

**А.В. БОЯРШИНОВ, В.М. ДМИТРИЕВ, В.Ф. ЕГОРОВ,  
Ж.Е. ЗИМНУХОВА, В.Н. МАКАРОВА,  
Е.А. СЕРГЕЕВА, Л.А. ХАРКЕВИЧ**

# **ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В НООСФЕРЕ**

**Часть I**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ**

УДК 504  
ББК 20.1  
Т384

**Рецензенты:**

Доктор технических наук, профессор  
проректор по международным связям, зав. кафедрой  
«Природопользование и защита окружающей среды»  
*Н.С. Попов*

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Экология и безопасность жизнедеятельности»  
*И.В. Макаrchук*

Т384           Техногенная безопасность в ноосфере : практикум / А.В. Бояршинов, В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, Ж.Е. Зимнухова, В.Н. Макарова, Е.А. Сергеева, Л.А. Харкевич. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – Ч. I. – 92 с. – 250 экз. – ISBN 978-5-8265-0895-4.

Содержит лабораторные работы, посвящённые изучению принципов санитарно-гигиенического нормирования и требований к искусственному освещению производственных помещений, микроклимату рабочей зоны, защите от тепловых, СВЧ и ионизирующих излучений.

Предназначен для студентов 4, 5 курсов всех специальностей по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

УДК 504

ББК 20.1

**ISBN 978-5-8265-0895-4**

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный  
технический университет» (ТГТУ), 2010

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»**

**А.В. БОЯРШИНОВ, В.М. ДМИТРИЕВ, В.Ф. ЕГОРОВ,  
Ж.Е. ЗИМНУХОВА, В.Н. МАКАРОВА,  
Е.А. СЕРГЕЕВА, Л.А. ХАРКЕВИЧ**

## **ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В НООСФЕРЕ**

Утверждено Учёным советом университета в качестве практикума



---

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2010

Учебное издание

БОЯРШИНОВ Анатолий Владимирович,  
ДМИТРИЕВ Вячеслав Михайлович,  
ЕГОРОВ Василий Федорович,  
ЗИМНУХОВА Жанна Евгеньевна,  
МАКАРОВА Валентина Николаевна,  
СЕРГЕЕВА Елена Александровна,  
ХАРКЕВИЧ Лев Антонович

# **ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В НООСФЕРЕ**

**Часть I**

Практикум

Редактор М.С. Анурьева  
Инженер по компьютерному макетированию М.А. Филатова

Подписано в печать 11.02.2010.  
Формат 60 × 84 / 16. 5,35 усл. печ. л. Тираж 250 экз. Заказ № 86.

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большинством исследователей биосферы констатируется ее деградация под воздействием техногенной нагрузки. Этот процесс при бездействии человечества неизбежно приведет к катастрофическим последствиям.

Предложенные рецепты спасения биосферной жизни не приняты обществом: в каждом из них были найдены пробелы и недостатки, которые делают их нереализуемыми. И простое уменьшение техногенного воздействия на природу вследствие отказа от излишних материальных потребностей, и радикальные программы изменения деятельности и мировоззрения человечества остаются на бумаге, а кризисные изменения в биосфере нарастают.

Сегодня в качестве панацеи рассматривается концепция ноосферы, у истоков создания которой стоял В.И. Вернадский и которая развивается в трудах последующих поколений ученых. Ноосфера обозначает такое состояние биосферы, в котором человечество играет решающую роль как в поддержании состояния окружающей среды, так и в эволюции живого мира (в том числе и самого себя). Ноосфера – эволюционная ступень биосферы, в которой целенаправленная деятельность человека является определяющим фактором развития в противовес бессодержательной, автоматической регуляции биосферной системы.

Таким образом, можно выделить качественное различие между техносферизацией и ноосферизацией биосферы. Техносферизация есть продукт изменения биосферы, определяемый техносферной эксплуатацией и техногенным загрязнением и ведущий к разрушению экосистем. Ноосферизация есть путь осмысления техногенных перемен и их сознательного планирования с целью устранения негативных последствий человеческой деятельности. Поскольку сознательной регуляции глобальной биосферной системы на современном этапе социоприродного развития не происходит, ноосфера еще не стала реальностью.

Соответствие между удовлетворением потребностей человечества и сохранением биосферы и является главной целью предлагаемых программ глобальной деятельности. Достижение этого баланса будет означать конец противопоставляемой биосфере техносферы, которая перерастет сама себя, и начало нового этапа социоприродного развития – ноосферного. К настоящему времени созданы объективные предпосылки для перехода биосферы к антропогенной регуляции (называемой ноосферой). Но создание субъективных предпосылок для такого перехода требует огромной работы, в том числе изучения опасных и вредных техногенных факторов и их влияния не только на человека, но и на другие составляющие биосферы.

В данной работе рассматривается ряд факторов, изучение которых предусмотрено учебной программой дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», приводятся основные термины и теоретические положения, методики проведения лабораторных работ и индивидуальные задания для самостоятельного выполнения. Пособие может быть использовано при проведении лабораторного практикума, а также при самостоятельном изучении соответствующих разделов дисциплины.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

*Цель работы.* изучение количественных и качественных характеристик освещения, оценка влияния типа светильника и цветовой отделки интерьера помещения на освещенность и коэффициент использования светового потока, ознакомление с современными методами расчета светотехнических установок для промышленных зданий и сооружений.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*Освещение* – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда.

Рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда.

Около 80 % из общего объема информации человек получает через зрительный аппарат. Качество получаемой информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение может, кроме того, явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта.

В зависимости от источника света освещение может быть трех видов: *естественное, искусственное и совмещенное (смешанное)*.

**Светотехнические характеристики освещения.** Для гигиенической оценки освещения используются светотехнические характеристики, принятые в физике.

*Видимое излучение* – участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), регистрируемых человеческим глазом.

*Световой поток  $F$*  – мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению. За единицу светового потока принят люмен (лм).

*Сила света  $I_{\alpha}$*  – пространственная плотность светового потока:

$$I_{\alpha} = dF / d\omega, \quad (1)$$

где  $dF$  – световой поток, лм, равномерно распределяющийся в пределах телесного угла  $d\omega$ . Единица измерения силы света – кандела (кд), равная световому потоку в 1 лм (люмен), распространяющемуся внутри телесного угла в 1 стерадиан.

*Освещенность  $E$*  – поверхностная плотность светового потока, люкс, (лк)

$$E = dF / dS, \quad (2)$$

где  $dS$  – площадь поверхности,  $\text{м}^2$ , на которую падает световой поток  $dF$ .

*Яркость  $B$*  – поверхностная плотность силы света в заданном направлении. Яркость, являющаяся характеристикой светящихся тел, равна отношению силы света в каком-либо направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению.

$$B = I_{\alpha} / dS \cos \alpha, \quad (3)$$

где  $I_{\alpha}$  – сила света, кд;  $dS$  – площадь излучающей поверхности,  $\text{м}^2$ ;  $\alpha$  – угол между направлением излучения и плоскостью, град.

Единицей измерения яркости является  $\text{кд}/\text{м}^2$ , это яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади  $1 \text{ м}^2$ .

**Искусственное освещение.** *Искусственное освещение* предусматривается в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в те часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

По принципу организации искусственное освещение можно разделить на два вида: общее и комбинированное.

*Общее освещение* предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. *Общее равномерное* освещение создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При *общем локализованном* освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать повышенную освещенность на рабочих местах.

*Комбинированное* освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока. *Местное* освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами утомляет зрение, замедляет скорость работы и нередко является причиной несчастных случаев.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на *рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное*.

*Рабочее* освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

*Аварийное* освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

*Эвакуационное* освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытой территории.

*Охранное* освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

**Источники искусственного освещения.** В качестве источников искусственного освещения применяются *лампы накаливания и газоразрядные лампы*.

В *лампах накаливания* источником света является раскаленная вольфрамовая проволока. Эти лампы дают непрерывный спектр излучения с повышенной (по сравнению с естественным светом) интенсивностью в желто-красной области спектра. По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные, газонаполненные, бесспиральные (галогенные).

Общим недостатком ламп накаливания является сравнительно небольшой срок службы (менее 2000 часов) и малая световая отдача (отношение создаваемого лампой светового потока к потребляемой электрической мощности) (8 – 20 лм/Вт). В промышленности они находят применение для организации местного освещения.

Наибольшее применение в промышленности находят *газоразрядные лампы* низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называемые *люминесцентными*, содержат стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, наполненную дозированным количеством ртути (30 – 80 мг) и смесью инертных газов под давлением около 400 Па. На противоположных концах внутри трубки размещаются электроды, между которыми, при включении лампы в сеть, возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение, в свою очередь, преобразуется люминофором в видимое световое излучение. В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью.

В последние годы появились газоразрядные лампы низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем. Газовый разряд в таких лампах (называемый вихревым) возбуждается на высоких частотах (десятки кГц) за счет чего обеспечивается очень высокая светоотдача.

К газоразрядным лампам высокого давления (0,03 – 0,08 МПа) относят *дуговые ртутные лампы* (ДРЛ). В спектре излучения этих ламп преобладают составляющие зелено-голубой области спектра.

Основными достоинствами газоразрядных ламп является их долговечность (свыше 10 000 ч), экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп колеблется в пределах от 30 до 105 лм/Вт, что в несколько раз превышает светоотдачу ламп накаливания.

**Нормирование искусственного освещения.** Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в зависимости от характеристики зрительной работы и регламентируется строительными нормами и правилами СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Характеристика зрительной работы определяется минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона.

*Объект различения* – рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые следует контролировать в процессе работы.

*Фон* – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается: светлым при коэффициенте отражения  $\rho$  светового потока поверхностью более 0,4; средним при коэффициенте отражения от 0,2 до 0,4; темным при коэффициенте отражения менее 0,2.

*Контраст*  $K$  объекта различения с фоном определяется отношением абсолютной величины разности яркостей объекта  $B_0$  и фона  $B_{\phi}$  к наибольшей из этих двух яркостей. Контраст считается большим при значениях  $K$  более 0,5; средним – при значениях  $K$  от 0,2 до 0,5; малым – при значениях  $K$  менее 0,2.

В соответствии со СНиП 23-05-95 все зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии со СНиП 23-05-95 приведены в Приложении 1. (В зарубежных нормах размер объекта различения часто указывают в угловых минутах).

Кроме цветности источников света и цветовой отделки интерьера, влияющих на субъективную оценку освещения, важным параметром, характеризующим качество освещения, является коэффициент пульсации освещенности  $K_{п}$ :

$$K_{п} = (E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где  $E_{\max}$  – максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности;  $E_{\min}$  – минимальное значение пульсирующей освещенности;  $E_{\text{ср}}$  – среднее значение освещенности.

Пульсации освещенности на рабочей поверхности не только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта. *Стробоскопический эффект* – кажущееся изменение или прекращение движения объекта, освещаемого светом, периодически изменяющимся с определенной частотой. Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать пульсирующим световым потоком

(вспышками), то сектор будет казаться: неподвижным при частоте  $f_{\text{всп}} = f_{\text{вращ}}$ , медленно вращающимся в обратную сторону при  $f_{\text{всп}} > f_{\text{вращ}}$ , медленно вращающимся в ту же сторону при  $f_{\text{всп}} < f_{\text{вращ}}$ , где  $f_{\text{всп}}$  и  $f_{\text{вращ}}$  – соответственно частоты вспышек и вращения диска. Пульсации освещенности на вращающихся объектах могут вызывать видимость их неподвижности, что в свою очередь, может явиться причиной травматизма.

Значение  $K_{\text{п}}$  меняется от нескольких процентов (для ламп накаливания) до нескольких десятков процентов (для люминесцентных ламп). Малое значение  $K_{\text{п}}$  для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей заметному уменьшению светового потока  $F_{\text{лн}}$  ламп в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0 (рис. 1). В то же время газоразрядные лампы обладают малой инерцией и меняют свой световой поток  $F_{\text{лл}}$  почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения (рис. 1).

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности  $K_{\text{п}}$  люминесцентные лампы включаются в разные фазы трехфазной электрической сети. Это хорошо поясняет нижняя кривая на рис. 1, где показан характер изменения во времени светового потока (и связанной с ним освещенности), создаваемого тремя люминесцентными лампами  $3F_{\text{лл}}$ , включенными в фазу А и в три различные фазы сети. В последнем случае за счет сдвига фаз на  $1/3$  периода провалы в световом потоке каждой из ламп компенсируются световыми потоками двух других ламп, так что пульсации суммарного светового потока существенно уменьшаются. При этом среднее значение освещенности, создаваемой лампами, остается неизменным и не зависит от способа их включения.

В соответствии со СНиП 23-05-95 коэффициент пульсации освещенности  $K_{\text{п}}$  нормируется в зависимости от разряда зрительных работ в сочетании с показателем ослепленности  $P$

$$P = (s - 1) \cdot 10^3, \quad (5)$$

где  $s$  – коэффициент ослепленности, определяемый как:

$$s = (\Delta B_{\text{пор}})_s / \Delta B_{\text{пор}}, \quad (6)$$

где  $\Delta B_{\text{пор}}$  – пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости,  $(\Delta B_{\text{пор}})_s$  – то же при наличии в поле зрения блеского (яркого) источника света.

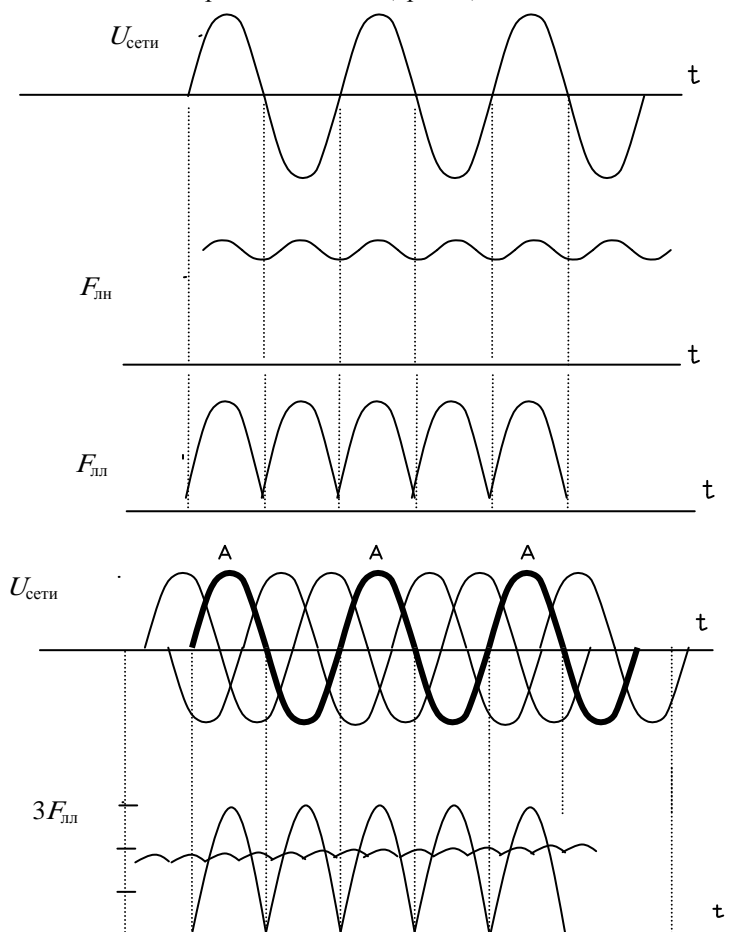


Рис. 1

На освещенность рабочих поверхностей в производственном помещении влияют отражение и поглощение света стенами, потолком и другими поверхностями, расстояние от светильника до рабочей поверхности, состояние излучающей поверхности светильника, наличие рассеивателя света и т.д. Вследствие этого полезно используется лишь часть светового потока, излучаемого источником света.

**Коэффициент использования осветительной установки.** Расчет искусственного освещения предусматривает: выбор типа источника света, системы освещения и светильника, проведение светотехнических расчетов, распределение светильников и определение потребляемой системой освещения мощности. Величина, характеризующая эффективность использования источников света, называется *коэффициентом использования светового потока или коэффициентом использования осветительной установки* ( $\eta$ ) и определяется как отношение фактического светового потока ( $F_{\text{факт}}$ ) к суммарному световому потоку ( $F_{\text{ламп}}$ ) используемых источников света, определенному по их номинальной мощности в соответствии с нормативной документацией:

$$\eta = F_{\text{факт}} / F_{\text{ламп}}. \quad (7)$$

Значение фактического светового потока  $F_{\text{факт}}$  можно определить по результатам измерений в помещении средней освещенности  $E_{\text{ср}}$  по формуле

$$F_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} S, \quad (8)$$

где  $S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>.

При проектировании освещения для оценки светового потока  $F_{\text{факт}}$  используется формула:

$$F_{\text{факт}} = ESK_3Z, \quad (9)$$

где  $E$  – нормируемая освещенность, лм (Приложение 1);  $K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, загрязнение и старение светильников (обычно  $K_3 = 1,3$  для ламп накаливания и  $1,5$  для люминесцентных ламп);  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения (обычно  $Z = 1,1 - 1,2$ ).

Отражающие свойства поверхностей помещения можно учесть с помощью коэффициента отражения светового потока  $\rho$ . В случае равномерно диффузного отражения, когда отраженный световой поток рассеивается с одинаковой яркостью во всех направлениях, яркость участка равномерно диффузно отражающей поверхности равна:

$$B_{\text{отр}} = E\rho/\pi, \quad (10)$$

где  $E$  – освещенность поверхности.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Измерить освещенность, создаваемую различными источниками света и сравнить с нормируемыми значениями. По измеренным значениям освещенности определить коэффициент использования осветительной установки. Измерить и сравнить коэффициенты пульсаций освещенности, создаваемой различными источниками света, оценить зависимость коэффициента пульсаций освещенности от способа подключения ламп к фазам трехфазной сети.

## ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка состоит из макета производственного помещения, оборудованного различными источниками искусственного освещения, и пульсметр-люксметра для измерения значений освещенности и коэффициента её пульсаций. Макет и пульсметр-люксметр устанавливаются на стол лабораторный.

Внешний вид макета представлен на рис. 2. Макет имеет каркас 1 из алюминиевого профиля, пол 2, потолок 3, боковые стенки 4, заднюю стенку и переднюю стенку 5. На заднюю и боковые стенки внутри макета помещения могут устанавливаться накладки темного цвета, которые фиксируются с помощью магнитных защелок.

Передняя стенка 5 жестко смонтирована в каркас и выполнена из тонированного прозрачного стекла.

В передней нижней части каркаса 1 предусмотрен проем для установки накладок и измерительной головки 6 пульсметр-люксметра 7 внутрь каркаса.

На полу 2 размещен вентилятор 8 для наблюдения стробоскопического эффекта и охлаждения ламп в процессе работы.

На потолке 3 размещены 7 патронов, в которых установлены две лампы накаливания 9, три люминесцентные лампы 10 типа КЛ9, галогенная лампа 11 и люминесцентная лампа 12 типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем. Вертикальная проекция ламп отмечена на полу 2 цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

Включение электропитания установки производится автоматом защиты, находящимся на задней панели каркаса, и регистрируется сигнальной лампой, расположенной на передней панели каркаса.

На передней панели каркаса (рис. 3) расположены органы управления и контроля, в том числе:

- лампа индикации включения напряжения сети;
- переключатель для включения вентилятора;
- ручка регулирования частоты вращения вентилятора;
- переключатели (1 – 7) для включения ламп.

Электропитание ламп накаливания и люминесцентных ламп осуществляется от разных фаз. Схема позволяет включать отдельно каждую лампу с помощью соответствующих переключателей, расположенных на передней панели каркаса (рис. 3).



