Выявить вещества, обладающие суммацией действия, обозначив их символом «å» перед названием вещества (использовать табл. 2). При этом считать, что эффект суммации имеет место, если хотя бы два из веществ, заданных по варианту, имеются в таблице 2. Рассчитать эффект суммации по формуле 1.**

**4. Оформить отчет к расчетной работе в виде таблицы 3 и сделать выводы о соответствии нормам фактических значений концентраций веществ, обладающих эффектом суммации («соответствует» или «не соответствует»). В случае несоответствия вредных веществ (данных в варианте) гигиеническим нормам, предложить мероприятия по снижению выбросов и методы защиты работников от воздействия вредных веществ.**

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации вредных веществ, ПДК мг/м<sup>3</sup>

Вредное вещество	В воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	В воздухе населенных мест, м.р. воздействие не более 30 мин.	В воздухе населенных мест, с.с. воздействие более 30 мин	Класс опасности вещества	Особенности воздействия на организм
1	2	3	4	5	6
Азот двуокись	2	0,085	0,04	2	О
Азота окислы	5	0,6	0,06	3	О
Азотная кислота	2	0,4	0,15	2	-
Акролеин	0,2	0,03	0,03	3	-
Алюминий окись	6	0,2	0,04	4	-
Аммиак	20	0,2	0,04	4	Ф
Ацетон	200	0,35	0,35	4	-
Аэрозоль пяти-окиси ванадия	0,1	-	0,02	1	-
Бензол	5	1,5	0,1	2	К
Винилацетат	10	0,15	0,15	3	-
Вольфрам	6	-	0,1	3	Ф
Вольфрамовый ангидрид	6	-	0,15	3	Ф
Гексан	300	60	-	4	-
Дихлорэтан	10	3	1	2	-
Кремний двуокись	1	0,15	0,06	3	Ф
Ксиол	50	0,2	0,2	3	-
Метиловый спирт	5	1	0,5	3	-
Озон	0,1	0,16	0,03	1	О
Полипропилен	10	3	3	3	-
Ртуть	0,01-0,0005	-	0,0003	1	-
Серная кислота	1	0,3	0,1	2	-
Сернистый ангидрид	10	0,5	0,05	3	-
Сода кальцинированная	2	-	-	3	-
Соляная кислота	5	-	-	2	-
Толуол	50	0,6	0,6	3	-
Оксид углерода	20	5	3	4	Ф
Фенол	0,3	0,01	0,003	2	-
Формальдегид	0,5	0,035	0,003	2	О, А
Хлор	1	0,1	0,03	2	О
Хрома окись	1	-	-	3	А
Хрома трехокись	0,01	0,0015	0,0015	1	К, А
Этилендиамин	2	0,001	0,001	3	-
Цемент (пыль)	6	-	-	4	Ф
Этиловый спирт	1000	5	5	4	-

**Примечание:** **О** – вещества с остронаправленным механизмом воздействия, опасное для развития острых отравлений, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль; **А** – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; **К** – канцерогены; **Ф** – аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия.

Таблица 2

## Перечень веществ, обладающих эффектом суммации

1. Ацетон, фенол.	21. Аэрозоли пятиокиси ванадия и оксид хрома
2. Сернистый ангидрид, оксид углерода, двуокись азота, фенол.	22. Пропионовая кислота и пропионовый альдегид.
3. Озон, двуокись азота и формальдегид	23. Сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты.
4. Сернистый ангидрид и двуокись азота.	24. Сернистый ангидрид и никель металлический.
5. Ацетон, акролеин, фталевый ангидрид.	25. Сернистый ангидрид и сероводород.
6. Ацетон, фурфурол, формальдегид, фенол.	26. Аэрозоли пятиокиси ванадия и оксиды марганца.
7. Оксид углерода и пыль цементного производства.	27. Сернистый ангидрид, оксид углерода, фенол, пыль конвенторного производства.
8. Оксид углерода, двуокись азота, формальдегид, гексан.	28. Ацеальдегид и винилацетат
9. Озон, двуокись азота и формальдегид	29. Сернистый ангидрид и фенол.
10. Серный и сернистый ангидриды, аммиак и азота окислы.	30. Сернистый ангидрид и фтористый водород.
11. Вольфрамовый и сернистый ангидриды.	31. Валериановая, капроновая и масляная кислоты
12. Гексахлоран и фазолон.	32. Сероводород и динил.
13. Изопропилбензол, гидроперекись изопропилбензола.	33. Сильные минеральные кислоты (серная, хлористоводородная, азотная, соляная).
14. Изобутенилкарбинол и диметилвинилкарбонил.	34. Аэрозоли пятиокиси ванадия, сернистый ангидрид.
15. Метилдигидропиран и метилентетрагидропиран.	35. Уксусная кислота и уксусный ангидрид.
16. Мышьяковистый ангидрид и свинца ацетат	36. Фенол и ацетофенол.
17. Мышьяковистый ангидрид и германий.	37. Фурфурол, метиловый и этиловый спирты.
18. Ацетон и ацетофенол.	38. Циклогексан и бензол.
19. Этилен, пропилен, бутилен и амилен.	39. Бензол и ацетофенол.