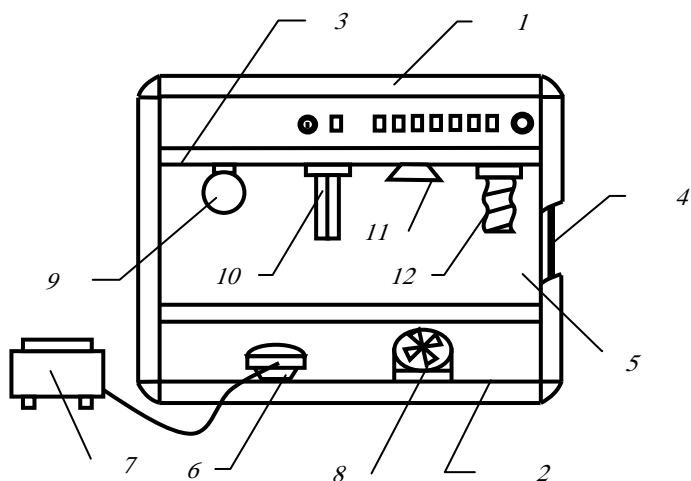


Рис. 2

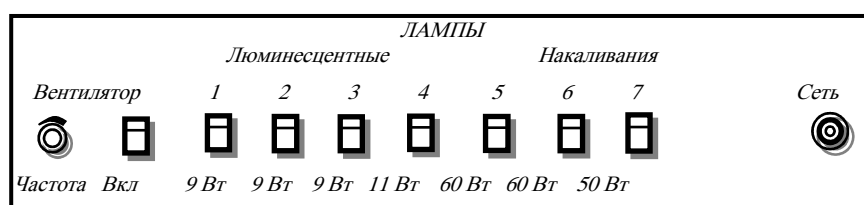


Рис. 3

На задней панели каркаса расположен автомат защиты сети и двоядная розетка с напряжением 220 В для подключения измерительных приборов.

Пульсметр-люксметр «ТКА-ПКМ»/08 выполнен в портативном исполнении. Конструктивно он состоит из двух функциональных блоков: электронно-оптического и блока обработки сигналов, связанных между собой гибким многожильным кабелем. На лицевой стороне блока обработки сигналов расположены следующие органы управления и индикации:

- цифровой индикатор (2 строки по 16 разрядов);
- кнопки питания «ВКЛ» и «ВЫКЛ»;
- кнопка управления «HOLD» («удержание»);
- кнопка «Подсветка»;
- разъем типа DV-9M.

Фотоприёмный элемент с корригирующими фильтрами, формирующими спектральные характеристики, располагаются в измерительной головке в верхней части электронно-оптического блока.

На задней стенке блока обработки сигналов расположена крышка батарейного отсека.

После включения прибора кнопкой «ВКЛ» необходимо произвести полное затемнение датчика и нажать кнопку «HOLD». Процесс обнуления сопровождается надписью на индикаторе: «Подождите, идет измерение».

*Внимание!*

*Засветка датчика во время обнуления приводит к неправильным измерениям.*

После пропадания предупреждающей надписи прибор переходит в режим измерений. В первой строке выводится текущая освещенность  $E$  в лк, а во второй строке – коэффициент пульсаций освещенности  $K_p$ , %.

Для запоминания измеренного показания на индикаторе необходимо кратковременно нажать кнопку «HOLD». В правом поле индикатора появится буква «Н». Для продолжения измерений необходимо еще раз нажать кнопку «HOLD».

Если во время работы прибора появится надпись: «Замените батарейку», информирующая о недостаточной емкости батареи питания, то необходимо произвести замену элемента питания.

Прибор выключается кнопкой «ВЫКЛ».

#### **Требования безопасности при выполнении лабораторной работы**

1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторной установки, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.
2. Для предотвращения перегрева установки при длительной работе ламп необходимо включить вентилятор.
3. После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда.

#### **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

1. Определение коэффициента использования осветительной установки:
  - по указанию преподавателя выбрать источники искусственного освещения;
  - подготовить макет производственного помещения со светлыми стенками;

- включить одну из заданных ламп (или группу ламп);
- для установления постоянного светового потока от источника света необходимо сделать выдержку: для ламп накаливания – 3 мин, для люминесцентных ламп – 5 мин;
- произвести измерения освещенности и коэффициента пульсации с помощью пульсметр-люксметра в десяти точках макета производственного помещения (точки указаны на полу помещения);
- определить среднее значение освещенности  $E_{cp}$  и коэффициента пульсации  $K_n$  в %;
- установить на стенки макета производственного помещения накладки темного цвета;
- произвести аналогичные измерения освещенности и коэффициента пульсации.

**Внимание!**

При установке и снятии накладок соблюдать осторожность, чтобы не повредить баллоны ламп на потолке модели помещения.

- сравнить полученные в результате измерений значения освещенности с допустимыми значениями освещенности, приведенными в Приложении 1 (разряд зрительных работ принять по указанию преподавателя);
- по результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычислить значение фактического светового потока  $F_{факт}$  по формуле (8):

$$F_{факт} = E_{cp}S,$$

где  $E_{cp}$  – среднее значение освещенности;  $S$  – площадь макета помещения, м<sup>2</sup> (площадь макета помещения равна 0,5 м<sup>2</sup>);

- вычислить коэффициент использования осветительной установки  $\eta$  для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле (7). Суммарный световой поток  $F_{лампы}$  выбрать по номинальной мощности для каждого типа ламп по табл. 1;

Таблица 1

Тип ламп	Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
Лампа накаливания	60	730
Лампа накаливания криптоновая	60	800
Лампа люминесцентная КЛ9	9	600
Лампа люминесцентная СКЛЭН	11	700
Лампа галогенная	50	850

- повторить измерения для другого заданного типа лампы;
- сравнить значения коэффициентов использования осветительных установок и коэффициента пульсации, полученные для случаев с использованием различных источников света и различной окраской стен.

2. Определение коэффициента пульсации осветительной установки:

- с помощью пульсметр-люксметра измерить коэффициент пульсации освещенности при включении одной лампы накаливания, а затем – при включении одной люминесцентной лампы типа КЛ9 (датчик прибора разместить на полу макета точно под исследуемой лампой);

- сравнить полученные значения коэффициента пульсации;

- измерить и сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности при включении одной люминесцентной лампы, затем – двух и наконец, при включении трех люминесцентных ламп типа КЛ9 (следует учесть, что люминесцентные лампы включены в три различные фазы трехфазной сети, поэтому измерительную головку пульсметр-люксметра необходимо располагать в геометрическом центре системы включенных ламп);

- включить люминесцентную лампу типа КЛ9 в центре установки и вентилятор;

- вращая ручку «Частота», регулирующую скорость вращения лопастей вентилятора, подобрать такую частоту, при которой возникает стробоскопический эффект (лопасти кажутся неподвижными).

3. Определение неравномерности освещения помещения:

- включить систему искусственного освещения, созданную из ламп, заданных преподавателем;
- по указанному преподавателем направлению (измерительная ось) помещения произвести измерение освещенности и коэффициента пульсации при светлых и темных стенах помещения;

- построить графики зависимостей  $E = f(x)$ ,  $K_n = f(x)$  для светлых и темных стен помещения;

- рассчитать коэффициент неравномерности освещенности  $K^* = E_{max} / E_{min}$  при светлых и темных стенах;

- сделать анализ полученных зависимостей (оценка влияния окраски стен, типа и размещения светильников на неравномерность освещенности, указать возможные пути улучшения качества освещения в исследуемом варианте);

- выключить стенд.

Составить отчет о работе.

Допустимая наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях  
(по СНиП 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Освещенность, лк			Сочетание нормируемых значений $P$ и $K_{\text{п}}$
					Характеристика фона	Комбинированное освещение	Общее освещение	
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	малый	Темный	5000	–	20 и 10
			б	малый средний	средний темный	4000* 3000	1250 1000	20 и 10 10 и 10
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2500* 2000	750 600	20 и 10 10 и 10
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1500 1000	400 300	20 и 10 10 и 10
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1500 1000	400 300	20 и 10 10 и 10
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	a	малый	темный	4000*	–	20 и 10
			б	малый средний	средний темный	3000*	750	20 и 10
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2000*	500	20 и 10
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1000	300	20 и 10
Высокой точности	Свыше 0,3 до 0,5	III	a	малый	Темный	2000	500	40 и 15
			б	малый средний	средний темный	1500 1000	400 300	20 и 15 40 и 15
			в	малый средний большой	светлый средний темный	750 750 600	200 300 200	20 и 15 40 и 15 20 и 15
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	400	200	
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	a	малый	Темный	750	300	
			б	малый средний	средний темный	500	200	
			в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	300	150	
Малой точности	Свыше 1,0 до 5,0	V	a	малый	Темный	750	300	
			б	малый средний	средний темный	500	200	
			в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Освещенность, лк			Сочетание нормируемых значений $P$ и $K_p$
					Характеристика фона	Комбинированное освещение	Общее освещение	
Малой точности	Свыше 1,0 до 5,0	V	г	средний большой большой	светлый светлый средний	300	150	
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI	–	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	–	150	
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах		VII	–	То же	То же	–	200	
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении периодическое при периодическом пребывании людей в помещении Общее наблюдение за инженерными коммуникациями		VIII	а	То же	То же	–	75	
			б	То же	То же	–	50	
			в	То же	То же	–	50	
			г	То же	То же	–	20	

Для зрительных работ с трехмерными объектами различения при проектировании местного освещения освещенность следует снижать на одну ступень шкалы.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

*Цель работы:* ознакомление с методикой измерения и нормирования параметров микроклиматических условий в рабочей зоне производственных помещений и проверка эффективности работы вентиляционных установок.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Состояние воздушной среды и чистота атмосферного воздуха оказывают большое влияние на обмен веществ и жизнедеятельность организма человека и являются важными характеристиками состояния санитарно-гигиенических условий труда.

Физическое состояние воздушной среды характеризуется температурой, влажностью, скоростью движения воздуха. Сочетание этих элементов, а также наличие теплового излучения от нагретых поверхностей оборудования, материалов и изделий определяют микроклимат данного производственного участка (производственных помещений, открытых рабочих площадок и т.п.). Метеорологические условия на производстве оказывают большое влияние на теплообмен тела человека с окружающей средой. Нарушение теплообмена ведет к нарушению терморегуляции, обеспечивающей необходимые условия для протекания в организме химических процессов, лежащих в основе его жизнедеятельности.

Терморегуляция осуществляется физиологическими механизмами и находится под непосредственным контролем центральной нервной системы. Она обеспечивает тепловое равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме в процессе обмена веществ, и излишками тепла, непрерывно отдаваемыми в окружающую среду, т.е. сохраняет тепловой баланс организма человека.

Отдача тепла в окружающую среду может происходить тремя путями: в виде инфракрасных лучей, излучаемых поверхностью тела в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (радиация); нагревом воздуха, омывающего поверхность тела (конвекция); испарением влаги с поверхности тела, легких и слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Параметры метеорологических условий в рабочей зоне производственных помещений регламентируются ГОСТ 12.1.005–76 «Воздух рабочей зоны» и «Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий» (СН 245–71).

Нормами установлены оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

Оптимальные микроклиматические условия – это такие сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции, создают ощущение теплового комфорта и являются предпосылкой для высокого уровня работоспособности.

Производственные помещения по избыткам явного тепла, воздействующего на изменение температуры воздуха в них, подразделяются на помещения с незначительными избытками явного тепла и помещения со значительными избытками явного тепла (относятся к категории «горячих цехов»).

По тяжести выполняемой работы производимые работы подразделяются на три категории на основе общих энергозатрат организма:

- легкие физические работы (категория I). К ним относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей;
- физические работы средней тяжести (категория II), которые делятся на две подгруппы – IIa и IIб. К категории IIa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей. К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей;
- тяжелые физические работы (категория III). Это работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности, с постоянными передвижениями и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей.

Сезоны года подразделяются на два периода: холодный, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха ниже +10 °С, и теплый, среднесуточная температура которого +10 °С и выше.

Наиболее эффективным средством обеспечения необходимого санитарно-гигиенического состояния воздушной среды в помещении является вентиляция, количественно характеризуемая кратностью воздухообмена. Кратность воздухообмена – это отношение количества воздуха, подаваемого на вентиляцию в течение определенного промежутка времени, к внутреннему объему помещения:

$$K = \frac{V}{V_n} \cdot 3600, \text{ ч}^{-1}.$$

Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение часа полностью сменяется воздух в помещении.

**Определение метеорологических факторов производственной среды.** Измерение *температуры* воздуха производят обычным ртутным или спиртовым термометром. Для непрерывной регистрации температуры и ее изменения во времени применяют самопишущие приборы – термографы.

*Относительная влажность воздуха* определяется как отношение абсолютной влажности  $p_n$  (давление водяных паров в воздухе, Па) к максимально возможной  $p_{\max}$  (давление насыщенных водяных паров при данных условиях, Па), выраженное в процентах:

$$\varphi = \frac{P_{II}}{P_{\max}} \cdot 100 \% . \quad (1)$$

Относительная влажность измеряется психрометрами, гигрометрами, гигрографами. Простейший психрометр состоит из двух одинаковых параллельно укрепленных ртутных или спиртовых термометров. Резервуар одного из термометров наполнен дистиллированной водой и обернут гигроскопической тканью, которая вследствие капиллярного эффекта непрерывно смачивается влагой. Если воздух не насыщен водяными парами, то с поверхности ткани вода будет испаряться. Вследствие затраты тепла на испарение резервуар термометра охлаждается, и мокрый термометр показывает меньшую температуру, чем сухой. Разность между показаниями термометров тем больше, чем меньше влажность воздуха при данной температуре. По показаниям сухого и мокрого термометров относительную влажность воздуха находят расчетным путем или при помощи специальных психрометрических таблиц и диаграмм.

**Расчет относительной влажности.** Предварительно по психрометрической формуле определяется абсолютная влажность, Па:

$$P_{II} = P'_{\text{нас}} - A(t - t_m) B, \quad (2)$$

где  $t$ ,  $t_m$  – температуры, соответственно, сухого и мокрого термометров;  $P'_{\text{нас}}$  – давление насыщенных водяных паров при температуре мокрого термометра;  $B$  – барометрическое давление, Па;  $A$  – коэффициент, учитывающий скорость движения воздуха (при скорости менее 0,5 м/с принимается равным 0,001).

Затем рассчитывается относительная влажность:

$$\varphi = \frac{P_{II}}{P_{\max}} \cdot 100 \% , \quad (3)$$

где  $P_{\max}$  – давление насыщенных водяных паров при температуре сухого термометра, Па.

**Определение относительной влажности по  $I$ - $x$  диаграмме.** Диаграмма состояния влажного воздуха в координатах  $I$ - $x$  (энтальпия – влагосодержание) является простой и удобной для графического изображения процессов, происходящих при сушке материалов, вентиляции и кондиционировании воздуха (рис. 1).

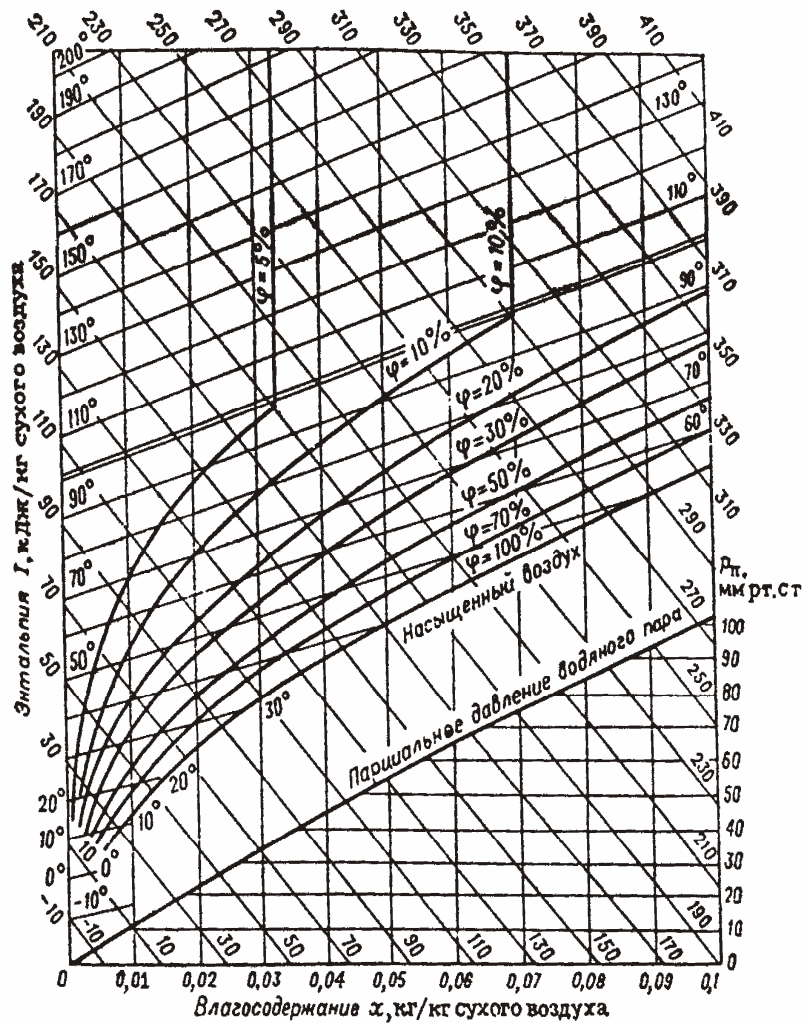


Диаграмма Рамзина для влажного воздуха.

Рис. 1.  $I$ - $x$  диаграмма состояния влажного воздуха

Координатная сетка диаграммы состоит из линий  $x = \text{const}$  (ось абсцисс) и  $I = \text{const}$  (ось ординат), расположенных под углом  $135^\circ$ .

На диаграмму нанесены линии постоянных температур (изотермы)  $t = \text{const}$ , кривые постоянных относительных влажностей  $\phi = \text{const}$ , а также вспомогательная линия для определения парциального давления водяного пара  $p$ .

Каждая точка диаграммы соответствует определенному состоянию влажного воздуха.

При охлаждении или нагреве влажного воздуха через стенку его влагосодержание  $x$  остается постоянным, следовательно, эти процессы на диаграмме представляются вертикальными прямыми (рис. 2). При охлаждении воздуха он может достигнуть состояния полного насыщения (на рис. 2 точка  $O$  – пересечение прямой  $x = \text{const}$  и линии  $\phi = 1$ ). Это происходит при температуре, соответствующей **точке росы**  $t_p$  (пунктир на рис. 2). При дальнейшем охлаждении влагосодержание воздуха снижается вследствие конденсации водяных паров.

Если влажный воздух контактирует с влажным материалом или поверхностью жидкости, происходит его охлаждение, так как тепло затрачивается на испарение жидкости, при этом энтальпия воздуха не изменяется ( $I = \text{const}$ ), что обусловлено поступлением в воздух водяных паров, компенсирующих снижение энтальпии (рис. 3). Изэнтальпический процесс массообмена может протекать до полного насыщения воздуха водяными парами (на рис. 3 точка  $O$  – пересечение линий  $I = \text{const}$  и  $\phi = 1$ ). Предел насыщения воздуха наступает при **температуре мокрого термометра**  $t_M$  (пунктир на рис. 3).

Для определения относительной влажности по  $I$ - $x$  диаграмме необходимо найти пересечение изотермы  $t = t_M$  и кривой насыщения  $\phi = 100\%$  (точка  $O$  на рис. 4). Из этой точки провести линию  $I = \text{const}$  до ее пересечения с изотермой сухого термометра (точка  $A$  на рис. 4). Кривая  $\phi = \text{const}$  (пунктир на рис. 4), на которой лежит точка пересечения, определяет значение относительной влажности.

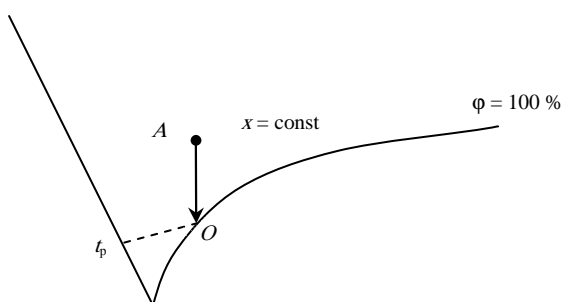


Рис. 2. Определение точки росы

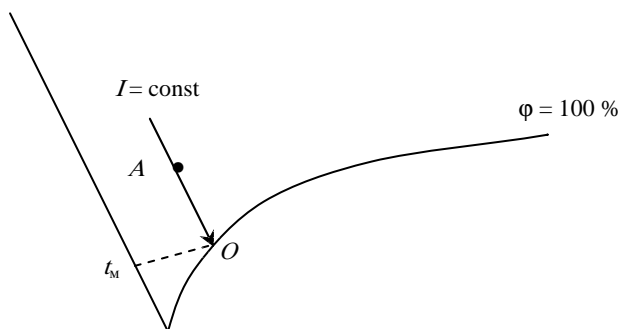


Рис. 3. Определение температуры мокрого термометра

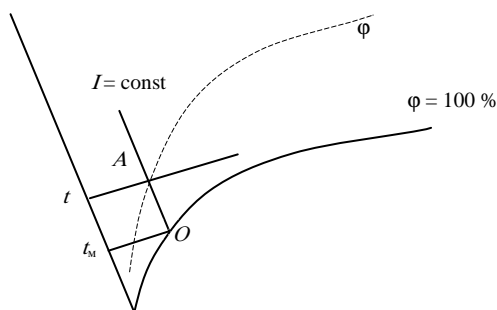


Рис. 4. Определение относительной влажности по показаниям психрометра с помощью  $I$ - $x$  диаграммы

**Определение относительной влажности по психрометрической таблице.** Психрометрическая таблица приведена в Приложении 4. После измерения температур сухого и мокрого термометров определяется их разность. Относительная

влажность находится на пересечении строки температуры сухого термометра и столбца разности показаний термометров. При необходимости применяется линейная интерполяция.

Для измерения *скорости движения воздуха* применяют анемометры – крыльчатые и чашечные, а также термоанемометры и дифференциальные манометры.

Чувствительным элементом *крыльчатого анемометра* является крыльчатка, по числу оборотов которой определяется скорость движения воздуха. Принцип работы *термоанемометра* основан на изменении температуры «обогреваемой струны», охлаждаемой потоком воздуха. Напорные трубки *дифференциального манометра* имеют два канала, соединяемые шлангами со штуцерами прибора. Они воспринимают полное и статическое давление в воздуховоде, по которым прибор измеряет динамический напор, на основе которого вычисляются скорость потока и объемный расход.

**Интенсивность теплового излучения** определяется актинометрами. Принцип действия актинометра основан на поглощении падающей радиации (теплового излучения) зачернённой **поверхностью** и **превращении** её энергии в теплоту.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Определение температуры и влажности воздуха в помещении

1. За 10 минут до начала эксперимента заполнить стаканчик психрометра водой.
2. Снять показания сухого и влажного термометров ( $t, t_m$ ).
3. Рассчитать по формулам (2) и (3) относительную влажность воздуха в помещении, используя данные Приложения 3.
4. Определить относительную влажность с помощью  $I$ -х диаграммы и по психрометрической таблице (Приложение 4).
5. Результаты измерений и вычислений занести в табл. 1.

### 1. Определение метеоусловий в помещении

Показания термометров, °С		Влажность воздуха			Параметры микроклимата				
сухого	влажного	абсолютная, Па	относительная			Оптимальные		Допустимые	
			вычисленная	по $I$ -х диаграмме	по психрометрической таблице	температура $t, °С$	влажность $\varphi, %$	температура $t, °С$	влажность $\varphi, %$

### Определение кратности воздухообмена в помещении и эффективности вытяжной вентиляции

1. Определить объем модели производственного помещения  $V_m$ , произведя необходимые измерения.
2. Измерить температуры сухого и мокрого термометра внутри модели помещения. Включить осветительную лампу внутри зонта. Спустя 2...3 мин повторить измерение температур. Включить вентилятор зонта и спустя 2...3 мин снова измерить температуры, а также скорость движения воздуха в вытяжном отверстии ( $w$ , м/с). Занести данные в табл. 2.
3. Определить относительную влажность воздуха до его нагрева, после нагрева и при работающей вентиляции, занести данные в табл. 2.
4. Определить площадь вытяжного отверстия  $f$ , м<sup>2</sup>.
5. Рассчитать расход воздуха на вытяжную вентиляцию, м<sup>3</sup>/с:  

$$V = wf.$$
6. Определить кратность воздухообмена, ч<sup>-1</sup>:

$$K = 3600 V / V_n.$$

7. Заполнить табл. 2 и сделать вывод об эффективности вытяжной вентиляции (по данным таблицы оценить соответствие параметров воздушной среды во время работы вентиляции оптимальным или допустимым нормируемым значениям).



Параметры воздуха до включения лампы			Параметры воздуха после включения лампы			Параметры воздуха во время работы вентиляции			Нормируемые параметры микроклимата при выполнении легкой работы			
температура сухого термометра $t$ , °С	температура мокрого термометра $t_m$ , °С	относительная влажность $\varphi$ , %	температура сухого термометра $t$ , °С	температура мокрого термометра $t_m$ , °С	относительная влажность $\varphi$ , %	температура сухого термометра $t$ , °С	температура мокрого термометра $t_m$ , °С	относительная влажность $\varphi$ , %	Оптимальные		Допустимые	
									температура $t$ , °С	влажность $\varphi$ , %	температура $t$ , °С	влажность $\varphi$ , %

### РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

Определить минимальный расход воздуха на вентиляцию и необходимую кратность воздухообмена при избыточных влаговыведениях в условном производственном помещении. Данные для расчета выбрать из Приложения 1 по индивидуальному варианту.

1. Рассчитать объем условного производственного помещения:

$$V_n = V_1 n,$$

где  $V_1$  – минимальный объем на одного работающего, принимается по СН 245–71 (п. 3.2);  $n$  – количество работающих.

2. Используя табл. 5 СН 245–71, определить значения температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне для категории работы и периода года, соответствующих данным индивидуального варианта, считая избытки явного тепла в помещении незначительными. Значения выбирать из оптимального интервала.

3. По  $I-x$  диаграмме определить влагосодержание воздуха в помещении  $x_1$  и влагосодержание воздуха, поступающего в помещение  $x_0$ .

4. Рассчитать количество влаги, выделяющейся в воздух помещения от работающих, кг/с:

$$W = W_1 n,$$

где  $W_1$  – количество влаги, выделяемой в воздух человеком в течение 1 ч, которое находится по Приложению 2 в зависимости от температуры воздуха в помещении и характера выполняемой работы.

5. Рассчитать расход воздуха, подаваемого в помещение, м<sup>3</sup>/с:

$$V = \frac{W}{(x_1 - x_0) \rho_n},$$

где  $\rho_n = 1,293 (T_0/T)$ , кг/м<sup>3</sup>, – плотность поступающего воздуха;  $T_0 = 273$  К;  $T = t_0 + 273$ , К.

6. Рассчитать кратность воздухообмена:

$$K = \frac{V}{V_n} \cdot 3600, \text{ ч}^{-1}.$$

## Исходные данные для расчета

№ варианта	Данные для выбора оптимальных значений нормируемых параметров микроклимата по табл. 5 СН 245–71 ( $t_1$ , °С; $\phi_1$ , %)			Количество работающих, $n$	Параметры воздуха, поступающего в помещение	
	Категория работы	Период года	$t_1$ , °С; $\phi_1$ , %		$t_0$ , °С	$\phi_0$ , %
1	Легкая	Холодный	Максимальные	45	8	70
2	– « –	– « –	Минимальные	40	6	50
3	Средняя	– « –	Максимальные	35	6,5	60
4	– « –	– « –	Минимальные	30	5	20
5	Тяжелая	– « –	Максимальные	35	3,5	40
6	– « –	– « –	Минимальные	30	5	20
7	Легкая	Теплый	Максимальные	40	15,5	60
8	– « –	– « –	Минимальные	40	14	30
9	Средняя	– « –	Максимальные	30	13	60
10	– « –	– « –	Минимальные	30	13,5	20
11	Тяжелая	– « –	Максимальные	25	13,5	50
12	– « –	– « –	Минимальные	25	13,5	20
13	Легкая	Холодный	Максимальные	100	8	70
14	– « –	– « –	Минимальные	100	6	50
15	Средняя	– « –	Максимальные	80	6,5	60
16	– « –	– « –	Минимальные	80	5	20
17	Тяжелая	– « –	Максимальные	60	3,5	40
18	– « –	– « –	Минимальные	60	5	20
19	Легкая	Теплый	Максимальные	100	15,5	60
20	– « –	– « –	Минимальные	100	14	30
21	Средняя	– « –	Максимальные	80	13	60
22	– « –	– « –	Минимальные	80	13,5	20
23	Тяжелая	– « –	Максимальные	60	13,5	50
24	– « –	– « –	Минимальные	60	13,5	20
25	Легкая	Холодный	Максимальные	50	8	70
26	– « –	– « –	Минимальные	50	6	50
27	Средняя	– « –	Максимальные	40	6,5	60
28	– « –	– « –	Минимальные	40	5	20
29	Тяжелая	– « –	Максимальные	30	3,5	40
30	– « –	– « –	Минимальные	30	5	20

**Тепловыделения и влаговыделения от работающих в зависимости от температуры окружающей среды и тяжести выполняемой работы**

Температура окружающей среды, °С	Характер работы							
	покой		легкая		средняя		Тяжелая	
	$q_1$ , Вт	$w_1$ , г/ч	$q_1$ , Вт	$w_1$ , г/ч	$q_1$ , Вт	$w_1$ , г/ч	$q_1$ , Вт	$w_1$ , г/ч
15	116	40	116	55	128	110	128	185
16	109	41	109	58	122	116	122	195
17	102	42	102	61	112	123	112	205
18	95	43	95	64	108	130	108	216
19	88,5	44	88,5	67	100	136	100	227
20	81,5	45	81,5	70	93	144	93	237
21	77	46	79	74	91	150	93	248
22	72,5	47	77	80	88,5	156	93	261
23	67,5	48	74,5	85	86	165	93	273
24	63	49	72	90	83,5	172	93	285
25	58	40	70	96	81,5	180	93	297
26	53	53	62	103	73	190	82	310
27	47,5	57	55,5	110	65	200	72	324
28	41,5	63	48,5	120	57	211	61,5	338
29	35,5	71,5	41,5	130	49,5	222	51	352
30	34,5	80	34,5	140	41	230	41	365
31	24	90	27,5	154	33	235	33	380
32	18	100	20,5	167	24,5	258	24,5	394
33	12	110	14	181	16,5	272	16,5	410
34	6	120	6,5	194	8	290	8	428
35	0	130	0	206	0	308	0	448

**Максимальное давление водяных паров в зависимости  
от температуры**

Градусы	Десятые доли градусов									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление, мм.рт.ст.										
8	8,04	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,84	8,90	8,96	9,02	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,58	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,08	11,16
13	11,53	11,30	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,20	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,67	16,79	16,89	17,00	17,10	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,00	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,76	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,78	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,07	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,18
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,52	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,74	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,86	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94

Психрометрическая таблица

сухого термометра,	Разность показаний термометров, °С																						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
	Относительная влажность, °С																						
20	90	85	81	76	71	67	63	58	54														
21	90	85	81	77	72	68	64	59	55	51	47												
22	91	85	82	77	73	69	64	61	56	52	48	44	41										
23	91	86	82	78	74	70	65	62	58	54	50	46	42	39									
24	91	87	83	78	74	70	66	62	59	55	51	48	44	40									
25	91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	52	49	45	42	38								
26	92	88	84	80	76	72	69	65	61	58	54	51	49	44	41	39	35	32	29	26	23	20	17
27	92	88	84	80	77	73	69	66	62	59	55	52	50	46	43	41	36	33	30	28	25	22	19
28	92	88	84	81	77	73	70	66	63	60	56	53	51	47	44	42	38	35	32	29	27	24	21
29	92	88	85	81	78	74	71	67	64	61	57	54	52	48	45	43	39	36	35	31	28	25	22
30	92	89	85	82	78	75	71	68	65	61	58	55	53	49	46	44	41	38	36	32	30	27	24
31	93	89	85	82	78	75	72	69	65	62	59	56	54	50	47	46	42	39	37	34	31	29	27
32	93	89	86	82	79	76	72	69	66	63	60	57	55	51	48	47	43	40	38	35	33	30	28
33	93	89	86	83	79	76	73	70	67	64	61	58	56	52	49	48	44	41	39	36	34	32	29
34		90	86	83	80	76	73	70	67	64	61	59	57	53	50	49	45	43	40	38	35	33	30
35		90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	57	54	51	49	46	44	41	39	36	34	31
36		90	87	83	80	77	74	71	68	66	63	60	58	55	52	50	47	45	42	40	38	35	32
37		90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	61	59	56	53	51	48	46	43	41	39	36	33
38		90	87	84	81	78	75	72	70	67	64	61	59	56	54	52	49	47	44	42	40	37	34
39		90	87	84	81	78	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53	50	48	45	43	41	39	35
40		91	88	85	82	79	76	73	70	68	65	63	61	58	55	53	51	48	46	44	42	39	36

## ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

### Цель работы.

- ознакомление с теорией теплового излучения, физической сущностью и инженерным расчетом теплоизоляции, с приборами для измерения тепловых потоков, температуры, влажности и скорости движения воздуха, нормативными требованиями к параметрам воздуха рабочей зоны;
- проведение измерений интенсивности тепловых излучений в зависимости от расстояния до источника;
- оценка эффективности защиты от теплового излучения с помощью экранов.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения внутренней энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой инфракрасной (ИК) области спектра. Длина волны видимого излучения – от 0,38 до 0,77 мкм, инфракрасного – более 0,77 мкм. Такое излучение называется тепловым, или лучистым теплом.

Воздух диатермичен (прозрачен) для теплового излучения, поэтому при прохождении лучистого тепла через воздух температура его не повышается. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их, нагретые поверхности становятся излучателями тепла. Воздух, соприкасаясь с нагретыми телами, также нагревается и температура воздушной среды в производственных помещениях возрастает.

Интенсивность теплового излучения может быть определена по формуле:

$$Q = 0,78 F \frac{\left[ \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 - 110 \right]}{l^2}, \quad (1)$$

где  $Q$  – интенсивность теплового излучения, Вт/м<sup>2</sup>;  $F$  – площадь излучающей поверхности, м<sup>2</sup>;  $T_0$  – температура излучающей поверхности, К;  $l$  – расстояние от излучающей поверхности, м.

Тепловой обмен организма человека с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла (термогенезом) в результате жизнедеятельности организма и отдачей этого тепла в окружающую среду. Теплоотдача осуществляется, в основном, тремя способами: конвекцией, излучением и испарением.

Передача тепла ИК-излучением является наиболее эффективным способом теплоотдачи и составляет в комфортных метеоусловиях до 60 % общей теплоотдачи. Тело человека излучает в диапазоне длин волн от 5 до 25 мкм с максимумом энергии на длине волны 9,4 мкм.

В производственных условиях, когда работающий окружен предметами, имеющими температуру, отличную от температуры тела человека, соотношение способов теплоотдачи может существенно изменяться. Отдача человеческим телом тепла во внешнюю среду конвекцией и излучением возможна лишь тогда, когда температура окружающих предметов ниже температуры тела человека. В обратном случае направление потока лучистой энергии меняется на противоположное и уже тело человека будет получать извне дополнительную тепловую энергию. Воздействие ИК лучей приводит к перегреву организма и тем быстрее, чем больше мощность излучения, выше температура и влажность воздуха в рабочем помещении, выше интенсивность выполняемой работы.

ИК-излучение, помимо усиления теплового воздействия окружающей среды на организм работающего, обладает специфическим влиянием.

С гигиенической точки зрения важной особенностью ИК-излучения является его способность проникать в живую ткань на разную глубину.

Лучи длинноволнового диапазона (от 3 мкм до 1 мм) задерживаются в поверхностных слоях кожи уже на глубине 0,1...0,2 мм. Поэтому их физиологическое воздействие на организм проявляется главным образом, в повышении температуры кожи и перегреве организма.

Лучи коротковолнового диапазона (от 0,78 до 1,4 мкм) обладают способностью проникать в ткани человеческого организма на несколько сантиметров. Такое ИК-излучение легко проникает через кожу и черепную коробку в мозговую ткань и может воздействовать на клетки головного мозга, вызывая его тяжелые поражения. В частности, ИК-излучение может привести к возникновению специфического заболевания – теплового удара, проявляющегося в головной боли, головокружении, учащении пульса, ускорении дыхания, падении сердечной деятельности, потере сознания и др.

При облучении коротковолновыми ИК-лучами наблюдается повышение температуры легких, почек, мышц и других органов. В крови, лимфе, спинномозговой жидкости появляются специфические биологически активные вещества, наблюдаются нарушения обменных процессов, изменяется функциональное состояние центральной нервной системы.

Интенсивность теплового облучения человека регламентируется исходя из субъективного ощущения человеком энергии облучения. Согласно ГОСТ 12.1.005–88 интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов не должна превышать:

35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении более 50 % поверхности тела;

70 Вт/м<sup>2</sup> при облучении от 25 до 50 % поверхности тела;

100 Вт/м<sup>2</sup> при облучении не более 25 % поверхности тела и обязательном использовании средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Нормы ограничивают также температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне, которая не должна превышать 45 °С, а для оборудования, внутри которого температура близка к 100 °С, температура поверхности не должна превышать 35 °С. Для обеспечения безопасных условий работы применяется тепловая изоляция.

В производственных условиях не всегда возможно выполнить нормативные требования. В этом случае должны быть предусмотрены мероприятия по защите работающих от возможного перегрева:

- дистанционное управление ходом технологического процесса;
- воздушное душирование рабочих мест;
- устройство специально оборудованных комнат, кабин или рабочих мест для кратковременного отдыха с подачей в них кондиционированного воздуха;
- использование защитных экранов, водяных и воздушных завес;
- применение средств индивидуальной защиты, спецодежды, спецобуви и др.

### **Мероприятия по защите работающих от вредных факторов теплового воздействия**

1) *Экранирование излучающих поверхностей.* Является одним из самых распространенных способов борьбы с тепловым излучением. Различают экраны трех типов: непрозрачные, прозрачные и полупрозрачные.

В непрозрачных экранах поглощаемая энергия электромагнитных колебаний, взаимодействуя с веществом экрана, превращается в тепловую энергию. При этом экран нагревается и становится источником теплового излучения. При этом излучение поверхностью экрана, противоположной экранируемому источнику, условно рассматривается как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся, например, металлические, альфолевые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др.

В прозрачных экранах излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран. Так ведут себя экраны, выполненные из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы.

Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства прозрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Однако это деление достаточно условно, так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло. Отнесение экрана к той или иной группе производится в зависимости от того, какая его способность выражена сильнее.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотражающих материалов в конструкции экранов широко используют альфоль, листовую алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающими называют экраны, выполненные из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности). В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко используются водяные завесы – свободно падающие в виде пленки, орошающие другую экранирующую поверхность (например, металлическую), либо заключенные в специальный кожух из стекла (акварильные экраны), металла (змеевики) и др.

Оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов можно по формуле:

$$n = \frac{Q - Q_3}{Q} \cdot 100 \% , \quad (2)$$

где  $Q$  – интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м<sup>2</sup>;  $Q_3$  – интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м<sup>2</sup>.

2) *Тепловая изоляция.* Использование этой защитной меры не только обеспечивает необходимый температурный режим в изолируемых системах и нормальные санитарно-гигиенические условия труда в производственных помещениях (в частности, исключается возможность получения ожогов, которая существует при температуре наружной стенки аппаратов 60 °С и выше), но и способствует экономии топлива. Санитарными нормами (п.11.14 СН 245–71) предусматриваются следующие значения температур на наружной поверхности изоляции:

$$t_n = \begin{cases} 45 \text{ } ^\circ\text{C}, & t \geq 100 \text{ } ^\circ\text{C}; \\ 35 \text{ } ^\circ\text{C}, & t < 100 \text{ } ^\circ\text{C}, \end{cases}$$

где  $t$  – температура среды внутри аппарата.

Для тепловой изоляции используются материалы с низким коэффициентом теплопроводности. Толщина слоя теплоизоляционного материала  $\delta$  определяется из условия равенства количеств тепла, перенесенного через слой материала теплопроводностью и отведенного от поверхности в окружающую среду конвекцией и излучением:

$$\delta = \frac{\lambda(t - t_n)}{\alpha^*(t_n - t_1)} , \text{ м}, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт/м·°С;  $t$  – температура среды в аппарате, °С;  $t_n$  – температура наружной поверхности изоляции, °С;  $t_1$  – температура воздуха в рабочей зоне;  $\alpha^*$  – суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией и излучением от наружной поверхности изоляции в воздух рабочей зоны, Вт/м<sup>2</sup>·°С.