Таблица 3

## Исходные данные и нормирующие значения

Номер варианта	Вещество	Фактическая концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>	Концентрация вредного в-ва ПДК в воздухе рабочей зоны	Концентрация вредного в-ва ПДКмак в воздухе населенных мест, мг/м <sup>3</sup>	Концентрация вредного в-ва ПДКс.с в воздухе населенных мест, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности и особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из в-в в отдельности в воздухе р.з.	
							1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Примечание:** В графах 8, 9, 10 соответствие нормам обозначить знаком (+), а несоответствие знаком (-).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### РАСЧЕТ КАТЕГОРИИ ОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАССЫ ВЫБРАСЫВАЕМЫХ В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

**Цель работы:** приобретение студентами навыков расчета категории опасности предприятия в зависимости от массы выбросов и степени опасности загрязняющих атмосферу веществ.

С развитием производственной деятельности человека все большая доля в загрязнении атмосферы приходится на антропогенные источники. Их разделяют на локальные и глобальные. Локальные загрязнения связаны с городами и промышленными регионами, глобальные распространяются на огромные расстояния и оказывают влияние на биосферные процессы в целом на Земле. Так как воздух находится в постоянном движении, вредные вещества переносятся на сотни и тысячи километров. Глобальное загрязнение атмосферы усиливается в связи с тем, что вредные вещества из нее выпадают на почву, в водоемы, а затем снова поступают в атмосферу.

Загрязнители атмосферы разделяют на:

1. Химические (загрязняющие вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии).
2. Физические:

- тепловые, возникающие в результате повышения температуры атмосферы (поступление в атмосферу нагретых газов);
- световые, происходящие при ухудшении естественного освещения местности под воздействием искусственных источников света;
- шумовые, являющиеся следствием возникновения антропогенных шумов;
- электромагнитные, вызванные изменением электромагнитных свойств среды (от линий электропередачи, радиотелевидения, работы некоторых видов промышленных установок);
- радиоактивные, связанные с повышением уровня поступления радиоактивных веществ в атмосферу.

3. Биологические - являются следствием размножения микроорганизмов и вирусов.

Источники загрязнения воздушного бассейна подразделяют на источники выделения и источники выбросов вредных веществ в атмосферу.

*Источником выделения загрязняющих веществ* называется технологический агрегат (установка, устройство, аппарат и т.п.), выделяющий в процессе эксплуатации вредные вещества.

*Источник выбросов* – устройство (труба, аэрационный фонарь, вентиляционная шахта и т.п.), посредством которого осуществляется выброс загрязняющих веществ в атмосферу.

Промышленные производства и технологическое оборудование, являющиеся источниками загрязнения атмосферы, делятся на 4 группы:

1. имеющие условно чистые выбросы, в которых концентрация загрязняющих веществ не превышает гигиенических норм (например, цеха переработки пластмасс, прядильные цехи и т.д.);
2. имеющие дурно пахнущие выбросы (например, производство азотной кислоты с каталитической очисткой и др.);
3. содержащие нетоксичные вещества (дробильно-помольные цехи, отделения сушки, обогатительные фабрики и др.);
4. имеющие выбросы, содержащие канцерогенные, токсичные или ядовитые вещества (производство фенола, полиэтилена, ацетилена и др.).

Источники загрязнения атмосферы бывают точечные (труба), линейные (газопровод) и поверхностные. Попадать в атмосферу вредные вещества могут на разных стадиях производства (добыча, транспортирование, дробление, измельчение, помол), различным образом: из-за негерметичности оборудования, при погрузочно-разгрузочных работах, с открытых складов, то есть специально неорганизованным способом. Такие выбросы соответственно называются неорганизованными. В то же время на многих предприятиях большинство удаляемых из помещений и технологического оборудования загрязняющих веществ выбрасываются в атмосферу через

специально сооруженные газоходы, воздуховоды и трубы, что позволяет применить для их улавливания соответствующие установки. Такие выбросы называются организованными.

Для определения категории опасности предприятия используют данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу. Категорию опасности предприятия (КОП) рассчитывают по формуле:

$$КОП = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i} \quad (2)$$

где  $M_i$  — масса выброса  $i$ -го вещества, т/год;  $ПДК_i$  — среднесуточная предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества, мг/м<sup>3</sup>;  $n$  — количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;  $a_i$  — безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности  $i$ -го вещества с вредностью сернистого газа, определяется по таблице 4.

Таблица 4

Значение коэффициента  $a_i$  для различных классов опасности

Класс опасности вещества	1	2	3	4
Коэффициент $a_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Значения КОП рассчитывают при условии, когда  $M_i / ПДК > 1$ . При  $M_i / ПДК < 1$  значения КОП не рассчитываются и приравниваются к нулю. Для расчета КОП при отсутствии среднесуточных значений предельно допустимых концентраций используют значения максимально-разовых ПДК, ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций веществ в воздухе рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ, значения КОП приравнивают к массе выбросов данного вещества.

По величине КОП предприятия делят на четыре категории опасности. Границы условия для деления предприятий по категориям опасности приведены в таблице 5.

Таблица 5

Границы условия для деления предприятий по категориям опасности в зависимости от значений КОП

Значения	Категория опасности
КОП > 10 <sup>6</sup>	1
КОП = 10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup>	2
КОП = 10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup>	3
КОП < 10 <sup>3</sup>	4

Предприятия первой и второй категории опасности представляют собой наибольшую опасность для окружающей среды, к ним необходимо применять особые требования при разработке нормативов ПДВ (BCB) и ежегодном контроле за их достижением.

Предприятия третьей категории опасности, как правило, самые многочисленные, и они могут иметь тома ПДВ, разработанные по сокращенной программе.

К четвертой категории опасности относят самые мелкие предприятия с небольшим количеством выбросов вредных веществ в атмосферу. Для таких предприятий устанавливают нормативы ПДВ на уровне фактических выбросов.

### Пример 1.

Определить категорию опасности завода железобетонных изделий, выбросы которого характеризуются данными, приведенными в таблице 6.

Таблица 6

Видовой состав выбросов	Масса выбросов, $M_i$ , т/год	Класс опасности выбросов	$ПДК_i$ , мг/м <sup>3</sup>
Пыль неорганическая (цемент, шамот)	737,1	3	0,05
Оксид азота	41,87	3	0,06

Оксид марганца	0,001	2	0,001
Оксид хрома	0,001	1	0,0015

**Решение:**

1. Определим значение КОП для каждого вещества, входящего в состав выбросов предприятия:

Пыль неорганическая                             $\text{КОП} = \left( \frac{737,1}{0,05} \right)^1 = 14742$

Оксид азота                                     $\text{КОП} = \left( \frac{41,87}{0,06} \right)^1 = 697,8$

Оксид марганца                                     $\text{КОП} = \left( \frac{0,001}{0,001} \right)^{1,3} = 1$

Оксид хрома                                     $\text{КОП} = \left( \frac{0,001}{0,0015} \right)^{1,7} = 0,37$

2. Определим значение КОП для выброса в целом:

$$\text{КОП} = 14742 + 697,8 + 1 + 0,37 = 15441,17$$

3. Определяем категорию опасности предприятия по табл.5

**Ответ:** ЖБИ -1 имеет вторую категорию опасности.

**Порядок выполнения работы:**

1. Получить вариант задания у преподавателя.
2. Определить категорию опасности промышленного предприятия, выбросы которого характеризуются данными таблицы 7.
3. Оформить отчет и сделать вывод.
4. Подготовится к индивидуальной защите практической работе.

### **Контрольные вопросы:**

1. Как классифицируются химические вещества в зависимости от их практического использования?
2. Как классифицируются вредные вещества по степени опасности?
3. Дайте определение предельно допустимой, максимально разовой, среднесуточной концентрации.
4. Как классифицируются вредные вещества по воздействию на организм человека?
5. Какими принципами руководствуются при установлении ПДК и ПДУ?
6. По каким показателям происходит нормирование негативных факторов?
7. К каким профессиональным заболеваниям приводит воздействие аэрозолей?
8. Какие формы отравлений токсичными веществами Вы знаете?
9. Как осуществляется гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
10. В чем заключается комбинированное действие вредных веществ на человека, и каковы его виды?
11. Что такое эффект суммации и какие вредные вещества им обладают?

### **Практическая работа 3**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА**

**Цель занятия:** Познакомиться с методом оценки функционального состояния зрительного анализатора.

**Практические навыки:** Освоить методику определения пропускной способности зрительного анализатора.

**Задание студентам:**

1. Познакомиться с методом определения пропускной способности зрительного анализатора.

2. а) подсчитать количество колец с определенным направлением разрыва кольца при той или иной ориентации таблицы; б) зарегистрировать длительность выполнения задания при просмотре всей таблицы по секундомеру; в) подсчитать количество пропущенных колец и сравнить с истинным числом колец (таблица 4); г) найти объем теряемой информации при пропуске одного кольца; д) по формуле рассчитать пропускную способность зрительного анализатора.

Пропускной способностью зрительного анализатора называется максимальная скорость, с которой зрительный анализатор может передавать различную информацию.

Для оценки пропускной способности зрительного анализатора широкое распространение нашли таблицы с кольцами Ландольта (Прил.1). Существенные преимущества этих таблиц заключаются в том, что все кольца однородны по характеру восприятия, а следовательно, несут

одну и ту же информацию (0,543 бита). Таблица содержит 660 колец, каждое из которых имеет разрыв в одном из 8 возможных направлений. Использовать таблицу можно в четырех ориентациях, в зависимости от которых различным оказывается количество колец с тем или иным положением разрыва (таблица 4).