**Устройство местной приточной вентиляции.** Местную приточную вентиляцию широко используют для создания требуемых параметров микроклимата в ограниченном объеме, в частности, непосредственно на рабочем месте. Это достигается созданием воздушных оазисов, воздушных завес и воздушных душией.

*Воздушный оазис* создают в отдельных зонах рабочих помещений с высокой температурой. Для этого небольшую рабочую площадь закрывают легкими переносными перегородками высотой 2 м и в огороженное пространство подают прохладный воздух со скоростью 0,2...0,4 м/с.

*Воздушные завесы* создают для предупреждения проникновения в помещение наружного холодного воздуха путем подачи более теплого воздуха с большой скоростью (10...15 м/с) под некоторым углом навстречу холодному потоку.

*Воздушные души* применяют в горячих цехах на рабочих местах, находящихся под воздействием лучистого потока теплоты большой интенсивности (более 350 Вт/м<sup>2</sup>). Поток воздуха, направленный непосредственно на рабочего, позволяет увеличить отвод тепла от его тела в окружающую среду. Выбор скорости потока воздуха зависит от тяжести выполняемой работы, а также от интенсивности облучения, но она не должна, как правило, превышать 5 м/с, так как в этом случае у рабочего возникают неприятные ощущения (например, шум в ушах). Эффективность воздушных душ возрастает при охлаждении направляемого на рабочее место воздуха или же при подмешивании к нему распыленной воды (водо-воздушный душ).

**Устройство общеобменной вентиляции.** Является действенной мерой для оздоровления воздушной среды во всем объеме помещения.

При устройстве общеобменной вентиляции, предназначенной для удаления избытка явного тепла, объем приточного воздуха  $V_{пр}$  (м<sup>3</sup>/с) определяют по формуле:

$$V_{пр} = Q_{изб} / (t_{уд} - t_{пр}) \rho_{пр} c, \quad (4)$$

где  $Q_{изб}$  – избыток явного тепла, Вт;  $t_{уд}$  – температура удаляемого воздуха, °С;  $t_{пр}$  – температура приточного воздуха, °С;  $\rho_{пр}$  – плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°С).

Температуру воздуха, удаляемого из помещения, определяют по формуле:

$$t_{уд} = t_1 + \Delta_t (H - 2), \quad (5)$$

где  $t_1$  – температура в рабочей зоне, которая должна находиться в интервале, установленном санитарными нормами, °С;  $\Delta_t$  – температурный градиент по высоте помещения, °С/м (обычно 0,5...1,5 °С/м);  $H$  – расстояние от пола до центра вытяжных проемов, м.

Если количество образующихся тепловыделений незначительно или не может быть точно определено, то общеобменную вентиляцию рассчитывают по кратности воздухообмена  $K$ , которая показывает, сколько раз в течение часа происходит смена воздуха в помещении (обычно  $K$  находится в пределах от 1 до 10, для помещений небольшого объема используются более высокие значения  $K$ ). Для удаления воздуха из помещения здание обычно оборудуется так называемыми фонарями.

**Описание лабораторной установки.** Лабораторная установка (рис. 1) состоит из модели производственного помещения 7 с вентиляционным зонтом 1 и электрокамина 5, установленных на столе 6. Боковые стенки модели съемные, а передняя и задняя стенки – глухие. На лицевой поверхности модели помещения закреплены крючки 3, на которые устанавливаются сменные экраны 4. За моделью помещения устанавливается стойка 9 с датчиком 8 измерителя тепловых потоков. Электрокамин используется в качестве источника теплового излучения.

Вентиляционный зонт 1 используется для создания вытяжной вентиляции и устанавливается сверху на модель производственного помещения 7. Внутри вентиляционного зонта установлена лампа накаливания, которая служит для освещения модели производственного помещения, а также в качестве дополнительного источника тепла для изменения теплового режима внутри модели.

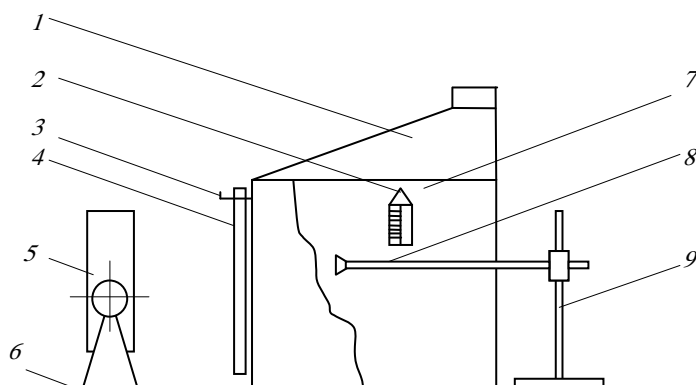
Датчик 8 измерителя тепловых потоков с помощью винтов крепится к вертикальной стойке 9.

Для измерения расстояния от источника теплового излучения 5 до датчика 8 используется линейка.

Сменные экраны 4 имеют один типоразмер и выполнены из металла с темной и светлой окраской, брезента и набора параллельных цепей.

На задней стенке модели помещения установлен гигрометр 2 для измерения влажности воздуха внутри модели. Для изменения скорости движения воздуха используется малогабаритный анемометр.

Сменные экраны 8 имеют один типоразмер и выполнены из металла с темной и светлой окраской, брезента и набора параллельных цепей.



**Рис. 1. Лабораторная установка**



На задней стенке модели помещения установлен гигрометр 2 для измерения влажности воздуха внутри модели. Для изменения скорости движения воздуха используется малогабаритный анемометр.

### Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.
2. Запрещается включать электрокамин на полную мощность без использования теплозащитных экранов.
3. Запрещается прикасаться к электронагревательному элементу электрокамина.
4. После проведения лабораторной работы необходимо отключить электропитание стенда.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. Подключить стенд к сети переменного тока.
2. Включить источник теплового излучения и измеритель теплового потока ИПП-2м.
3. Установить головку измерителя теплового потока в штативе. Вручную перемещать штатив вдоль линейки, устанавливая головку измерителя на различном расстоянии от источника теплового излучения, и определять интенсивность теплового излучения  $Q$  в этих точках (интенсивность определять как среднее значение не менее 5 замеров). Данные замеров занести в таблицу. Построить график зависимости среднего значения интенсивности теплового излучения от расстояния.
4. Устанавливая различные защитные экраны, определить интенсивность теплового излучения  $Q_3$  на заданных расстояниях.
5. Выключить стенд и измерительные приборы.
6. Построить графики зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния.
7. Рассчитать эффективность защитного действия экранов по формуле (2).
8. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

Таблица 1

Вид защиты	$l$ , см	$Q$ , Вт/м <sup>2</sup>	$Q_3$ , Вт/м <sup>2</sup>	$n$ , %
...				
...				
...				

## РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

1. Определить толщину слоя тепловой изоляции условного аппарата, используя данные индивидуального варианта (Приложение 1):

$$\delta = \frac{\lambda(t - t_n)}{\alpha^*(t_n - t_1)}, \text{ м}, \quad (6)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт/м·°С (принять для асбеста  $\lambda = 0,151$  Вт/м·°С);  $t$  – температура среды в аппарате, °С;  $t_n$  – температура наружной поверхности изоляции, °С, принимается в зависимости от температуры среды в аппарате по СН 245–71 п. 11.14;  $t_1$  – температура воздуха в рабочей зоне, принять равной минимальной величине для оптимальных условий по данным своего варианта для помещений со значительными тепловыделениями по табл. 5 СН 245–71;  $\alpha^*$  – суммарный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции в воздух рабочей зоны:

$$\alpha^* = 9,74 + 0,07(t_n - t_1), \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}. \quad (7)$$

2. Определить минимальный расход воздуха на вентиляцию и необходимую кратность воздухообмена при избыточных тепловыделениях в условном производственном помещении. Данные для расчета выбрать из Приложения 1 по индивидуальному варианту.

- 1) Рассчитать минимальный объем помещения:

$$V_n = V_1 n, \quad (8)$$

где  $V_1$  – минимальный объем на одного работающего, принимается по СН 245–71 (п. 3.2);  $n$  – количество работающих.

- 2) Рассчитать потери тепла от наружной поверхности изоляции условного аппарата:

$$Q_1 = \alpha^* F(t_n - t_1), \text{ Вт}, \quad (9)$$

где  $F$  – площадь наружной поверхности изоляции аппарата, м<sup>2</sup>.

- 3) Рассчитать количество тепла, поступающего от работающих:

$$Q_2 = q_{\text{ВТ}} n, \text{ Вт}, \quad (10)$$

где  $q_{вт}$  – количество тепла, поступающего в воздух помещения от одного работающего, которое зависит от температуры воздуха в рабочей зоне ( $t_1$ ) и тяжести выполняемой работы (см. Приложение 2);  $n$  – количество работающих.

4) Рассчитать расход воздуха, подаваемого в помещение с целью обеспечения заданной температуры воздуха в рабочей зоне:

$$V = \frac{Q_1 + Q_2}{c(t_1 - t_0)\rho_0}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (11)$$

где  $c = 1000 \text{ Дж/кг}\cdot\text{°C}$  – удельная теплоемкость воздуха;  $\rho_0 = 1,293 \frac{273}{273 + t_0}$ ,  $\text{кг/м}^3$  – плотность воздуха, поступающего в помещение;  $t_0$  – температура воздуха, поступающего в помещение,  $\text{°C}$ .

5) Рассчитать кратность воздухообмена для данного помещения:

$$K = \frac{V}{V_n} \cdot 3600, \text{ ч}^{-1}. \quad (12)$$

## Исходные данные для расчета

№ варианта	$t$ , °C	Параметры для определения температуры воздуха в рабочей зоне		Количество работающих, $l$	$F$ , м <sup>2</sup>	$t_0$ , °C
		Категория работы	Период года			
1	400	Легкая	Холодный	45	8	70
2	110	– « –	– « –	40	6	50
3	120	– « –	– « –	35	6,5	60
4	130	Средняя	– « –	30	5	20
5	140	– « –	– « –	35	3,5	40
6	150	– « –	– « –	30	5	20
7	160	Тяжелая	– « –	40	15,5	60
8	170	– « –	– « –	40	14	30
9	180	– « –	– « –	30	13	60
10	190	Легкая	Теплый	30	13,5	20
11	200	– « –	– « –	25	13,5	50
12	210	– « –	– « –	25	13,5	20
13	220	Средняя	– « –	100	8	70
14	230	– « –	– « –	100	6	50
15	240	– « –	– « –	80	6,5	60
16	250	Тяжелая	– « –	80	5	20
17	260	– « –	– « –	60	3,5	40
18	270	– « –	– « –	60	5	20
19	280	Легкая	Холодный	100	15,5	60
20	290	– « –	– « –	100	14	30
21	300	– « –	– « –	80	13	60
22	310	Средняя	– « –	80	13,5	20
23	320	– « –	– « –	60	13,5	50
24	330	– « –	– « –	60	13,5	20
25	340	Тяжелая	– « –	50	8	70
26	350	– « –	– « –	50	6	50
27	360	– « –	– « –	40	6,5	60
28	370	Легкая	Теплый	40	5	20
29	380	Средняя	– « –	30	3,5	40
30	390	Тяжелая	– « –	30	5	20

**Тепловыделения и влаговыделения от работающих в зависимости  
от температуры окружающей среды и тяжести выполняемой работы**

Температура окружающей среды, °С	Характер работы							
	покой		легкая		средняя		тяжелая	
	$q_1$ , Вт	$w_1$ , г/ч	$q_1$ , Вт	$w_1$ , г/ч	$q_1$ , Вт	$w_1$ , г/ч	$q_1$ , Вт	$w_1$ , г/ч
15	116	40	116	55	128	110	128	185
16	109	41	109	58	122	116	122	195
17	102	42	102	61	112	123	112	205
18	95	43	95	64	108	130	108	216
19	88,5	44	88,5	67	100	136	100	227
20	81,5	45	81,5	70	93	144	93	237
21	77	46	79	74	91	150	93	248
22	72,5	47	77	80	88,5	156	93	261
23	67,5	48	74,5	85	86	165	93	273
24	63	49	72	90	83,5	172	93	285
25	58	40	70	96	81,5	180	93	297
26	53	53	62	103	73	190	82	310
27	47,5	57	55,5	110	65	200	72	324
28	41,5	63	48,5	120	57	211	61,5	338
29	35,5	71,5	41,5	130	49,5	222	51	352
30	34,5	80	34,5	140	41	230	41	365
31	24	90	27,5	154	33	235	33	380
32	18	100	20,5	167	24,5	258	24,5	394
33	12	110	14	181	16,5	272	16,5	410
34	6	120	6,5	194	8	290	8	428
35	0	130	0	206	0	308	0	448

## ЗАЩИТА ОТ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Цель работы:* знакомство с характеристиками электромагнитного излучения, нормативными требованиями к электромагнитному излучению, проведение измерения электромагнитного излучения СВЧ диапазона в зависимости от расстояния до источника и оценка эффективности защиты от СВЧ излучения с помощью экранов.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Электромагнитные поля (ЭМП) генерируются токами, изменяющимися во времени. Спектр электромагнитных (ЭМ) колебаний находится в широких пределах по длине волны  $\lambda$  от 1000 км до 0,001 мкм и менее, а по частоте  $f$  от  $3 \cdot 10^2$  до  $3 \cdot 10^{20}$  Гц, включая радиоволны, оптические и ионизирующие излучения. В настоящее время наиболее широкое применение в различных отраслях находит ЭМ энергия неионизирующей части спектра. Это касается, прежде всего, ЭМ полей радиочастот. Они подразделяются по длине волны на ряд диапазонов (табл. 1).

ЭМ поле складывается из электрического поля, обусловленного напряжением на токоведущих частях электроустановок, и магнитного, возникающего при прохождении тока по этим частям. Волны ЭМП распространяются на большие расстояния.

В промышленности источниками ЭМП являются электрические установки, работающие на переменном токе частотой от 10 до  $10^6$  Гц, приборы автоматики, электрические установки с промышленной частотой 50...60 Гц, установки высокочастотного нагрева (сушка древесины, склеивание и нагрев пластмасс и др.). В соответствии с ГОСТ 12.1.006–84 значения предельно допустимой напряженности ЭМП радиочастот в диапазоне 0,06...300 МГц на рабочих местах приведены в табл. 2.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) по электрической составляющей, согласно [5], не должны превышать 20 В/м, а по магнитной составляющей – 5 А/м. ЭМП характеризуется совокупностью переменных электрических и магнитных составляющих. Различные диапазоны радиоволн объединяет общая физическая природа, но они существенно различаются по заключенной в них энергии, характеру распространения, поглощения, отражения, а в следствие этого, – по действию на среду, в том числе и на человека. Чем короче длина волны и больше частота колебаний, тем больше энергии несет в себе квант ЭМ излучения. Связь между энергией  $Y$  и частотой  $f$  колебаний определяется как:

Таблица 1

Название диапазона	Длина волны	Диапазон частот	Частота	По международному регламенту	
				Название диапазона частот	Номер
Длинные волны (ДВ)	10...1 км	Высокие частоты (ВЧ)	от 3 до 300 кГц	Низкие (НЧ)	5
Средние волны (СВ)	1 км...100 м	То же	от 0,3 до 3 МГц	Средние (СЧ)	6
Короткие волны (КВ)	100...10 м	То же	от 3 до 30 МГц	Высокие (ВЧ)	7
Ультракороткие волны (УКВ)	10...1 м	Высокие частоты (УВЧ)	от 30 до 300 МГц	Очень высокие (ОВЧ)	8
Микроволны: дециметровые (дм); сантиметровые (см); миллиметровые (мм);	1 м...10 см	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	от 0,3 до 3 ГГц	Ультравысокие (УВЧ)	9
	10...1 см		от 3 до 30 ГГц	Сверхвысокие (СВЧ)	
	1 см...1 мм		от 30 до 300 ГГц	Крайневысокие (КВЧ)	

Составляющая ЭМП, по которой оценивается его воздействие, и диапазон частот, МГц	Предельно допустимая напряженность ЭМП в течение рабочего дня
Электрическая составляющая:	
0,06...3	50 В/м
3...30	20 В/м
30...50	10 В/м
50...300	0,5 В/м
Магнитная составляющая:	
0,06...1,5	5,0 А/м
30...50	0,3 А/м

$$Y = hf,$$

поскольку длина волны  $\lambda$  и частота связаны соотношением  $f = c/\lambda$ ,

$$Y = hc/\lambda,$$

где  $c$  – скорость распространения электромагнитных волн в воздухе ( $c = 3 \cdot 10^8$  м/с);  $h$  – постоянная Планка, равная  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Вт/см<sup>2</sup>.

ЭМП вокруг любого источника излучения разделяют на 3 зоны: ближнюю – зону индукции, промежуточную – зону интерференции и дальнюю – волновую зону. Если геометрические размеры источника излучения меньше длины волны излучения  $\lambda$  (т.е. источник можно рассматривать как точечный), границы зон определяются следующими расстояниями  $R$ :

- ближняя зона (индукции)  $R < \lambda/2\pi$ ;
- промежуточная зона (интерференции)  $\lambda/2\pi < R < 2\pi\lambda$ ;
- дальняя зона (волновая)  $R > 2\pi\lambda$ .

Работающие с источниками излучения НЧ, СЧ и, в известной степени, ВЧ и ОВЧ диапазонов находятся в зоне индукции. При эксплуатации генераторов СВЧ и КВЧ диапазонов работающие часто находятся в волновой зоне.

В волновой зоне интенсивность поля оценивается величиной плотности потока энергии (ППЭ), т.е. количеством энергии, падающей на единицу площади поверхности. В этом случае ППЭ выражается в Вт/м<sup>2</sup> или производных единицах: мВт/см<sup>2</sup>, мкВт/см<sup>2</sup>. ЭМП по мере удаления от источника излучения быстро затухает. ЭМ волны диапазона УВЧ, СВЧ и КВЧ (микроволны) используются в радиолокации, радиоастрономии, радиоспектроскопии, геодезии, дефектоскопии, физиотерапии. Иногда ЭМП УВЧ диапазона применяются для вулканизации резины, термической обработки пищевых продуктов, стерилизации, пастеризации, вторичного разогрева пищевых продуктов. СВЧ-аппараты используются для микроволновой терапии.

Наиболее опасными для человека являются ЭМП высокой и сверхвысокой частот. Критерием оценки степени воздействия на человека ЭМП может служить количество электромагнитной энергии, поглощаемой им при пребывании в электрическом поле. Величина поглощаемой человеком энергии зависит от квадрата силы тока, протекающего через его тело, времени пребывания в электрическом поле и проводимости тканей человека.

По законам физики изменения в веществе может вызвать только та часть энергии излучения, которая поглощается этим веществом, а отраженная или проходящая через него энергия действия не оказывает. Электромагнитные волны лишь частично поглощаются тканями биологического объекта, поэтому биологический эффект зависит от физических параметров ЭМП радиочастотного диапазона: длины волны (частоты колебаний), интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулированный), продолжительности и характера облучения организма, а также от площади облучаемой поверхности и анатомического строения органа или ткани.

Степень поглощения энергии тканями зависит от их способности к ее отражению на границе раздела, определяемой содержанием воды в тканях и другими их особенностями. Колебания дипольных молекул воды и ионов, содержащихся в тканях, приводят к преобразованию электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую, что сопровождается повышением температуры тела или локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток, особенно с плохой терморегуляцией (хрусталик глаза, стекловидное тело, семенники и др.). Тепловой эффект зависит от интенсивности облучения. Пороговые интенсивности теплового действия ЭМП на организм животного составляют для диапазона средних частот – 8000 В/м, высоких – 2250 В/м, очень высоких – 150 В/м, дециметровых – 40 мВт/см<sup>2</sup>, сантиметровых – 10 мВт/см<sup>2</sup>, миллиметровых – 7 мВт/см<sup>2</sup>.

ЭМП с меньшей интенсивностью не обладает термическим действием на организм, но вызывает слабовыраженные эффекты аналогичной направленности, что согласно ряду теорий считается специфическим нетепловым действием, т.е. переходом ЭМ энергии в объекте в какую-то форму нетепловой энергии. Нарушение гормонального равновесия при наличии СВЧ-фона на производстве следует рассматривать как противопоказание для профессиональной деятельности, связанной с нервной напряженностью труда и частыми стрессовыми ситуациями.