Таблица 4  
Количество колец с определенными положениями разрыва  
в зависимости от ориентации

Положения разрыва в кольце (по часовой стрелке)	12	13	15	17	18	19	21	23
Ориентация таблицы								
I	79	81	86	100	70	75	76	93
II	86	100	70	75	76	93	79	81
III	70	75	76	93	79	81	86	100
IV	76	93	79	81	86	100	70	75

При определении пропускной способности зрительного анализатора задача сводится к тому, чтобы установить, какое число колец при той или иной ориентации таблицы рассмотрел обследуемый и сколько и с каким направлением разрыва пропустил. В зависимости от общего количества колец с определенной ориентацией разрыва объем теряемой информации при пропуске одного кольца различен, что устанавливают по таблице 5.

Информация, которую несет таблица, равна 358,4 бита; это легко установить, зная, что одно кольцо несет информацию, равную 0,543 бита, а всего колец в таблице 660 ( $0,543 \times 660 = 358,4$ ). Установив число пропущенных колец определенной ориентации и зная объем теряемой информации при пропуске одного кольца, можно рассчитать

пропускную способность зрительного анализатора по формуле:

$$S = \frac{358,4 - L \times n}{T}, \quad (12)$$

где  $S$  — пропускная способность зрительного анализатора, бит/с;

358,4 бита — объем информации таблицы;

$n$  — число пропущенных колец определенной ориентации;

$L$  — количество теряемой информации при пропуске одного кольца;

$T$  — время, затрачиваемое на просмотр таблицы, с.

Таблица 5  
Объем теряемой информации при пропуске одного кольца  
в зависимости от количества их

Общее количество колец с определенной ориентацией разрыва	Объем теряемой информации при пропуске одного кольца в битах ( $L$ )
70	2,748
75	2,771
76	2,776
79	2,792
81	2,800
86	2,824
93	2,859
100	2,895

Приложение 1

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА**

### **Расчет частот электромагнитного поля, используемых производственных условиях. Защита от воздействия ЭМИ.**

**Цель работы:** провести расчет ЭМП, часто используемых в производственных условиях и сравнить их с допустимыми величинами для разработки мероприятий по защите от воздействия ЭМП.

В настоящее время произошел огромный скачок в развитии технических средств. Большинство населения фактически живет в весьма сложном электромагнитном поле (ЭМП), которое становится все труднее и труднее характеризовать: интенсивность этого поля в миллионы раз превосходит уровень планетарного магнитного поля и резко отличается по своим характеристикам от полей естественного происхождения.

Особенно резко напряженность полей возрастает вблизи линий электропередач (ЛЭП), радио- и телестанций, средств радиолокации и радиосвязи (в том числе мобильной и спутниковой), различных энергетических и энергоемких установок, городского транспорта. В бытовых условиях повышение электромагнитных полей вызывается применением электроприборов, видеодисплейных терминалов, сотовых телефонов, пейджеров, которые излучают ЭМП самой различной частоты, модуляции и интенсивности.

Масштабы электромагнитного загрязнения среды стали столь существенными, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила эту проблему в число наиболее актуальных в этом столетии для здоровья человека.

В настоящее время установлено влияние электромагнитных полей и излучений на все органы человеческого организма. Отрицательное воздействие ЭМП на человека и на те или иные компоненты экосистем прямо пропорциональны мощности поля и времени облучения. Длительное воздействие сильных ЭМП вызывает у человека нарушения эндокринной системы, обменных процессов, функции головного и спинного мозга, повышает склонность к депрессиям и даже самоубийству и увеличивает вероятность развития сердечнососудистых заболеваний и раковых опухолей.

Электромагнитное поле (ЭМП) – это совокупность двух неразрывно связанных между собой переменных полей, характеризующихся напряженностью электрической ( $E$ ,  $V/m$ ) и магнитной ( $H$ ,  $A/m$ ) составляющих. Изменение этого поля в пространстве происходит с той же частотой ( $f$ , Гц), с которой пульсирует ток в проводнике.

Расстояние, на которое распространяется электромагнитная волна за один период, называется длиной волны  $\lambda = c/f$ , где  $c$  – скорость света,  $m/s$ .

Пространство вокруг источника ЭМП можно разделить на две зоны:

зону индукции – формирования волны, которая находится на расстоянии  $R < \lambda/2\pi$ ;  $\square$

зону излучения на расстоянии  $R > 2\lambda$ .

При распространении ЭМП происходит перенос энергии, величина которой определяется вектором Умова-Пойтинга. Величина этого вектора измеряется в  $W/m^2$  и называется плотностью потока энергии (ППЭ).

В первой зоне характеристическими критериями ЭМП являются отдельно напряженности электрической  $E$  и магнитной  $H$  составляющих, в зоне излучения – комплексная величина ППЭ. В таблице 1 приведена классификация ЭМП в зависимости от диапазона радиочастот.

Таблица 1.

Классификация ЭМП в зависимости от диапазона радиочастот

Диапазон радиочастот	$f$ , Гц	$\lambda$ , м	Нормируемые величины
Высокие - ВЧ	30 кГц - 3МГц ( $3 \cdot 10^4$ - $3 \cdot 10^6$ Гц)	10 000 - 100	$E$ , $H$ , $\mathcal{E}H_E$ , $\mathcal{E}H_H$
Ультравысокие - УВЧ	3МГц - 300МГц ( $3 \cdot 10^6$ - $3 \cdot 10^8$ Гц)	100 - 1	
Сверхвысокие - СВЧ	300МГц - 300ГГц ( $3 \cdot 10^8$ - $3 \cdot 10^{11}$ Гц)	1 - 0,001	$\mathcal{E}H_{ППЭ}$

В ВЧ-диапазоне электромагнитного поля длина волны намного больше размеров тела человека. диэлектрические процессы, происходящие под воздействием ЭМП этого диапазона, выражены слабо. В результате происходит

сокращение мышц, разогрев организма, страдает нервная система, повышается утомляемость.

На более высоких частотах в УВЧ- и СВЧ- диапазонах длина волны становится соизмерима с размерами человека и его отдельными органами, в тканях начинают преобладать дизелектрические потери, в электролитах (крови и лимфе) наводятся ионные вихревые токи. Энергия ЭМП поглощается организмом, превращаясь в тепловую энергию, нарушаются обменные процессы в клетках. До значения  $\text{ППЭ} \leq 10 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , называемого тепловым порогом, механизмы терморегуляции организма справляются с подводимым теплом. При большой интенсивности может повыситься температура. Особенно страдают органы со слабовыраженным механизмом терморегуляции: мозг, глаза, желчный и мочевой пузырь, нервная система. Облучение глаз может привести к помутнению кристаллика (катаракте), возможны ожоги роговицы. Наблюдаются трофические явления в организме, старение и шелушение кожи, выпадение волос, ломкость ногтей.

В зависимости от интенсивности и времени воздействия изменения в организме могут быть обратимыми и необратимыми. Доказана наибольшая биологическая активность микроволнового СВЧ- поля в сравнении с ВЧ и УВЧ.

Таким образом, если не принять мер защиты, то излучаемая электромагнитная энергия может оказывать вредное влияние на организм человека.

В соответствии с ГОСТом 12.1.002-84 нормирование полей промышленной частоты  $50 \text{ Гц}$  в условиях производства:

- осуществляется по напряженности электрической составляющей поля  $E_d \leq 5 \text{ кВ}/\text{м}$  – при нахождении в контролируемой зоне работника в течение всего рабочего дня;

- при напряженности  $5 - 20 \text{ кВ}/\text{м}$  допустимое время нахождения рассчитывается по специальной формуле ( $T_d = (50/E_{izm}) - 2$ , где  $E_{izm}$  – измеренная величина напряженности).

Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности для производства  $25 \text{ кВ}/\text{м}$ .

Для жилого сектора напряженность от линии электропередач не должна превышать:

- на территории жилой застройки  $1\text{кВ}/\text{м}$ ;
- внутри жилых зданий  $0,5\text{ кВ}/\text{м}$ .

ПДУ энергетических экспозиций (ЭЭ<sub>пду</sub>) на рабочих местах персонала за смену приведены в таблице 2.

Таблица 2  
ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	ЭЭ <sub>пду</sub> в диапазонах частот				
	30 кГц-3 МГц	3-30 МГц	30-50 МГц	50-300 МГц	300 МГц-300 ГГц
$\text{ЭЭ}_{\text{Епду}}, (\text{В}/\text{м})^2 \cdot \text{ч}$	20000	7000	800	800	-
$\text{ЭЭ}_{\text{Нпду}}, (\text{А}/\text{м})^2 \cdot \text{ч}$	200	-	0.72	-	-
$\text{ЭЭ}_{\text{Ппэпду}}, (\text{мкВт}/\text{см}^2) \cdot \text{ч}$	-	-	-	-	200

Для бытовых источников ЭМП массового использования, таких как сотовые телефоны и микроволновые печи, существуют специальные нормы.

Для защиты от ЭПМ РЧ используются следующие методы<sup>^</sup>

- уменьшение излучения в источнике;
- изменение направленности излучения;
- уменьшение времени воздействия;
- увеличение расстояния до источника излучения;
- защитное экранирование;
- применение средств индивидуальной защиты.
- применение средств индивидуальной защиты.

#### ***Защита от воздействия ЭМП.***

В целях предупреждения неблагоприятного влияния на состояние здоровья производственного персонала объектов и населения ЭМП используют комплекс мер, включающий в себя проведение организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Основной способ защиты населения от возможного вредного воздействия ЭМП ЛЭП – создание охранных зон шириной от 15 до 30 м в зависимости от напряжения линий электропередачи.

На открытой местности применяют тросовые экраны, железобетонные заборы, высаживают деревья высотой более 2 м.