Постоянные изменения в крови наблюдаются при ППЭ выше 1 мВт/см<sup>2</sup>. Это фазовые изменения лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина. Поражение глаз в виде помутнения хрусталика (катаракты) – последствия воздействия ЭМП в условиях производства. При воздействии миллиметровых волн изменения наступают немедленно, но быстро проходят.

В то же время при частотах около 35 ГГц возникают устойчивые изменения, являющиеся результатом повреждения эпителия роговицы.

Клинические исследования людей, подвергшихся производственному воздействию СВЧ-облучения при его интенсивности ниже 10 мВт/см<sup>2</sup>, показали отсутствие каких-либо проявлений катаракты.

Воздействие ЭМП с уровнями, превышающими допустимые, приводит к изменениям функционального состояния сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, нарушению обменных процессов [2]. При воздействии значительных интенсивностей СВЧ поля может возникать более или менее выраженное помутнение хрусталика глаза (катаракты). Нередко отмечают изменения и в составе крови.

В соответствии с санитарными нормами и правилами при работе с источниками ЭМП СВЧ частот предельно допустимые интенсивности ЭМП на рабочих местах приведены в табл. 3.

Таблица 3

В диапазоне СВЧ (300 МГц – 300 ГГц)	Предельно допустимая интенсивность
1. Для работающих при облучении в течение: 1) всего рабочего дня 2) не более 2 ч за рабочий день 3) не более 15-20 мин за рабочий день	10 мкВт/см <sup>2</sup> 100 мкВт/см <sup>2</sup> 1000 мкВт/см <sup>2</sup>
2. Для лиц, не связанных профессионально, и для населения	1 мкВт/см <sup>2</sup>

Защитные меры от действия ЭМП сводятся, в основном, к применению защитного экранирования, дистанционного управления устройствами, излучающими ЭМ волны, применению средств индивидуальной защиты. Защитные экраны делятся на:

- 1) отражающие излучение;
- 2) поглощающие излучение.

К первому типу относятся сплошные металлические экраны, экраны из металлической сетки, из металлизированной ткани. Ко второму типу относятся экраны из радиопоглощающих материалов. К средствам индивидуальной защиты (СИЗ) относятся: спецодежда, выполненная из металлизированной ткани; защитные халаты, фартуки, накидки с капюшоном, перчатки, щитки, а также защитные очки (при интенсивности выше 1 мВт/см<sup>2</sup>); стекла которых покрыты слоем полупроводниковой окиси олова, или сетчатые очки в виде полумасок из медной или латунной сетки.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Описание стенда.** Внешний вид стенда представлен на рис. 1.

Стенд представляет собой стол, выполненный в виде сварного каркаса со столешницей 1, под которой размещаются сменные экраны 2, используемые для изучения экранирующих свойств различных материалов. На столешнице 1 размещены СВЧ печь 3 (источник излучения) и координатное устройство 4.

Координатное устройство 4 регистрирует перемещение датчика 5 СВЧ поля по осям «X», «Y». Координата «Z» определяется по шкале, нанесенной на измерительную стойку 6, по которой датчик 5 может свободно перемещаться. Это дает возможность исследовать распределение СВЧ излучения в пространстве со стороны передней панели СВЧ печи (элементы наиболее интенсивного излучения).

Датчик 5 выполнен в виде полуволнового вибратора, рассчитанного на частоту 2,45 ГГц и состоящего из диэлектрического корпуса, вибраторов и СВЧ диода.

Координатное устройство 4 выполнено в виде планшета, на который нанесена координатная сетка. Планшет приклеен непосредственно к столешнице 1. Стойка 6 изготовлена из диэлектрического материала (органического стекла), чтобы исключить искажение распределения СВЧ поля.

В качестве нагрузки в СВЧ печи используется строительный красный кирпич, устанавливаемый на неподвижную подставку, в качестве которой используется неглубокая фаянсовая тарелка, обеспечивающая стабильность измеряемого сигнала.

Сигнал с датчика 5 поступает на мультиметр 7, размещенный на свободной части столешницы 1 (за пределами координатной сетки).

На столешнице 1 имеются гнезда для установки сменных защитных экранов 2, выполненных из следующих материалов:

- сетка из оцинкованной стали с ячейками 50 мм;
- сетка из оцинкованной стали с ячейками 10 мм;
- лист алюминиевый;
- полистирол;
- резина.

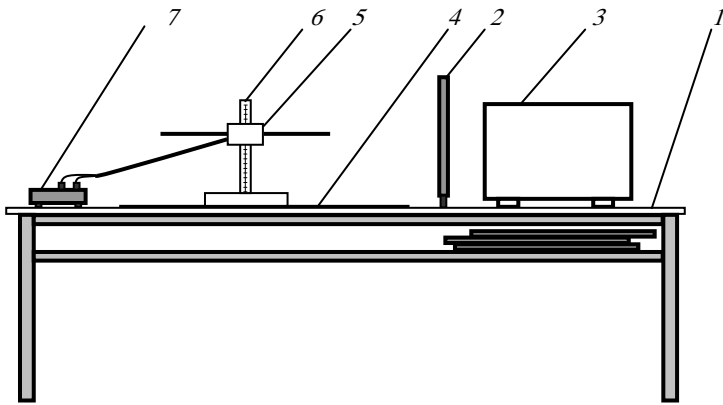


Рис. 1

Технические характеристики стенда:

Диапазон плотности потока электромагнитного излучения в изучаемой зоне СВЧ печи, мкВт/см <sup>2</sup>	0...120	
Соотношение показаний мультиметра М 3900 и измерителя плотности потока ПЗ-19:	1 мкА	= 0,35 мкВт/см <sup>2</sup>
Значения перемещений датчика относительно СВЧ печи, мм, не менее:		
по оси	«X»	500
.....		
по оси	«Y»	±250
.....		
по оси	«Z»	300
.....		
Мощность СВЧ печи, Вт, не более	800	
.....		
Количество сменных защитных экранов	5	
.....		
Размеры экранов, мм	(330 ± 5) × (500 ± 5)	
.....		
Потребляемая мощность, В·А, не более	1200	
.....		
Цена деления шкал по осям X, Y, Z, мм	10 ± 1	
.....		
Габаритные размеры стенда, мм, не более:		
длина	1200	
.....		
ширина	650	
.....		
высота	1200	
.....		
Масса стенда, кг, не более	40	
.....		
Электропитание стенда должно осуществляться от сети переменного тока напряжением,		
В	220 ± 22	частотой, Гц
.....		0 ± 0,4

Режим работы СВЧ печи:

- продолжительность работы, мин, не более 5;
- продолжительность перерыва между рабочими циклами, с, не менее 30;
- уровень мощности, 100 %.

**Требования безопасности при выполнении лабораторной работы**

1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.
2. Запрещается работать с открытой дверцей СВЧ печи.
3. Запрещается самостоятельно регулировать или ремонтировать дверь, панель управления, выключатели системы блокировки или какие-либо другие части печи. Ремонт должен производиться только специалистами.
4. СВЧ печь должна быть заземлена.



5. Не допускается включение и работа печи без нагрузки. Рекомендуется в перерывах между рабочими циклами оставлять в печи кирпич. При случайном включении печи кирпич будет выполнять роль нагрузки.

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с мерами по технике безопасности при проведении лабораторной работы и строго выполнять их.
2. Подключить СВЧ печь к сети переменного тока.
3. В печь на подставку (перевернутая тарелка) положить кирпич.
4. Установить режим работы печи согласно п. 2.2.12 в соответствии с паспортом на конкретную СВЧ печь.

Для СВЧ печи «Плутон» ее включение в рабочий режим осуществляется в следующей последовательности: открыть дверцу нажатием прямоугольной клавиши в нижней части лицевой панели; установить ручку «мощность» в крайнее правое положение; установить ручку «время» в положение 5 мин; плотно закрыть дверцу.

5. Разместить датчик на отметке 0 по оси  $X$  координатной системы.

Перемещая датчик по оси  $Y$  координатной системы и оси  $Z$  (по стойке), определить зоны наиболее интенсивного излучения и с помощью мультиметра зафиксировать их численные значения.

Перемещая стойку с датчиком по координате  $X$  (удаляя его от печи до предельной отметки 50 см) снять показания мультиметра дискретно с шагом 20 мм. Данные замеров занести в табл. 4. Построить график распределения интенсивности излучения в пространстве перед печью.

6. Разместить датчик на отметке 0 по оси  $X$ . Зафиксировать показания мультиметра.
7. Поочередно устанавливая защитные экраны и фиксировать показания мультиметра.
8. Определить коэффициент экранирования  $K$  для каждого экрана по формуле:

$$K = \frac{I_0}{I_3}, \quad (1)$$

где  $I_0$  – показание мультиметра без экрана;  $I_3$  – показание мультиметра с экраном.

9. Определить эффективность экранирования для каждого экрана по формуле:

$$S_P = 10 \lg\left(\frac{1}{K}\right), \text{ дБ.} \quad (2)$$

10. Построить диаграмму эффективности экранирования от вида материала защитных экранов.
11. Составить отчет о работе.

### ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Общие сведения
2. Схема стенда
3. Данные измерений (табл. 4 и 5)

Таблица 4

Номер измерения	Значение $X$ , см	Значение $Y$ , см	Значение $Z$ , см	Интенсивность излучения (показания мультиметра)
1				
2				
...				
$n$				

Таблица 5

Номера защитных экранов	Эффективность экранирования, $\delta$
1	
2	
3	
4	
5	

4. Графики распределения интенсивности излучения в пространстве и диаграмма эффективности экранирования от вида материала защитных экранов.

Дата

Подпись студента

## РАСЧЕТ ОСЛАБЛЕНИЯ ЭМП СЕТЧАТЫМ ЭКРАНОМ

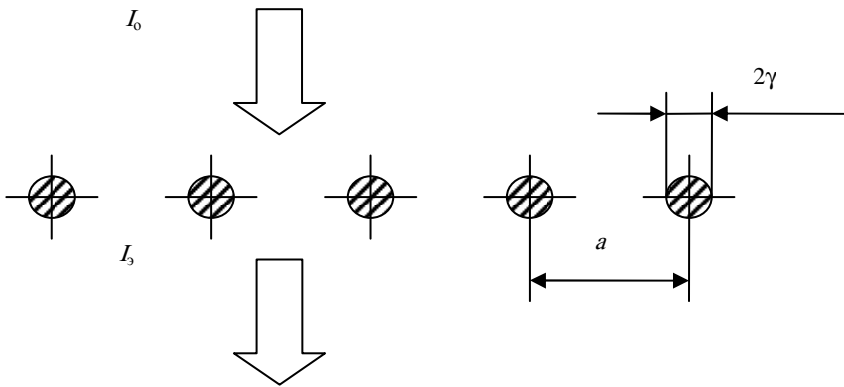
Очень часто для экранирования применяется металлическая сетка. Экраны из сетки имеют ряд преимуществ: они просматриваются, пропускают поток воздуха, позволяют достаточно быстро ставить и снимать экранирующие устройства. Ослабление ЭМП сетчатыми экранами зависит от размера ячеек сетки и диаметра проволоки. Материал проволоки на него влияет очень мало. Ослабление ЭМП сетчатым экраном с достаточной для практики точностью рассчитывается по эмпирической формуле

$$I_0/I_3 = B^2/4, \quad (3)$$

где  $I_0, I_3$  – плотность потока энергии до экрана и за экраном, Вт/м<sup>2</sup>;  $B$  – безразмерный параметр, определяемый по формуле

$$B = \frac{\lambda}{a} \left[ \ln \left( \frac{0,83 \exp(2\pi\gamma/a)}{\exp(2\pi\gamma/a) - 1} \right) \right]^{-1}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – длина волны, м;  $2\gamma$  – диаметр проволок сетки, м;  $a$  – расстояние между центрами проволок (шаг), м.



РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

По данным варианта и формуле (3) рассчитать ослабление ЭМП. По формуле (2) определить эффективность экранирования.

**Исходные данные для расчетов**

№ п/п	Характеристики сетки			Длина волны, см
	Материал	Шаг, мм	Диаметр проволоки, мм	
1	Латунь	0,17	0,07	3,2
2	Латунь	0,33	0,13	6,3
3	Латунь	0,55	0,15	10,6
4	Латунь	0,72	0,22	3,2
5	Латунь	1,1	0,30	6,3
6	Латунь	1,25	0,35	10,6
7	Латунь	1,35	0,35	3,2
8	Латунь	1,65	0,40	6,3
9	Латунь	2,5	0,50	10,6
10	Латунь	3,1	0,50	3,2
11	Сталь	1,4	0,35	3,2
12	Сталь	1,5	0,35	6,3
13	Сталь	1,8	0,35	10,6
14	Сталь	2,3	0,50	3,2
15	Сталь	3,45	0,50	6,3
16	Сталь	4,3	0,90	10,6
17	Сталь	4,35	1,10	3,2
18	Сталь	5,7	0,70	6,3
19	Сталь	6,4	1,40	10,6
20	Сталь	8,7	0,70	3,2
21	Сталь	10,7	0,70	6,3
22	Сталь	15,4	1,40	10,6
23	Сталь	21,5	1,40	3,2
24	Сталь	1,8	0,35	6,3
25	Сталь	3,45	0,50	10,6
26	Латунь	0,55	0,15	3,2
27	Латунь	0,72	0,22	6,3
28	Латунь	1,1	0,30	10,6
29	Латунь	2,5	0,50	3,2
30	Латунь	3,1	0,50	6,3

## ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

*Цель работы.* изучение свойств и принципов нормирования ионизирующих излучений, приборов и методов измерений уровней радиации и доз облучения, оценки радиационной опасности.

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ И ПОНЯТИЯ

Как известно, атомы химических элементов состоят из *ядра*, имеющего положительный заряд и *электронной оболочки*. Ядра атомов состоят из протонов ( $p$ ) и нейтронов ( $n$ ), имеющих общее название – *нуклоны*.

Атомы одного и того же элемента, отличающиеся друг от друга массовым числом, называются *нуклидами (или изотопами)* этого элемента, например:

${}^1_1\text{H}$  – водород(протий);

- изотопы водорода:  ${}^2_1\text{H}$  – дейтерий(Д);

${}^3_1\text{H}$  – тритий(Т);

${}^{233}_{92}\text{U}$ (0,006 %);

- изотопы урана (U):  ${}^{235}_{92}\text{U}$ (0,714 %);

${}^{238}_{92}\text{U}$ (99,28 %).

Известны изотопы элементов, которые самопроизвольно претерпевают ядерные превращения и испускают *ионизирующее излучение (ИИ)* в виде  $\gamma$ -квантов,  $\alpha$ -частиц, и  $\beta$ -частиц. Такие изотопы называются *радиоактивными*.

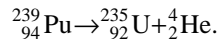
Известно порядка 40 естественных радиоактивных изотопов (радионуклидов) и более 1200 искусственных.

Энергия ИИ поглощается атомами окружающей среды, что приводит к образованию электрических зарядов разных знаков (ионов).

Процесс самопроизвольного распада нестабильного радионуклида называется **радиоактивным распадом**.

**Существуют два вида радиоактивного распада ядер:  $\alpha$ -распад и  $\beta$ -распад.**

**$\alpha$ -распад.** При этом виде радиоактивного распада ядро радионуклида испускает  $\alpha$ -частицы, состоящие из  $2p$  и  $2n$  каждая (это ядро атома  ${}^4_2\text{He}$ ). Получающееся при  $\alpha$ -распаде дочернее ядро имеет порядковый номер меньше материнского на 2 единицы, а массовое число – меньше на 4 единицы, например:

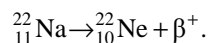
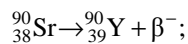


**$\beta$ -распад.** При  $\beta$ -распаде внутри ядра происходит превращение  $n$  в  $p$  или  $p$  в  $n$ , при этом превращении внутри ядра образуются  $e^-$  или позитроны  $e^+$ , называемые  $\beta$ -частицами.

$\beta$ -распад с испусканием  $e^-$  – электронный  $\beta$ -распад, а испускаемый ядром  $e^-$  называется отрицательной  $\beta$ -частицей.

$\beta$ -распад с испусканием  $e^+$  – позитронный распад, а испускаемый ядром  $e^+$  называется положительной  $\beta$ -частицей.

Примеры  $\beta$ -распада:



$\alpha$ - или  $\beta$ -распады, как правило, сопровождаются испусканием из ядра  $\gamma$ -излучений, представляющими поток фотонов ( $\gamma$ -квантов), распространяющихся со скоростью света.

$\alpha$ -активностью обладают, как правило, химические элементы с порядковым номером более 83 (Po, Rn, Ra, U, Pu и др.).

Для каждого  $\alpha$ -активного изотопа характерно испускание  $\alpha$ -частиц, имеющих определенную (для данного изотопа) энергию. Энергия  $\alpha$ -частиц, испускаемых различными изотопами, от 4 до 11 МэВ. Начальная скорость движения  $\alpha$ -частиц 15 000...19 000 км/с, пробег в воздухе – 3...11 см, удельная ионизация  $\approx 30\,000$  пар ионов на 1 см пробега в воздухе. Удельная ионизация увеличивается к концу пробега из-за уменьшения скорости  $\alpha$ -частиц, что приводит к увеличению вероятности ионизации (столкновений).

Пробег  $\alpha$ -частиц в веществе, как правило, прямолинейный и вдоль пути образуются колонны ионов.

Определенные слои вещества поглощают практически все  $\alpha$ -частицы – слои полного поглощения (лист писчей бумаги; алюминиевый экран толщиной 0,02 мм поглощает  $\alpha$ -частицы с энергией 5 МэВ).

В качестве  $\alpha$ -активного источника (контрольного и эталонного) к дозиметрическим приборам обычно применяется  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  ( $T = 24\,000$  лет, энергия  $\alpha$ -частиц 5,1 МэВ).

$\beta$ -активность – наиболее распространенный вид радиоактивности и встречается как среди легких ( ${}^3_1\text{H}$  – тритий), так и среди тяжелых элементов ( ${}^{242}_{95}\text{At}$  – америций).

При каждом  $\beta$ -распаде из ядра вылетает только одна  $\beta$ -частица.

Начальная скорость  $\beta$ -частиц определяется их энергией, но всегда меньше скорости света и достигает значения 290 000 км/с.

Проникающая способность  $\beta$ -частиц больше, чем у  $\alpha$ -частиц, так как они обладают большей скоростью, а, следовательно, ионизирующая способность меньше, чем у  $\alpha$ -частиц.

В воздухе длина пробега  $\beta$ -частиц (энергией  $\sim 3$  МэВ) достигает 14 м. Ткань одежды и внешние покровы тела человека поглощают до 50 %  $\beta$ -частиц.

Полное поглощение  $\beta$ -частиц (энергией  $\sim 1$  МэВ) происходит:

- в слое воздуха – 3 м;
- в слое воды – 4,8 мм;
- алюминиевым экраном толщиной 1,52 мм.

В качестве  $\beta$ -активного источника (контрольного и эталонного) к дозиметрическим приборам обычно применяется  $^{90}_{38}\text{Sr}$  ( $T = 27,7$  года; максимальная энергия  $\beta$ -частиц  $\sim 0,6$  МэВ):

$\gamma$ -излучение – это поток  $\gamma$ -квантов, движущихся со скоростью света.

$\gamma$ -излучения по физической природе родственны радиоволнам, инфракрасным лучам, видимому свету, ультрафиолетовым и рентгеновским лучам.

$\gamma$ -излучение обладает наибольшей из всех излучений проникающей способностью, что особенно опасно при внешнем облучении. Удельная ионизация  $\gamma$ -излучения составляет несколько пар ионов на 1 см пробега в воздухе.

Сущность ионизации, производимой  $\gamma$ -квантами при прохождении через среду, состоит в том, что ионизация атомов вещества среды производится, в основном, не самими  $\gamma$ -квантами, а  $e^-$ , которые выбиваются из атомов вещества среды в результате взаимодействия  $\gamma$ -квантов с этими атомами.

Для проверки работоспособности и градуировки дозиметрических приборов обычно применяются  $\gamma$ -активные источники (эталонные и контрольные) из  $^{60}_{27}\text{Co}$  ( $T = 5,27$  лет; энергия  $\beta$ -частицы 0,3 МэВ;  $\gamma$ -квантов 1,33 и 1,17 МэВ):

**Нейтронное излучение.** Образуется при делении тяжелых ядер или при некоторых типах взаимодействия различных видов излучения с веществом и представляет собой поток  $n$ , которые вылетают из ядер атомов со скоростью 20...40 тыс. км/с и взаимодействуют только с ядрами атомов. Ионизирующая способность нейтронного излучения в воздухе составляет несколько тысяч пар ионов на 1 см пробега. Проникающая способность в воздухе – несколько км.