Организационные мероприятия включают:

- выделение зон воздействия ЭМП (с уровнем, превышающим ПДУ с ограждением и обозначением соответствующими предупредительными знаками);
- выбор рациональных режимов работы оборудования;
- расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;
- ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП, следует проводить по возможности вне зоны влияния полей от других источников;
- организацией системы оповещения о работе источников ИЭМП;
- разработка инструкции по безопасным условиям труда при работе с источником ИЭМП;
- соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.

Инженерно-технические мероприятия включают:

- рациональное размещение оборудования;
- организация дистанционного управления аппаратурой;
- заземление всех изолированных от земли крупногабаритных объектов, включая машины и механизмы, металлические трубы отопления, водоснабжения и т. д., а также вентиляционные устройства;
- использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, экранирование отдельных блоков или всей излучающей аппаратуры, рабочего места, использование минимальной необходимой мощности генератора, покрытие стен, пола и потолка помещений радиопоглощающими материалами);
- применение средств коллективной и индивидуальной защиты (защитные очки, щитки, шлемы; защитная одежда – комбинезоны и костюмы с капюшонами, изготовленные из специальной электропроводящей, радиоотражающей или радиопоглощающей ткани; рукавицы или перчатки, обувь). Все

части защитной одежды должны иметь между собой электрический контакт.

**Лечебно-профилактические мероприятия:**

- все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, в том числе импульсных, должны проходить предварительный при поступлении на работу (отбор для лиц для работы с импульсными источниками) и периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством;

- лица, не достигшие 18-летнего возраста и беременные женщины, допускаются к работе в условиях возникновения ЭМП только в случаях, когда интенсивность ЭМП на рабочих местах не превышает ПДУ, установленный для населения;

- контроль за условиями труда, за соблюдением санитарно эпидемиологических правил и нормативов на рабочих местах.

**Порядок выполнения работы:**

1. Получить у преподавателя номер варианта задачи для самостоятельной работы (Таблица 7)

2. В соответствии с выданным заданием произвести в следующей последовательности:

2.1 Оценку уровня воздействия электростатического поля (ЭСП).

2.2 оценку уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов частот.

**2.1 Оценка уровня воздействия электростатического поля производится в следующей последовательности:**

1. Произведите расчет предельно допустимого уровня напряженности электростатического поля при воздействии на персонал более одного часа за смену по формуле 1:

$$E_{\text{ПДУ}} = 60 / \sqrt{t}, \quad (1)$$

где  $E_{\text{ПДУ}}$  – предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля (ЭСП),  $kV/m$ ;  $t$  – время воздействия, ч.

Согласно ГОСТ 12.1.045 -84:  $E_{\text{ПДУ}} = 60 kV/m$  в течение 1 часа.

2. Определите допустимое время пребывания в ЭСП по формуле 2:

$$t_{\text{доп}} = \left( \frac{60}{E_{\text{факт}}} \right)^2, \quad (2)$$

где  $E_{факт}$  – фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м.

3. По полученным расчетам сделайте вывод о времени работы персонала в ЭСП, в том числе с использованием средств защиты. Учитывая, что при  $E_{пду} > 60$  кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается, а при  $E_{пду} < 20$  кВ/м время пребывания не регламентируется.

## 2.2. Оценка уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов частот.

Оценка ЭМП различного диапазона частот осуществляется раздельно по напряженностям электрического поля ( $E$ , кВ/м) и магнитного поля ( $H$ , А/м);

в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц по плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м<sup>2</sup>);

в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц – по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

### 2.2.1. ЭМП промышленной частоты.

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля (ЭП) на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м (ГОСТ 12.1.002-84).

Оценка и нормирование ЭМП промышленной частоты на рабочих местах персонала проводится дифференцированно в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

1. Произведите расчет допустимого времени пребывания персонала (в соответствии с вариантом задания) в ЭП при напряженностях от 5 до 20 кВ/м по формуле (3):

$$T = (50 / E) - 2, \quad (3)$$

где  $E$  – напряженность электрического поля в контролируемой зоне ( $E_1, E_2, E_3$ ), кВ/м;  $T$  – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При  $E$  от 20 до 25 кВ/м  $T = 10$  мин. Пребывание в ЭП с  $E > 25$  кВ/м без средств защиты не допускается.

2. Рассчитайте время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП по формуле (4):

$$T_{\text{пр}} = \frac{t_{E_1}}{T_{E_1}} + \frac{t_{E_2}}{T_{E_2}} + \frac{t_{E_3}}{T_{E_3}} + \dots + \frac{t_{E_n}}{T_{E_n}} < 8(\text{ч}) \quad (4)$$

где  $T_{pr}$  – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч;  $t_{E1}$ ,  $t_{E2}$ ,  $t_{E4}$ ,  $t_{En}$  – время пребывания в контролируемых зонах напряженностями  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E_n$ , ч;  $T_{E1}$ ,  $T_{E2}$ ,  $T_{E3}$ ,  $T_{En}$  – допустимое время пребывания для соответствующих зон, ч.