Способность ИИ взаимодействовать с атомами окружающей среды, вызывая изменения ее физико-химических свойств, используется в приборах радиационной разведки и дозиметрического контроля. Для обнаружения и измерения ИИ используют, в основном, *ионизационный, химический, сцинтилляционный методы*, на которых основаны принципы работы приборов.

**Ионизационный метод.** Сущность ионизационного метода заключается в том, что под воздействием ИИ в среде (газовом объеме) происходит ионизация атомов, в результате чего электропроводность этой среды увеличивается.

Величина ионизационного тока может быть измерена детектором излучений, в качестве которого используются ионизационные камеры и газоразрядные счетчики различных типов. По значению величины ионизационного тока судят о величине мощности дозы ИИ.

Этот метод положен в основу работы приборов ДП-5В(А,Б), ИМД-5, ДП-3Б, ДП-22В, ИД-1, ИМД-21 (ИМД-22).

**Химический метод.** Сущность этого метода заключается в том, что молекулы некоторых веществ при воздействии ИИ распадаются, образуя новые химические соединения, количество которых можно определить различными способами. Наиболее удобным оказался способ, основанный на изменении окраски реактива, с которым вновь образованное химическое соединение вступает в реакцию.

**Сцинтилляционный метод.** Этот метод основан на явлении свечения некоторых веществ при облучении их ядерными излучениями. Возникновение свечения среды является следствием возбуждения атомов под действием излучений: при возвращении в основное состояние атомы испускают фотоны видимого света различной яркости в виде вспышек (сцинтилляций), которые улавливаются специальным прибором – фотоэлектронным умножителем (ФЭУ), способным регистрировать каждую вспышку. Этот метод положен в основу работы прибора СРП-68-01 (СРП-88Н, СРП-97). Другая разновидность сцинтилляционного метода, основанного на способности некоторых веществ накапливать энергию излучений и выделять ее в виде светового импульса лишь после дополнительного облучения инфракрасными лучами, положена в основу работы прибора ИД-11.

**Основные понятия дозиметрии. Единицы измерения ионизирующих излучений.** Ионизирующие излучения возникают при ЯВ или авариях на РОО, взаимодействуют с окружающей средой, изменяют ее физико-химические свойства. Ионизация среды тем сильнее, чем больше мощность дозы радиоактивного излучения и длительность его воздействия.

В живых организмах ИИ вызывают ионизацию биологической ткани, сообщая атомам при воздействии на них свою энергию. Ионизация биологической ткани приводит к разрыву молекулярных связей и к изменению химической структуры ее соединений. Изменения в химическом составе многих молекул приводит к гибели клеток. Излучения расщепляют находящуюся в тканях воду на  $\text{H}^+$  (атомарный водород) и  $\text{OH}^-$  (гидроксильную группу). В результате реакции появляется  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  (перекись водорода) и ряд других перекисных продуктов. Все они обладают высокой химической активностью и в организме начинают протекать реакция окисления, восстановления и соединения одних молекул с другими. Это приводит к образованию химических соединений, не свойственных живой ткани организма, вызывает нарушение нормального течения биологических процессов в организме.

Опасность ИИ характеризуется экспозиционной дозой излучения, измеряемой в кулонах на килограмм (Кл/кг). На практике в качестве единицы экспозиционной дозы часто применяют внесистемную единицу рентген ( $R$ ) – количество  $\gamma$ -

излучения, при поглощении которого в  $1 \text{ см}^3$  сухого воздуха при температуре  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $760 \text{ мм рт. ст.}$  образуется  $2,083 \cdot 10^9$  пар ионов с зарядом, равным заряду электрона ( $1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$ ). Мощность экспозиционной дозы выражается в амперах на килограмм ( $1 \text{ А/кг} = 3876 \text{ Р/с}$ ).

Степень тяжести радиационного поражения главным образом зависит от *поглощенной дозы*, выражаемой в Грехах (Гр). На практике используется внесистемная единица поглощенной дозы – рад (в  $1 \text{ г}$  облучаемого вещества поглощается энергия, равная  $100 \text{ эргам}$ ). Внесистемная единица мощности поглощенной дозы – рад/ч или рад/с. Между  $D_{\text{эксп}}$  и  $D_{\text{погл}}$  имеется зависимость:

$$D_{\text{погл}} = D_{\text{эксп}} K,$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности (для мягких тканей организма человека  $K = 0,877$ ).

Если организм подвергся воздействию различных видов ИИ, введено понятие *эквивалентная доза*, измеряемая единицей бэр – биологический эквивалент рентгена (рада), который отличается от дозы  $\gamma$ -излучения на величину коэффициента качества (КК). Величина КК для разных излучений определяется по справочнику, некоторые из них: рентгеновские,  $\gamma$ -,  $\beta$  – излучения –1; тепловые нейтроны –3; быстрые нейтроны, протоны –10;  $\alpha$ -частицы, ядра отдачи –20 таким образом  $1 \text{ бэр} = 1 \text{ рад} \cdot \text{КК}$ .

В системе СИ единицей эквивалентной дозы служит зиверт (Зв).  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ .

Следует учитывать также, что одни части тела (органы, ткани) более чувствительны, чем другие: например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому дозы облучения органов и тканей также следует учитывать с разными (взвешивающими) коэффициентами.

Для сравнительной оценки биологического действия различных видов излучений введена *эквивалентная доза Н* – это поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида ИИ,  $W_R$ :

$$H_{T,R} = W_R D_{T,R},$$

где  $D_{T,R}$  – средняя поглощенная доза в органе или ткани;  $W_R$  – взвешивающий коэффициент для излучения:

В системе СИ  $H$  измеряется в Зивертах (Зв):  $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг}$ .

Внесистемной единицей измерения  $H$  является биологический эквивалент рентгена (бэр):  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ .

Живой организм имеет способность ликвидировать последствия облучения, поэтому введено понятие *эффективной дозы Е*, которая представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органе  $H_{\tau,T}$  на соответствующий взвешивающий коэффициент  $W_T$  для данного органа или ткани:

$$E = \sum_T W_T H_{\tau,T},$$

где  $H_{\tau,T}$  – эквивалентная доза в органе или ткани за время  $\tau$ ;  $W_T$  – взвешивающий коэффициент для ткани, например:

гонады – 0,2;

щитовидная железа – 0,05;

кожа – 0,01.

Значения  $W_T$  для расчета  $E$  приведены в [2].

$E$  – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности, т.е.  $E$  – это разница между суммарной дозой, накопленной организмом, и дозой им восстановленной, за определенный промежуток времени после облучения.

Единицы измерения радиоактивных излучений и соотношения между ними приведены в табл. 1.

**Классификация и назначение приборов радиационной разведки и дозиметрического контроля.** Человек постоянно подвержен воздействию ИИ. Источниками радиационной обстановки на Земле является: природная радиоактивность, включая космическое излучение; глобальный радиационный фон, обусловленный проводившимися испытаниями ядерного оружия; эксплуатация радиационно опасных объектов.

Однако не всякая доза облучения опасна для человека. Руководящими документами в вопросах нормирования ИИ являются Федеральный закон

## 1. Единицы измерения радиоактивных излучений

Поражающий фактор	Физическая величина	Единица измерения		Соотношения между единицами
		СИ	внесистемная	
γ-излучение без взаимодействия с телом человека	Экспозиционная доза	Кулон/кг Кл/кг	Рентген Р	1 Р = 2,58 · 10 <sup>4</sup> Кл/кг 1 Р = 10 <sup>3</sup> мР = 10 <sup>6</sup> мкР
	Мощность экспозиционной дозы	Кл/кг · с	Р/ч	1 Р/ч = 7,17 · 10 <sup>-4</sup> Кл/кг · с
α-, γ-излучение при взаимодействии их с телом человека	Поглощенная доза	Грэй Гр(Дж/кг)	рад	1 рад = 100 эрг/г 1 Гр = 100 рад
	Мощность поглощенной дозы	Гр/с	рад/ч	1 Гр/с = 3,6 · 10 <sup>5</sup> рад/ч
α-, γ-излучение при взаимодействии их с окружающей средой	Эквивалентная доза	Зиверт Зв/(Дж/кг)	бэр	1 Зв = 100 бэр 1 Зв = 100 Р 1 Зв = 10 <sup>3</sup> мЗв = 10 <sup>6</sup> мкЗв
Радиоактивные продукты ЯВ или выброса при радиационной аварии	Активность радионуклидов (РН)	Беккерель (Бк) (распад/с)	Кюри Ки	1 Ки = 3,7 · 10 <sup>10</sup> Бк
	Удельная активность	Бк/кг	Ки/кг	1 Ки/кг = 3,7 · 10 <sup>10</sup> Бк/кг
	Объемная активность	Бк/м <sup>3</sup>	Ки/л	1 Ки/л = 3,7 · 10 <sup>13</sup> Бк/м <sup>3</sup>
	Поверхностная активность (плотность загрязнения поверхности)	Бк/м <sup>2</sup>	Ки/см <sup>2</sup> распад/мин · см <sup>2</sup>	1 Ки/см <sup>2</sup> = 3,7 · 10 <sup>14</sup> Бк/м <sup>2</sup>

Примечания:

- 1 Р = 0,83рад (для воздуха); 1 Р = 0,95 рад (для биотканей);
- 1 бэр = 1 рад (для β-, γ-излучения); 1 бэр = 1/20 рад (для α-излучения);
- 1 Р – доза, при которой в воздухе объемом 1 см<sup>3</sup> при 0 °С и давлении 760 мм рт.ст. образуется 2,08·10<sup>9</sup> пар ионов.

Плотность воздуха – 1,2928 г/л.

4. Мощности экспозиционной дозы в 1 мР/ч соответствует плотность загрязнения поверхности порядка 3500 Ки/км<sup>2</sup> (в строго определенных условиях-неизменности РН состава и равномерности радиоактивного загрязнения объекта).

$$5. 1 \frac{\text{распад}}{\text{мин} \cdot \text{см}^2} \approx 0,016 \frac{\text{распад}}{\text{с} \cdot \text{см}^2} = 1,6 \cdot 10^2 \text{ Бк/м}^2 \approx 4,5 \cdot 10^{-13} \text{ Ки/см}^2 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Ки/км}^2.$$

от 09.01.96 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения», «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)». Определяющим здесь является предельно допустимая доза (ПДД)– годовой уровень облучения, не вызывающий при равномерном облучении в течение 50 лет неблагоприятных изменений в состоянии здоровья облучаемого и его потомства.

Категории облучаемых лиц: персонал группы А – это лица, непосредственно работающие с источником ионизирующих излучений; группы Б – лица, которые по условиям профессиональной деятельности могут подвергаться воздействию радиоактивного излучения и остальное население.

Основные пределы среднегодовых эффективных доз за любые последовательные 5 лет для персонала группы А – 20 мЗв (2 бэр), группы Б – 5 мЗв (0,5 бэр), населения – 1 мЗв (0,1 бэр), но не более в год 50 мЗв (5 бэр), 12,5 мЗв (1,25 бэр) и 5 мЗв (0,5 бэр) соответственно.

Уровень радиации (мощность дозы), при достижении которой годовая эффективная доза для населения превышает допустимое значение:

$$P_{\text{доп}} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{8800} \approx 57 \text{ мкР/ч} \approx 60 \text{ мкР/ч},$$

т.е.  $P_{\text{доп}} = 60 \text{ мкР/ч}$ .

НРБ-99 определены пределы мощности дозы радиационного (естественного) фона. Для нашего региона они равны:

Естественный – 5...20 мкбэр/ч;

Допустимый – 20...60 мкбэр/ч;

Повышенный – 60...120 мкбэр/ч.

Получение информации о радиационной обстановке в местах пребывания людей обеспечивается организацией радиационного контроля, который включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль:

– дозиметрический контроль – комплекс организационных и технических мероприятий по определению доз облучения людей, проводимых с целью количественной оценки эффекта воздействия на них ионизирующих облучений;

– радиометрический контроль – комплекс организационных и технических мероприятий по определению интенсивности ионизирующего излучения РВ, содержащихся в окружающей среде, и (или) степени радиоактивного загрязнения людей, сельскохозяйственных животных и растений, воды, грунта и различных поверхностей.

Приборы радиометрического и дозиметрического контроля подразделяются на:

– приборы радиационной разведки (рентгенометры);

- приборы контроля радиоактивного загрязнения (радиометры);
- приборы контроля облучения (дозиметры);
- бытовые дозиметрические приборы.

**Приборы радиационной разведки (рентгенометры).** Предназначены для определения уровней радиации (мощностей доз излучения) на местности.

К ним относятся:

ДП-3Б – бортовой измеритель мощности дозы (диапазон измерений мощности экспозиционной дозы 0,1 – 500 Р/ч);

ДП-5В – измеритель мощности дозы (диапазон измерений мощности экспозиционной дозы 0,05 мР/ч – 200 Р/ч; позволяет обнаруживать  $\beta$ -загрязненность);

ИМД-5 – измеритель мощности дозы (диапазон измерений мощности дозы 0,05 мрад/ч – 200 рад/ч; определение  $\beta$ -загрязненности в диапазоне  $50 \dots 50\,000 \frac{\text{частиц}}{\text{мин} \cdot \text{см}^2}$ );

ИМД-1 (А, С, Р) – измеритель мощности дозы (диапазон измерений мощности экспозиционной дозы 0,01 мР/ч – 999 Р/ч; позволяет обнаруживать  $\beta$ -загрязненность);

ДРГ-01Т1 – профессиональный широкодиапазонный носимый измеритель мощности экспозиционной дозы. Диапазон измерений:

0,01 мР/ч – 9,999 Р/ч в режиме «Измерение»;

0,1 мР/ч – 99,99 Р/ч в режиме «Поиск»;

ДРГБ-01 («ЭКО-1М») – профессиональный портативный дозиметр-радиометр. Диапазон измерений:

мощности дозы 0,1...1000 мкЗв/ч (10 мкР/ч – 0,1 Р/ч);

дозы 0,1 – 100 000 мкЗв (10 мкР – 10 Р);

поверхностной активности  $\beta$ -частиц  $0,1 \dots 200 \frac{1}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$ ;

МКГ-01 – профессиональный портативный дозиметр-радиометр.

Диапазон измерений:

мощности дозы 0,1...10 000 мкЗв/ч (10 мкР/ч – 1 Р/ч);

дозы 0,1...1 000 000 мкЗв (10 мкР – 100 Р);

поверхностной активности  $\beta$ -частиц  $0,1 - 200 \frac{1}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$ ;

ИМД-31 – авиационный измеритель мощности экспозиционной дозы – для ведения радиационной разведки с вертолетов и самолетов на высотах 50...500 м (диапазон измерений мощности экспозиционной дозы 3...3000 Р/ч);

ИМД-21(ИМД-22) – измеритель мощности экспозиционной дозы (диапазон измерений 1 Р/ч – 9999 Р/ч). Используется в бортовом (Б) и стационарном (С) вариантах.

**Приборы контроля радиоактивного загрязнения (радиометры).** Предназначены для обнаружения и определения степени радиоактивного заражения по  $\gamma$ -излучению, а также удельной  $\alpha$ -,  $\beta$ -активности и поверхностной  $\beta$ -активности различных объектов. С помощью этих приборов определяется необходимость проведения дезактивационных работ, санитарной обработки людей, ветеринарной обработки животных, а также полнота их проведения.

Степень радиоактивного загрязнения по  $\gamma$ -излучению оценивается путем сравнения измеренной мощности экспозиционной дозы излучения от обследуемых объектов с допустимой величиной. Следовательно, некоторые приборы радиационной разведки (рентгенометры) могут использоваться и как радиометры (измерители радиоактивности): ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1Р, ДРГ-01Т1.

Для определения удельной активности РВ по  $\alpha$ -,  $\beta$ - излучению отбираются пробы (продовольствия, воды, фуража и т.д.), которые доставляются в соответствующие учреждения СНЛК для проведения радиометрического анализа.

К радиометрам относятся:

– СРП-68-01 (СРП-88Н, СРП-97) – сцинтилляционный радиометр полевой. Диапазон измерений: потока  $\gamma$ -излучения 0...10 000 1/с; мощности экспозиционной дозы 0...3000 мкР/ч;

– КРБГ-1 – переносной  $\beta$ -,  $\gamma$ -радиометр. Диапазон измерений: поверхностной  $\beta$ -активности 5 – 5 · 10 распад/мин · см<sup>2</sup>; мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения 25 мкР/ч – 300 Р/ч;

– КРА-1 – переносной  $\alpha$ -радиометр (диапазон измерений поверхностной активности по  $\alpha$ -излучению 1...10 распад/мин · см<sup>2</sup>);

– КРБ-1 – переносной  $\beta$ -радиометр (диапазон измерений поверхностной активности по  $\beta$ -излучению 1...10 распад/мин · см<sup>2</sup>);

– КНД-2 – переносной измеритель мощности эквивалентной дозы нейтронного излучения (диапазон измерений 0,05...5 · 10 мкбэр/ч).

**Приборы контроля облучения (дозиметры).** Предназначены для определения величин поглощенных доз  $\gamma$ -, ( $\gamma + n$ )-излучения и измерения экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения.

К ним относятся:

– ДП-22В (ДП-24) – комплект индивидуальных дозиметров (диапазон измерений экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения 2...50 Р);

– ИД-1 – общевойсковой комплект измерителя дозы (диапазон измерений поглощенной дозы  $\gamma$ - и ( $\gamma + n$ )-излучения 20...500 рад);



- ИД-11 – комплект индивидуальных измерителей дозы (диапазон измерений поглощенной дозы  $\gamma$ - и  $(\gamma + \beta)$ -излучения 10...1500 рад);
- КДТ-02М (КДТ-02М-01, КДТ-02М-02) – комплект дозиметров термолуминесцентных (диапазон измерений экспозиционной дозы 0,1 (0,005) – 1000 Р);
- ДП-70М (ДП-70МП) – дозиметр химический (диапазон измерения дозы  $\gamma$ - и  $(\gamma + \beta)$ -излучения 50...800 Р (рад)).

**Бытовые дозиметрические приборы.** Для решения проблемы информированности населения о радиационной обстановке была разработана «Концепция создания и функционирования системы радиационного контроля, осуществляемого населением», в соответствии с которой люди должны иметь возможность самостоятельно оценивать радиационную обстановку в местах проживания или нахождения.

Для этого промышленность выпускает простые в обращении, портативные и сравнительно дешевые приборы-индикаторы для населения, которые и получили название бытовых дозиметрических приборов (бытовых дозиметров).

Бытовые дозиметры предназначены для контроля радиационной обстановки населением, а также для оценки радиоактивной загрязненности продуктов питания, кормов и других объектов.

Уровень радиации (мощность дозы), замеренный бытовым дозиметром, сравнивается с величиной естественного радиационного фона (для территории нашей области нормальный естественный радиационный фон не превышает величину 20 мкР/ч).

Ассортимент бытовых дозиметров достаточно широк и постоянно пополняется.

Рассмотрим назначение и характеристики некоторых бытовых дозиметров.

ДРГ-01Т («Белла»). Индикатор внешнего  $\gamma$ -излучения. Предназначен для оперативной оценки радиационной обстановки в бытовых условиях по измерению уровня радиации (мощности дозы)  $\gamma$ -излучения. Грубая оценка – по звуковому сигналу, точная – по цифровому табло. Питание – от батареи типа «Крона» (9 В), которая обеспечивает 200 часов непрерывной работы прибора. Масса-250 г.

АНРИ-01 «Сосна». Дозиметр-радиометр. Предназначен для измерения мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения, а также для оценки плотности потока  $\beta$ -излучения от загрязненных поверхностей и оценки загрязненности  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучающими радионуклидами проб воды, почвы, продуктов питания.

Технические характеристики:

диапазон измерений:	мощности	
экспозиционной дозы	$\gamma$ -излучения	0,1 – 99,99 мкЗв / ч (0,01 – 9,999 мР/ч)
.....		
плотности потока $\beta$ -излучения с загрязненных поверхностей		10 – 5000 частиц / (мин·см <sup>2</sup> ) (1,66 · 10 <sup>-3</sup> – 8,33 · 10 <sup>5</sup> )
.....		
объемной активности растворов (по радионуклиду	<sup>137</sup> Cs)	3,4 · 10 <sup>-3</sup> – 7,4 · 10 <sup>-4</sup> Бк/л (10 <sup>-7</sup> – 10 <sup>-6</sup> Ки/л)
.....		

#### Назначение, технические характеристики и работа с приборами ДП-5В, ИМД-5, ИД-1

Рентгенметр – радиометр ДП-5В. Предназначен для измерения уровней радиации (мощности дозы) и радиоактивной загрязненности различных объектов по  $\gamma$ -излучению. Кроме того, прибор позволяет обнаруживать зараженность по  $\beta$ -излучению.

Технические данные. Диапазон измерений по  $\gamma$ -излучению от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч в диапазоне энергий от 0,084 до 1.25 МэВ. Диапазон измерений разделен на шесть поддиапазонов (табл. 1).

### 1. Диапазон измерений ДП-5В

Поддиапазон	Положение переключателя режима работы	Пределы показаний шкалы	Пределы измерения
1	200	0...200	5...200 Р/ч
2	×1000	0...5	0,5...5 Р/ч
3	×100	0...5	50...500 мР/ч
4	×10	0...5	5...50 мР/ч
5	×1	0...5	0,5...5 мР/ч
6	×0,1	0...5	0,05...0,5 мР/ч

Основная относительная погрешность не превышает ±30 % от измеряемой величины.

Интервал рабочих температур ±50 °С.

Погружение блока детектирования в воду до 0,5 м.

Питание прибора: три элемента А366, один из которых используется только для подсвета шкалы. Комплект питания обеспечивает непрерывную работу прибора до 70 часов без учета подсвета шкалы; от внешнего источника постоянного тока (12 В или 24 В) через делитель напряжения (с кабелем 10 м).

**Отключение источника питания производится каждый раз по окончании работы с прибором**

Подготовка к работе и проверка работоспособности

1. Извлечь прибор из укладочного ящика, произвести внешний осмотр, пристегнуть к футляру поясной и плечевой раздвижные ремни.

2. Вынуть блок детектирования и присоединить к нему штангу (используется как ручка).

3. Подключить источники питания.

4. Отстегнуть нижний отсек футляра.

5. Снять крышку отсека питания.

6. Установить элементы.

7. Пристегнуть нижний отсек футляра.

Установить режим питания прибора: переключатель поддиапазонов поставить в положение «▲». Стрелка прибора должна установиться в пределах черного сектора по верхней шкале мкА, если не устанавливается – заменить источники питания.

При работе на местности необходимо периодически проверять режим питания прибора: в первые 30 мин работы – через 10 мин; в последующем – через 30 мин.

Проверку работоспособности проводят на всех поддиапазонах, кроме первого, установив экран блока детектирования в положение «К».

Далее подключают головные телефоны, ручку переключателей поддиапазонов последовательно переводят во все положения от «×1000» до «0,1». Если прибор работоспособен, в телефоне будут слышны щелчки различной частоты.

При этом, в положениях переключателя «×1» и «×0,1» – стрелка прибора должна зашкаливать, а на «×10» отклоняться вправо. В этом положении показания прибора сверяются с данными формуляра. Если данные не совпадают, то нужно определить (по записи в формуляре) срок последней поверки прибора. Он не должен превышать 1 года для приборов, находящихся в эксплуатации. В противном случае прибор отправить на поверку.

Поставить экран в положение «Г», нажать кнопку «сброс» (при этом стрелка прибора устанавливается на нулевую отметку шкалы), ручку переключателя поддиапазонов установить в положение «▲».

Прибор к работе готов.

*Измерение мощности дозы (уровня радиации) на местности*

Мощности дозы (уровни радиации) на местности измеряются на высоте 80...100 см от поверхности в месте нахождения блока детектирования, так как на этой высоте расположены жизненно важные органы человека.

Все измерения уровней радиации проводятся только в положении «Г» поворотного экрана блока детектирования. При этом блок детектирования, надетый на удлинительную штангу, помещается в сторону вытянутой руки на высоту 80...100 см.

Измерения начинают с I поддиапазона («200») в положении, при котором удобно сделать отсчет. Участки шкалы от 0 до первой цифры – нерабочие.

Для удобства ведения разведки блок детектирования помещают в чехол прибора, но тогда показания прибора надо умножить на коэффициент экранизации тела, равный 1,2.

**Пример 1:** Стрелка прибора установилась на деление «80» по нижней шкале («200»). Уровень радиации равен  $80 \times 1,2 = 96$  Р/ч.

Время установления показаний на разных поддиапазонах неодинаково, что оказывает влияние на точность измерений. Чем ниже уровни радиации, тем больше время измерения.

Если измерение уровней радиации проводится с закрытого объекта, то показания прибора надо умножить на коэффициент ослабления излучения этим объектом.

**Пример 2:** Измерения проводят из кабины автомобиля ( $K_{\text{осл}} = 2$ ). Прибор на поддиапазоне «×100» показывает цифру 4,5. Уровень радиации на местности равен:

$$4,5 \times 100 \times 2 = 900 \text{ мР/ч или } 0,9 \text{ Р/ч.}$$

### **Измерения степени загрязнения поверхности объекта**

Степень загрязнения поверхности объекта определяется по величине мощности дозы, измеряемой прибором ДП-5В.

Блок детектирования прибора (экран в положении «Г») ДП-5В подносят к исследуемой поверхности на 1 – 1,5 см. Это расстояние определяется величиной упоров на блоке детектирования.

Допустим, что нам надо определить степень загрязнения поверхности автомобиля. Выбираем сначала площадку, удовлетворяющую следующим требованиям:

она должна находиться от автомобиля не ближе 15 – 20 м;

фон  $\gamma$ -излучений на площадке не должен превышать допустимую величину загрязнения более, чем в 3 раза.

Нормы зараженности объектов для мирного времени устанавливаются, исходя, из конкретных условий, и могут быть различными. Для военного времени регламентированы соответствующими документами.

Итак,  $\gamma$ -фон измеряют на площадке в 15 – 20 м от автомобиля. Затем блок детектирования подносят к автомобилю, поставленному на площадке, стороной, на которой расположены упоры и, перемещая над поверхностью, определяют место максимального заражения по наибольшему показанию мкА или наибольшей частоте щелчков в головных телефонах.

Далее блок детектирования устанавливают упорами к наиболее зараженной поверхности, и, после остановки стрелки, снимают показания прибора. Полученные данные сравнивают с величиной  $\gamma$ -фона, которая делится на коэффициент, учитывающий экранирующее действие автомобиля.

Математически зараженность любого объекта можно рассчитать по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{изм}} - \frac{P_{\text{ф}}}{K}, \text{ мР/ч}$$

где  $P_{\text{изм}}$  – показания ДП-5В у поверхности объекта, мР/ч;  $P_{\text{ф}}$  –  $\gamma$ -фон, измеренный на площадке, мР/ч;  $K$  – коэффициент, учитывающий экранизацию  $\gamma$ -фона объектом (для людей  $K = 1,2$ , для автотранспорта  $K = 1,5$ ).

Если величина  $\gamma$ -фона  $P_{\phi}$  будет больше величины загрязнения поверхности  $P_{изм}$ , то значит объект измерения чист.

Если объекты нельзя вынести (вывести) из зараженного района и невозможно измерить степень их загрязнения из-за большого  $\gamma$ -фона, то берут пробы и сдают их на радиометрический анализ.

Принимая решение на дезактивацию различных объектов, надо знать, какая поверхность объекта заражена, внутренняя или наружная. Это нужно знать, прежде чем проводить погрузку имущества в кузов автомобиля или вскрытие какой-то тары или контейнеров. Для определения зараженной стороны делают два измерения: одно с закрытым окном блока детектирования (экран в положении «Г»), а второе – с открытым окном (экран в положении «Б»). Резкое увеличение показаний прибора при измерении с открытым окном показывает, что поверхность заражена РВ.

В случае взрыва нейтронного боеприпаса образуется район наведенной радиации. С помощью ДП-5В можно определить наличие наведенной радиации на объекте.

Как известно, под действием нейтронного потока происходит активизация элементов на определенной глубине от поверхности. Поэтому, если замерять зараженность объекта снаружи и внутри, а показания в обоих случаях будут одинаковы, то значит, на объекте есть наведенная активность.

Прибор ДП-5В позволяет определять также зараженность продовольствия, воды, фуража путем измерения уровней радиации на высоте 1 м над их поверхностями или путем погружения блока детектирования в воду, надев на него полиэтиленовый чехол. В этих случаях зараженность воды рассчитывается по формулам:  $P_1 = 1,38P$ , мкКи/л – при измерении на высоте 1 м;  $P_2 = 0,65P$  мкКи/л – при измерении путем погружения, где  $P$  – показания прибора в Р/ч.

В том случае, если пробы продуктов, воды отбираются в тару известной емкости (ведро, котелок) или взвешиваются, то их зараженность определяется путем измерения мощности дозы на расстоянии 1 – 1,5 см от поверхности пробы.

**Рентгенометр ИМД-5.** Предназначен для измерения мощности поглощенной дозы  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучения.

Технические данные:

Диапазон измерений мощности поглощенной дозы  $\gamma$ -излучения от 0,05 мрад/ч до 200 рад/ч,  $\beta$ -загрязненности от 50 до 50 000 частиц /мин·см<sup>2</sup>. Диапазон измерений по  $\gamma$ -излучению разбит на 6 поддиапазонов, по  $\beta$ -излучению на 3 поддиапазона (табл. 2).

Отсчет показаний производится по шкале мкА с последующим умножением на коэффициент поддиапазона.

Относительная погрешность измерений не превышает  $\pm 30\%$ .

Требуемые характеристики обеспечиваются через 1 мин самопрогрева.

### 1. Диапазон измерений ИМД-5

Поддиапазон		Положение ручки переключателя поддиапазонов		Шкала	Единица измерений		Пределы измерений	
$\gamma$ -	$\beta$ -	$\gamma$ -	$\beta$ -		$\gamma$ -	$\beta$ -	$\gamma$ -	$\beta$ -
I		200		0...200	рад/ч		5...200	
II		$\times 1000$		0...5	мрад/ч		500... 5000	
III		$\times 100$		0...5	мрад/ч		50...500	
IV	I	$\times 10$	$\times 10^4$	0...5	мрад/ч	$\frac{\text{част}}{\text{мин} \cdot \text{см}^2}$	5...50	5000... 50 000
V	II	$\times 1$	$\times 10^3$	0...5	мрад/ч	$\frac{\text{част}}{\text{мин} \cdot \text{см}^2}$	0,5...5	500... 5000
VI	III	$\times 0,1$	$\times 10^2$	0,5	мрад/ч	$\frac{\text{част}}{\text{мин} \cdot \text{см}^2}$	0,05... 0,5	50... 500

Интервал рабочих температур  $\pm 50$  °С.

Время измерений:

на I, II поддиапазонах  $\leq 30$  с;

на III-VI поддиапазонах  $\leq 45$  с.

Питание прибора:

от 2-х элементов А-343, которые обеспечивают непрерывную работу в течение 100 ч;

от источника постоянного тока (12 В или 27 В).

Масса прибора 3,5 кг, с укладочным ящиком – 9 кг.

### Подготовка к работе и проверка работоспособности

1. Извлечь прибор из укладочного ящика и подсоединить блок детектирования.
2. Произвести внешний осмотр прибора и пристегнуть к футляру поясной и плечевой раздвижные ремни.
3. Установить переключатель поддиапазонов в положение «0» (выкл.).
4. Подключить источники питания.
5. Поставить ручку переключателя поддиапазонов в полож. «▲» (контроль режима). Стрелка прибора должна установиться в режимном секторе. Если стрелка не отклоняется или не устанавливается в режимном секторе – проверить источники питания.
6. Проверить освещение шкалы (при необходимости).
7. Экран зонда установить в положение «К», подключить телефон.

8. Работоспособность прибора проверяется с помощью контрольного источника Б-8, размещенного в блоке детектирования, на всех поддиапазонах, кроме I (по  $\gamma$ -излучению).

9. Устанавливая ручку переключателя поддиапазонов последовательно в положения  $\times 1000$ ,  $\times 100$ ,  $\times 10$ ,  $\times 1$ ,  $\times 0,1$ , проверяется работоспособность прибора по показаниям мкА и щелчкам в телефоне.

10. При этом на II, III поддиапазонах стрелка может отклоняться, на IV – отклоняется, а на V и VI – должна зашкаливать. Сравнить показания прибора на IV поддиапазоне с записью в формуляре на прибор в разделе 13. Нажать кнопку сброса («х»).

11. Повернуть поворотный экран блока детектирования в положение « $\gamma$ ». Поставить ручку переключателя в положение « $\blacktriangle$ ». Прибор к работе готов.

### ПОРЯДОК РАБОТЫ

В положении « $\gamma$ » экрана блока детектирования прибор измеряет мощность дозы  $\gamma$ -излучения. Допустимые нормы зараженности приведены на шильдике внутри крышки футляра.

При установке экрана блока детектирования в положение « $\beta$ » прибор является индикатором для обнаружения  $\beta$ -излучения, при этом измеряется мощность дозы суммарного ( $\beta + \gamma$ ) – излучения.

Увеличение показаний прибора в положении « $\beta$ » экрана блока детектирования по сравнению с показаниями в положении « $\gamma$ » говорит о наличии и примерной величине плотности потока  $\beta$ -излучения.

В остальном порядок работы такой же, как и с прибором ДП-5В.

Измерения производятся прибором АНРИ-01 «Сосна». Определение характеристик ионизирующего излучения производится осреднением 10 результатов измерения в точке замера. При оценке характеристики следует помнить, что последствия облучения определяются не мощностью дозы, а полученной дозой, т.е. мощностью дозы, умноженной на время, в течение которого облучался человек.

Подготовка прибора к работе:

- установить выключатель питания в положение отключено;
- установить элемент питания «Корунд» в отсек питания прибора;
- включить прибор, для чего выключатель питания перевести в положение «вкл». На цифровом табло должно индицироваться 0,000 (если переключатель режима работы находится в положении «МД») или 0000 (если переключатель находится в положении «Т»). Включение прибора должно сопровождаться коротким звуковым сигналом;
- проверить работоспособность прибора, для чего перевести переключатель режима работы в положение «МД»), нажать кнопку «контр.» и удерживать ее в нажатом состоянии до конца проведения контрольной проверки, а затем кратковременно нажать кнопку «пуск». На цифровом табло должны появиться три точки между цифровыми знаками и начаться отсчет чисел. Через  $20 \pm 5$  с отсчет чисел должен сопровождаться коротким звуковым сигналом, а на табло должно индицироваться число **1,024**. После окончания отсчета отпустить кнопку «контр.».

**Определение годовой эквивалентной дозы естественного фонового облучения в лаборатории (на местности):**

- подготовить прибор к работе согласно подразделу 4.1;
- проверить закрыта ли задняя крышка прибора, при необходимости плотно закрыть ее;
- перевести переключатель режима работы в положение МД;
- включить прибор и нажать кратковременно кнопку «пуск». При этом на цифровом табло должны появиться точки после каждого разряда 0.0.0.0. и начаться отсчет импульсов;
- через  $20 \pm 5$  с измерение закончится, что будет сопровождаться звуковым сигналом, а на цифровом табло зафиксируется число с одной запятой, например 0,011. Это показание прибора будет соответствовать мощности дозы, измеренной в мР/ч. Измерение произвести в нескольких точках лаборатории (на местности). Для выполнения повторного замера достаточно, не выключая прибор, кратковременно нажать кнопку «пуск». После проведения измерений выключить прибор. Результаты измерений занести в табл.4.1;
- определить годовую эквивалентную дозу облучения по формуле:

$$H = \dot{H} T,$$

где  $\dot{H}$  – средняя мощность эквивалентной дозы в помещении (на местности), мкЗв/ч;  $T$  – время воздействия  $\gamma$ -излучения в течение года, ч.

- сравнить полученные результаты с уровнями естественного фонового облучения и дать оценку.

Таблица 4.1

Источник	Время облучения, год	№ замеров	МЭД источника $\dot{H}$ , мкЗв/ч	Доза H, мкЗв
Воздушная среда помещения	1	1		
		2		
		3		
		·		
		·		
		10		
...				

**Определение объемной (удельной) радиоактивности веществ по  $\beta$ -излучению.** Для проведения работ подготавливаются образцы исследуемых веществ, загрязненность которых предстоит определить. В качестве образцов можно использовать карьерный песок, глину, калийную соль, сигаретный пепел и пр.

Определение загрязненности для точности результатов желательно проводить в местах с малыми уровнями фоновых значений  $\gamma$ -излучения ( $<20$  мкР/ч).

Последовательность проведения измерений:

- подготовить прибор к работе;
- взять чисто вымытую, сухую кювету из комплекта прибора и заполнить ее до отметки «уровень» чистой питьевой водой;
- открыть заднюю крышку прибора и установить его на кювету. Переключатель режима работы установить в положение «Т». Включить прибор;
- подготовить секундомер для фиксации времени измерения;
- зафиксировать время начала замера и нажать кнопку «пуск». Через 10 мин ( $t_1$ ) нажать кнопку «стоп». Показание ( $A_i$ , импульс) записать в табл. 4.2. Если показание прибора будет более 1500 импульсов, необходимо провести раствором моющего средства дезактивацию кюветы и повторить измерение;
- заполнить кювету  $i$ -ым исследуемым образцом до метки «уровень». Твердые вещества необходимо измельчить и укладывать в кювету плотным ровным слоем;
- установить прибор на кювету и провести измерение. Показание записать в табл. 4.2;

Таблица 4.2

Образец	№ замера	Плотность потока $\beta$ -излучения, $A_i$ , импульсы	Загрязненность образца, $A_{i+n}$ , Ки/л
Вода	1		
Песок	2		
	3		

**Примечания:** 1. Если в результате замеров получится, что  $A_{i+n} - A_i < 250$  импульсов, то необходимо повторить измерение исследуемого вещества, увеличив время замера до  $t_2 = 30$  мин и повторить вычисления.

2. Если в результате замеров получится величина меньшая чем  $1,85 \cdot 10^3$  Бк/л, то оценить объемную активность невозможно, можно лишь считать, что  $A < 1,85 \cdot 10^3$  Бк/л.

- рассчитать величину объемной активности радионуклидов по формуле:

$$A_{i+n} = K_n \cdot \left( \frac{A_{i+n}}{t_2} - \frac{A_i}{t_1} \right), \text{ Бк/л,}$$

где  $A_i$  – показания прибора при замере с кюветой с водой, импульс;  $A_{i+n}$  – показания прибора при замере  $i + n$  образца, импульс;  $t_1$  – время замера с кюветой заполненной водой, мин ( $t_1 = 10$  мин);  $t_2$  – время замера с кюветой заполненной исследуемым образцом, мин ( $t_2 = 10$  мин или 30 мин);  $K_n$  – коэффициент прибора ( $K_n$  принимать равным  $1,5 \cdot 10^{-2}$  Бк-мин/л-импульс).

**Определение загрязненности поверхностей по  $\beta$ -излучению.** В качестве загрязненной поверхности можно использовать лабораторный стол. Последовательность выполнения работы:

- подготовить прибор к работе;
- проверить закрыта ли задняя крышка прибора, при необходимости закрыть ее;
- перевести переключатель режима работы в положение «МД» и включить прибор;
- поднести прибор плоскостью задней крышки к исследуемой поверхности на расстояние 0,5...1 см и кратковременно нажать кнопку «пуск». Выполнить измерение и записать его в табл. 4.3;
- открыть заднюю крышку прибора;
- выполнить измерение с открытой задней крышкой. Записать показание;
- закрыть заднюю крышку, выключить прибор;
- величину плотности потока  $\beta$ -излучения с поверхности вычислить по формуле

$$\phi = K_s(N_{\gamma+\beta} - N_\gamma),$$

где  $\phi$  – плотность потока  $\beta$ -излучения, частиц/(мин · см<sup>2</sup>);  $N_\gamma$  – показание прибора с закрытой задней крышкой без учета запятой на табло импульсов;  $N_{\gamma+\beta}$  – показание прибора с открытой задней крышкой без учета запятой на табло импульсов;  $K_s$  – коэффициент счета прибора, принимается равным 0,5 част./мин · см<sup>2</sup>.