Различие в уровнях напряженности ЭП контролируемых зон устанавливается в  $1 \text{ кВ/м}$ .

Требования действительны при условии, что проведение работ не связано с подъемом на высоту, исключена возможность воздействия электрических разрядов на персонал, а также при условиях защитного заземления всех изолированных от земли предметов, конструкций, частей оборудования, машин, механизмов, к которым возможно прикосновение работающих в зонах влияния ЭП.

3. По полученным расчетам сделать вывод о допустимом времени пребывания в контролируемых зонах ( $E_1$ ,  $E_2$  и  $E_3$ ) и о приведенном времени в зонах с различной напряженностью.

#### 2.2.2. ЭМП диапазона частот $30 \text{ кГц} - 300 \text{ ГГц}$ .

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ). Энергетическая экспозиция ЭМП определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека

1. Рассчитайте энергетическую экспозицию в диапазоне частот  $30 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$  (в соответствии с заданием) по формулам (5) и (6):

$$\mathcal{EE}_E = E_2 \cdot T, \quad (5)$$

$$\mathcal{EE}_H = H_2 \cdot T, \quad (6)$$

где  $E$  – напряженность электрического поля,  $\text{В/м}$ ;  $H$  – напряженность магнитного поля,  $\text{А/м}$ ;  $T$  – время воздействия на рабочем месте за смену, ч.

2. Рассчитайте энергетическую экспозицию по плотности потока энергии в диапазоне частот  $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$  по формуле:

$$\mathcal{EE}_{ППЭ} = ППЭ \cdot T, \quad (7)$$

где  $ППЭ$  – плотность потока энергии ( $\text{мкВт/см}^2$ ).

$$1 \text{ Вт/м}^2 = 100 \text{ мкВт/см}^2$$

Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций (ЭЭ<sub>ПДУ</sub>) на рабочих местах персонала за смену приведены в таблице 2.

Максимальные допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в табл. 3.

Таблица 3

Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	ЭЭ <sub>ПДУ</sub> в диапазонах частот				
	30 кГц- 3 МГц	3-30 МГц	30-50 МГц	50-300 МГц	300 МГц- 300 ГГц
Е <sub>ПДУ</sub> , В/м	500	295	80	80	-
Н, А/м	50	-	3,0	-	-
ППЭ, мкВт/см <sup>2</sup>	-	-	-	-	1000-5000*

Примечание: \* - для условий локального облучения кистей рук

Во всех случаях максимальное значение ППЭ<sub>ПДУ</sub> не должно превышать 50 Вт/м<sup>2</sup> (5000 мкВт/см<sup>2</sup>).

Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц для населения отражены в таблице 4.

Таблица 4

Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц для населения

Диапазон частот	30 - 300 кГц	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	0,3- 300 ГГц
Нормируемый параметр	Напряженность электрического поля Е <sub>ПДУ</sub> , В/м				ППЭ <sub>ПДУ</sub> , мкВт/см <sup>2</sup>
ПДУ	25	15	10	3*	1000-2500**

Примечание: \* - кроме средств радио- и телевизионного вещания (диапазон частот 48,5–108; 174–230 МГц); \*\* - для случаев облучения от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования.

3. Определите предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания по формуле 8:

$$E_{\text{ПДУ}} = 21 \cdot f^{-0,37}, \quad (8)$$

где Е<sub>ПДУ</sub> – значение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля, В/м; f – частота, МГц.

4. Рассчитайте предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосовыми устройствами по формуле (9):

$$\text{ППЭпду} = (K \cdot \mathcal{E}_{\text{ППЭпду}}) / T, \quad (9)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ППЭпду}}$  – предельно допустимый уровень энергетической экспозиции потока энергии диапазона частот 300 МГц-300 ГГц (таблица 2);  $K$  – коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 12,5;

$T$  – время пребывания в зоне облучения за рабочий день (рабочую смену), ч.

5. Рассчитайте предельно допустимую плотность потока энергии при облучении лиц от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 кГц и скважностью не менее 20 по формуле:

$$\text{ППЭпду} = K \cdot (\mathcal{E}_{\text{ППЭпду}} / T), \quad (10)$$

где  $K$  – коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10.

При этом плотность потока энергии не должна превышать для диапазона частот 300 МГц – 300 ГГц - 10 Вт/м<sup>2</sup> (1000 мкВт/см<sup>2</sup>).

6. Определите предельно допустимое значение интенсивности ЭМИ в диапазоне 60 кГц – 300 МГц ( $E_{\text{пду}}$ ,  $H_{\text{пду}}$ ,  $\text{ППЭпду}$ ) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) по формулам (11), (12), (13):

$$E_{\text{пду}} = (\mathcal{E}_{\text{Eпду}} / T)^{1/2}, \quad (11)$$

$$H_{\text{пду}} = (\mathcal{E}_{\text{Hпду}} / T)^{1/2}, \quad (12)$$

$$\text{ППЭпду} = \mathcal{E}_{\text{ППЭпду}} / T, \quad (13)$$

где  $E_{\text{пду}}$ ,  $H_{\text{пду}}$  и  $\text{ППЭпду}$  – предельно допустимые уровни напряженности электрического, магнитного поля и плотность потока энергии;  $\mathcal{E}_{\text{Eпду}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{Hпду}}$ , и  $\mathcal{E}_{\text{ППЭпду}}$  – предельно допустимые уровни энергетической экспозиции в течение рабочего дня (рабочей смены), указанные в табл. 2.

Значения предельно допустимых уровней напряженности электрической ( $E_{\text{пду}}$ ), магнитной ( $H_{\text{пду}}$ ) составляющих и плотности потока энергии ( $\text{ППЭпду}$ ) в зависимости от

продолжительности воздействия ЭМИ радиочастот приведены в таблицах 5 и 6.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля диапазона частот 10–30 кГц при воздействии в течение всего рабочего дня (рабочей смены) составляют 500 В/м и 50 А/м, а при работе до двух часов за смену – 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

Таблица 5

Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющих в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц в зависимости от продолжительности воздействия.

Продолжительность воздействия T, ч	E <sub>ПДУ</sub> , В/м			H <sub>ПДУ</sub> , А/м	
	0,03 – 3 МГц	3 – 30 МГц	30 – 300 МГц	0,3 – 3 МГц	30 – 50 МГц
8,0 и более	50	30	10	5,0	0,30
7,5	52	31	10	5,0	0,31
7,0	53	32	11	5,3	0,32
6,5	55	33	11	5,5	0,33
6,0	58	34	12	5,8	0,34
5,5	60	36	12	6,0	0,36
5,0	63	37	13	6,3	0,38
4,5	67	39	13	6,7	0,4
4,0	71	42	14	7,1	0,42
3,5	76	45	15	7,6	0,45
3,0	82	48	16	8,2	0,49
2,5	89	52	18	8,9	0,54
2,0	100	59	20	9,0	0,6
1,5	115	68	23	1,5	0,69
1,0	141	84	28	14,2	0,85
0,5	200	118	40	20,0	1,2
0,25	283	168	57	28,3	1,7
0,125	400	236	80	40,0	2,4
0,08 и менее	500	296	80	50,0	3,0

Примечание: При продолжительности воздействия менее 0,08 ч дальнейшее повышение интенсивности не допускается.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля диапазона частот 10–30 кГц при воздействии в течение всего рабочего дня (рабочей смены) составляют 500 В/м и 50 А/м, а при работе до двух часов за смену – 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

Таблица 6

Предельно допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия Т, ч	ППЭ пду, мкВт/см <sup>2</sup>
8,0 и более	25
7,5	27
7,0	29
6,5	31
6,0	33
5,5	36
5,0	40,0
4,5	44
4,0	50
3,5	57
3,0	67
2,5	80
2,0	100
1,5	133
1,0	200
0,5	400
0,25	800
0,2 и менее	1000

Примечание: При продолжительности воздействия менее 0,2 часа дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.

7. По полученным расчетам сделать вывод о соответствии рассчитанных значений нормативным значениям и допустимости пребывания в зоне воздействия ЭМП.

В выводе сравнить:

ЭЭ<sub>E</sub> и ЭЭ<sub>E</sub> (таблица 2, частота (f , МГц) указана в варианте).

ЭЭ<sub>H</sub> и ЭЭ<sub>H</sub> (таблица 2)

ЭЭ<sub>ППЭ</sub> (расчетное)< ЭЭ<sub>ППЭ</sub> (для диапазона частот 300 МГц-300 ГГц принять равным 8000 мкВт/см<sup>2</sup>).

Е<sub>пду</sub> (для средств связи), ППЭ<sub>пду</sub> с табличным значением ППЭ<sub>пду</sub> (при локальном облучении кистей рук диапазон частот 300 МГц-300 ГГц, Таблица 3), ППЭ<sub>пду</sub> (от антенн).

Значения предельно допустимых уровней напряженности для частот 30 кГц-300 МГц: электрической (Е<sub>пду</sub>), магнитной (Н<sub>пду</sub>) составляющих и плотности потока энергии (ППЭ<sub>пду</sub>) с табличными значениями (табл. 5,6).



## ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатов, П.А. Численный расчет электромагнитных полей / П.А. Курбатов, С.А. Аринчин. М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Шихин, А.Я. Электромагнитные поля и системы / А.Я. Шихин. М.: Энергия, 1987.
4. ГОСТ 12.1.002-84. ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. М.: Издательство стандартов, 1984.
5. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. М.: Издательство стандартов, 1984.
6. ГОСТ 12.1.045-84. ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. М.: Издательство стандартов, 1984.
7. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Электромагнитные поля в производственных условиях. Утверждено Государственным санитарным врачом России 30.01.2003, введен с 01.05.2003