- дать оценку полученных результатов, сравнив их с данными, приведенными в разделе 3.

Таблица 4.3

№ замера	Показания $N_\gamma$	Показания $N_{\gamma+\beta}$
1	.	.
2.	.	.

**Содержание отчета.** Наименование и цель лабораторной работы.

1. Принцип действия, порядок подготовки к работе и проведения измерения дозиметрическими приборами.
2. Заключение о проверке работоспособности используемого прибора.
3. Сравнительные характеристики приборов ДП-5В и ИМД-5, ИД-1 и АНРИ-01 «Сосна» и область их применения.
4. Результаты проведенных измерений и расчетов и выводы по ним.

## ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

*Цель работы:* ознакомиться со свойствами наиболее распространенных опасных химических веществ, методами и средствами их определения в различных средах, изучить устройство и принцип действия имеющихся газоанализаторов и порядок пользования ими, произвести измерение концентраций с использованием имитаторов опасных химических веществ и оценку их опасности.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Одной из особенностей развития мировой цивилизации во второй половине XX столетия является широкая химизация промышленной индустрии. Изделия химического производства нашли самое широкое распространение, что привело к возрастанию техногенных опасностей, которые привели к крупным химическим авариям, сопровождавшимся выбросами опасных химических веществ (ОХВ), значительным материальным ущербом и большими человеческими жертвами. Социальный ущерб, который нанесли некоторые аварии, сопоставим с ущербом от применения ядерного оружия. Например, в результате атомной бомбардировки г. Нагасаки в 1945г. было убито и ранено около 140 тыс. человек, а от аварии в Бхопале 3 декабря 1984 г. (произошла утечка 43 т смертельного газа метилизоцианата) пострадало 220 тыс. человек, 3150 человек погибло.

Крупными запасами ОХВ располагают предприятия химической, целлюлозно-бумажной, оборонной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, черной и цветной металлургии, промышленности минеральных удобрений, мясомолочной и пищевой, а также объекты коммунально-бытового обеспечения населения. Самыми распространенными из них, используемыми на химически опасных объектах, являются аммиак и хлор. Кроме того, тысячи тонн ОХВ транспортируются круглосуточно железнодорожным и трубопроводным транспортом. Все чаще эти вещества перевозятся автомобильным транспортом. А это значит, что во всех густонаселенных районах страны существует потенциальная опасность возникновения очагов химического поражения.

На территории Тамбовской области располагается 29 химически опасных объектов. Общее количество используемых и хранимых опасных химических веществ в области составляет 1563,1 тонн, в том числе: хлора – 28,6 т, аммиака – 611 т, соляной кислоты – 613 т, которые, как правило, находятся в емкостях от 0,05 до 100 тонн.

Наиболее крупные химически опасные объекты: ОАО «Пигмент»; ОАО «Котовский лакокрасочный завод», ОАО «Биохим», ОАО Производственная фирма «Раском».

По территории Тамбовской области (Мучкапский и Уваровский районы) проходит участок аммиакопровода ОАО «Трансаммиак» протяженностью 55 км. Вдоль трассы смонтировано: 1 раздаточная станция РС-20, 2 главных и 5 спутниковых поста секционирования. В секциях между постами находится от 300 до 500 тонн аммиака с давлением более 80 атм.

Максимальная площадь зон возможного химического заражения при авариях на химически опасных объектах может составить 517,34 км<sup>2</sup> с населением 468,6 тыс. человек и возможными потерями 304,6 тыс. человек (санитарные потери могут составить 198,0 тыс. человек, безвозвратные потери 106,6 тыс. человек).

В этих условиях знание поражающих свойств, заблаговременное прогнозирование и оценка последствий возможных аварий с их выбросом, умение правильно действовать в таких условиях и ликвидировать последствия аварийных выбросов – одно из необходимых условий обеспечения безопасности населения.

**Краткая характеристика некоторых наиболее часто встречающихся АХОВ.** *Опасное химическое вещество* – токсичные химические вещества, применяемые в промышленности и в сельском хозяйстве, которые при разливе или выбросе загрязняют окружающую среду и могут привести к гибели или поражению людей, животных и растений (термин введен ГОСТ Р 22.0.05–94 вместо термина «СДЯВ – сильнодействующее ядовитое вещество»).

Опасные химические вещества принято разделять на:

- аварийно химически опасные вещества (АХОВ);
- боевые химически опасные вещества;
- вещества, вызывающие преимущественно хронические заболевания.

*Аварийно химически опасное вещество (АХОВ)* – опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (проливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах) (ГОСТ Р 22.9.05–95).



**Выброс ОХВ** – выход (испарение) ОХВ за короткий промежуток времени при разгерметизации технологических установок, емкостей для хранения или транспортирования в количестве, способном вызвать химическую аварию (заражение).

**Пролит ОХВ** – вытекание ОХВ при разгерметизации из технологических установок, емкостей для хранения и транспортирования в количестве, способном вызвать химическую аварию (заражение).

**Химическое заражение** – распространение ОХВ в окружающей среде в концентрациях или количествах, создающих угрозу для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

**Зона химического заражения** – территория или акватория, в пределах которой распространены или куда привнесены ОХВ в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, для сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

Бывший «Временный перечень СДЯВ» содержит 34 наименования АХОВ, которые обладают высокой летучестью и токсичностью, и в аварийных ситуациях могут стать причиной массового поражения людей (акрилонитрил, акролеин, аммиак, ацетонитрил, ацетонциангидрин, окислы азота, бромистый водород, бромистый метил, диметиламин, метиламин, метилакрилат, метилмеркаптан, мышьяковистый водород, сероводород, сероуглерод, сернистый ангидрид, соляная кислота, синильная кислота, триметиламин, формальдегид, фосген, фосфор треххлористый, хлорокись фосфора, фтор, фтористый водород, хлор, хлорпикрин, хлористый водород, хлорциан, хлористый метил, этилмеркаптан, этиленамин, этиленсульфид и окись этилена). В этот перечень включены также **боевые химически опасные вещества** (иприт, люизит, зарин, зоман, газы), компоненты ракетных топлив (несимметричный диметилгидразин (гептил), жидкая четырехокись азота), метилизоцианат, диоксин, метиловый спирт, фенол, бензол, концентрированная азотная и серная кислоты, анилин, толуиленидиизоцианат, ртуть металлическая.

К наиболее распространенным в промышленности и сельском хозяйстве АХОВ следует отнести: аммиак (до 55 % от общей массы АХОВ), хлор (до 35 %).

**Аммиак** ( $\text{NH}_3$ ) – при нормальных условиях бесцветный газ с резким удушающим запахом. В 1,7 раза легче воздуха (плотность по воздуху – 0,597). Хорошо растворяется в воде (при 20 °С в одном объеме воды растворяется 700 объемов аммиака). При температуре –33,4 °С кипит и при температуре – 77,8 °С затвердевает. Условия транспортировки – сжиженный газ.

Критерием принятия решения на эвакуацию населения из ЗХЗ, зараженной аммиаком в мирное время является пороговая токсодоза равная 15 мг · мин/л.

Признаки поражения – резь в глазах, слабость, нарушение координации движений, сильное возбуждение, кашель, удушье, рвота, учащенное сердцебиение.

Горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом (пределы концентраций воспламенения от 15 до 28 % по объему).

Предельно допустимая концентрация в рабочих помещениях – 0,02 г/м<sup>3</sup>, в населенных пунктах – 0,0002 г/м<sup>3</sup>.

**Газообразный аммиак при концентрации:**

0,28 г/м<sup>3</sup> – раздражает горло;

0,49 г/м<sup>3</sup> – раздражает глаза;

1,2 г/м<sup>3</sup> – кашель;

1,5...2,7 г/м<sup>3</sup> – приводит к смерти при воздействии 0,5-1 часа.

Сжиженный аммиак при испарении охлаждается, и при соприкосновении с кожей возникает отморожение различной степени, а также возможны ожог и изъязвления.

Защиту органов дыхания от паров аммиака обеспечивают респираторы РПГ-67-КД, РУ-60М-КД (при концентрации аммиака в воздухе не более 15 ПДК).

При концентрациях до 750 ПДК могут быть использованы фильтрующие противогазы: промышленные – марок К, КД, М; гражданские – ГП-5 и ГП-7 с дополнительными патронами ДПГ-3.

Когда концентрация неизвестна или она высока, применяют изолирующие противогазы.

Для предупреждения попадания аммиака в капельножидком состоянии на кожные покровы используют защитные костюмы, сапоги и перчатки.

Аммиак используется при производстве азотной кислоты, соды, синильной кислоты и многих других неорганических соединений; удобрений; в органическом синтезе; при крашении тканей; в качестве хладагента в холодильниках. 10 %-й раствор аммиака известен под названием «нашатырный спирт». 18...20 %-й раствор аммиака называется аммиачной водой и используется в качестве удобрения.

Действия в очаге поражения аммиаком

**Общего характера:**

- удалить посторонних, держаться с наветренной стороны, изолировать опасную зону и не допускать посторонних;
- в зону аварии входить только в полном комплекте защитной одежды;
- соблюдать меры пожарной безопасности. **Не курить;**
- пострадавшим оказать первую доврачебную помощь;
- отправить людей из очага поражения на медобследование.

**При утечке и разливе:**

- устранить источник открытого огня;
- при наличии специалистов устранить течь;
- для осаждения газа использовать распыленную воду (уменьшается глубина опасного распространения облака, зараженного аммиаком воздуха);
- изолировать район пока газ не рассеется;
- оповестить об опасности отравления местные органы власти и Управление по делам ГО и ЧС административного округа;

- эвакуировать людей из зоны, подвергшейся опасности заражения;
- не допускать попадания разлива в водоемы, тоннели, подвалы, канализацию.

**При пожаре:**

- убрать из зоны пожара емкости с аммиаком, если это не представляет опасности;
- не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния;
- тушить тонко распыленной водой, воздушно-механической пеной с максимального расстояния;
- при возгорании емкости с аммиаком сбить пламя струей воды и действовать как при утечке.

**Меры первой медицинской помощи (доврачебной):**

а) *в зараженной зоне*. надеть противогаз или ВМП, смоченную 2...5 % раствором питьевой соды; вынести пострадавшего на свежий воздух;

б) *после эвакуации*. снять СИЗ; кожу и слизистые промыть раствором соды; при ослаблении сердечной деятельности – 1 мг кордиамина; пораженному предоставить тепло и покой.

**Хлор (Cl<sub>2</sub>)** – зеленовато-желтый газ с резким раздражающим запахом, в 2,5 раза тяжелее воздуха. Может скапливаться в низких участках местности. Мало растворим в воде (0,07 %), хорошо – в некоторых органических растворителях. Температура кипения –34,1 °С, плавления –101 °С, негорюч, но пожароопасен в контакте с горючими материалами.

Один литр жидкого хлора дает около 457 л газа при атмосферном давлении и 20 °С.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) в рабочих помещениях – 0,001 г/м<sup>3</sup>, в населенных пунктах – 0,00003 г/м<sup>3</sup>.

Раздражающее действие проявляется при концентрации 0,01 г/м<sup>3</sup>.

Смертельные отравления возможны при 0,25 г/м<sup>3</sup> и вдыхании в течение 5 минут.

Поражающая токсическая доза – 0,6 г/м<sup>3</sup>.

**Защиту органов дыхания** обеспечивают промышленные фильтрующие противогазы марок А, БКФ, МКФ, В, Е, Г и гражданские ГП-5, ГП-7, при высоких концентрациях – изолирующие противогазы. При проведении работ по ликвидации проливов необходимо использовать изолирующие противогазы и средства защиты кожи, изготовленные из устойчивых к воздействию хлора материалов.

Хлор находит широкое применение в промышленности, в том числе для отбеливания тканей и бумажной массы, в производстве пластмасс, каучуков, инсектицидов, растворителей, в цветной металлургии, а также в коммунально-бытовом хозяйстве для обеззараживания питьевой воды. Ежегодное потребление хлора в мире исчисляется десятками миллионов тонн.

В первую мировую войну хлор использовался в качестве отравляющего вещества. 22 апреля 1915 года в районе г. Ипр (Бельгия) немцами была предпринята газобаллонная атака хлором против англо-французских войск. На фронте протяженностью 6 км было установлено 6000 баллонов, содержащих около 180 т хлора. Несмотря на то, что в качестве отравляющего вещества использовался малотоксичный хлор, а англичане за 4 дня до атаки были предупреждены об этом, результаты оказались ошеломляющими: 15 тыс. человек отравлены, 5 тыс. из них – смертельно; фронт на протяжении 8 км был прорван.

В первую мировую войну использовался в качестве отравляющего вещества. При воздействии на организм поражает дыхательную систему.

**Меры первой медицинской помощи (доврачебной)**

- вынести пострадавшего на свежий воздух;
- дать увлажненный кислород;
- при отсутствии дыхания сделать искусственное дыхание «рот в рот»;
- кожу и слизистые промыть 2 % -ным раствором питьевой соды в течение не менее 15 мин.

**Приборы и методы химического контроля воздуха в рабочей зоне производственных помещений.** Известно, что атмосферный воздух состоит из азота (78,1 %), кислорода (20,95 %), углекислого газа (0,03 %), инертных (0,98 %) и других газов. В некоторых производственных помещениях и прежде всего где имеют место быть аварийно химически опасные вещества, состав воздуха может значительно изменяться вследствие увеличения концентрации данных веществ. Атмосфера в помещениях в этом случае может стать удушливой, ядовитой и возможно взрывоопасной, а, следовательно, возникает проблема безопасного пребывания в них персонала. Именно поэтому в соответствии с действующим в нашей стране законодательством предельно допустимые концентрации химически и взрывоопасных веществ строго регламентируются и регулярно контролируются (табл. 1).



**1. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы (ГН 2.2.5.1313–03) (извлечения)**

№ п/п	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК <sup>1</sup> , мг/м <sup>3</sup>		Класс опасности
			максимально-разовая	средне-сменная	
1	Азота диоксид	NO <sub>2</sub>	2		3
2	Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )		5		3
3	Азотная кислота	HNO <sub>3</sub>	2		3
4	Аммиак	NH <sub>3</sub>	20		4
5	Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	200		4
6	Бензин (в пересчете на углерод)		100		4
7	Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	15	5	2
8	Бенз(а)пирен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,00015		1
9	Ксилол	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	50		3
10	Метан	CH <sub>4</sub>	300		4
11	Метанол	CH <sub>4</sub> O	5,0		3
12	Озон	O <sub>3</sub>	0,1		1
13	Серная кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0		2
14	Сероводород	H <sub>2</sub> S	10		2
15	Серы диоксид	SO <sub>2</sub>	10		3
16	Спирт этиловый	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1000		4
17	Тetraэтилсвинец	C <sub>8</sub> H <sub>20</sub> Pb	0,005		1
18	Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	150	50	3
19	Уайт-спирит (в пересчете на С)		300		4
20	Углерод монооксид	CO	20		4
21	Уксусная кислота	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	5		3
22	Фенол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	0,3		2
23	Хлор	Cl <sub>2</sub>	1		2

<sup>1</sup> Максимально-разовое значение ПДК устанавливается для предотвращения рефлекторных реакций человека при кратковременном действии примесей. Среднесуточное значение ПДК устанавливается для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и сенсибилизирующего действия вещества на организм человека.

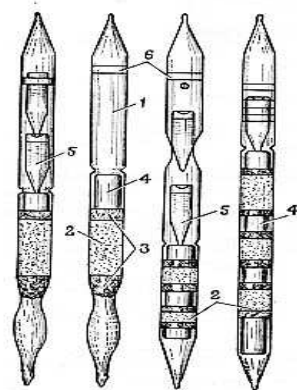
Контроль осуществляется или путем отбора проб воздуха и последующего анализа их в лаборатории (лабораторный метод), или путем замера содержания того или иного газа в воздухе непосредственно на рабочем месте с помощью специальных газоанализаторов (экспресс-метод или оперативный контроль).

Лабораторный метод анализа входит в функции специальных служб (государственной санитарной инспекции и др.).

Оперативный контроль состава атмосферы (содержания отдельных газов) в помещениях производят рабочие и инженерно-технические работники (ИТР), осуществляющие надзор за ведением соответствующих работ. Результативная работа и профессионализм дежурных диспетчерских служб предприятий, наличие на них эффективных систем контроля технологических процессов являются организационно-техническими условиями раннего обнаружения химической аварии и своевременного оповещения о ней персонала предприятия и вблизи проживающего населения.

Анализируя гигиенические условия в воздухе рабочей зоны, можно сделать вывод о том, что концентрации вредных веществ в воздухе предполагают использование для их определения весьма чувствительных методов.

Для быстрой оценки ситуации и принятия оперативных мер превалирующими являются экспресс-методы анализа. Одним из самых распространенных из этой группы является линейно-индикаторный метод. При прокачивании воздуха, содержащего вредные примеси, через индикаторные трубки (ИТ, рис. 1) происходит изменение окраски индикаторного порошка и длины окрашенного столбика пропорционально концентрации вредного вещества в воздухе и его количеству. Основным недостатком данного метода является



**Рис. 1. Индикаторные трубки:**  
1 – корпус трубки; 2 – наполнитель; 3 – ватный тампон; 4 – обтекатель; 5 – ампулы с индикатором; 6 – маркировочное кольцо

нормативы содержания вредных веществ в производственных помещениях, можно сделать вывод о том, что концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны чрезвычайно малы. Это обстоятельство определяет необходимость использования методов анализа воздуха рабочей зоны.

Одним из методов является линейно-индикаторный. При прокачивании воздуха, содержащего вредные примеси, через индикаторные трубки (ИТ, рис. 1) происходит изменение окраски индикаторного порошка и длины окрашенного столбика пропорционально концентрации вредного вещества в воздухе и его количеству. Основным недостатком данного метода является высокая погрешность, часто не

удовлетворяющая требованиям ГН 2.25.1313-03, что ограничивает его применение для инспекционных, а иногда (для веществ с малым ПДК, например, озона) и оперативных целей.

В настоящее время разработаны и широко применяются на промышленных предприятиях газоанализаторы различных типов. В современных газоанализаторах широко используются достижения физической химии, микроэлектроники, информатики и других научных дисциплин. Данное обстоятельство позволяет полностью автоматизировать работу приборов, повысить их чувствительность, обеспечить сбор данных за любой период работы, сопряженность с ЭВМ (например, с персональными компьютерами), увеличить многокомпонентность анализа единичного газоанализатора и др. достоинства. Единственным, пожалуй, недостатком такой газоаналитической аппаратуры является высокая стоимость, ограничивающая их широкое применение в России.

В современной газоаналитической аппаратуре результаты анализа могут представляться в различных единицах концентрации ингредиента в воздухе рабочей зоны, поэтому часто на практике возникают затруднения при сравнении этих величин с ПДК<sub>рз</sub>, которые в России измеряются в мг/м<sup>3</sup>.

Ниже приведены формулы для пересчета других единиц измерения концентрации газов в воздухе в мг/м<sup>3</sup>.

$$1) \text{ из \% (об.) в мг/м}^3: C = \frac{C_{\% \text{об}} MP}{0,8313 T};$$

$$2) \text{ из ppm в мг/м}^3: C = \frac{C_{\text{ppm}} MP}{0,8313 \cdot 10^4 T};$$

$$3) \text{ из ppb в мг/м}^3: C = \frac{C_{\text{ppb}} MP}{0,8313 \cdot 10^7 T};$$

где  $C_{\% \text{об}}$ ,  $C_{\text{ppm}}$ ,  $C_{\text{ppb}}$  – концентрации определяемых веществ, выраженных соответственно в % (об.), ppm (parts per million – одна миллионная часть объема), ppb (parts per billion – одна миллиардная часть объема);  $M$  – молярная масса вещества, а.е.м.;  $P$  – атмосферное давление в момент анализа, Па (1 мм рт.ст. = 133,322 Па; 760 мм рт.ст. ≈ 1 атм. = 1,01325 · 10<sup>5</sup> Па);  $T$  – абсолютная температура в момент анализа, К ( $T = 273 + t$  °С).

Рассмотрим некоторые наиболее распространенные образцы газоанализаторов, применяемых для экспресс-анализа опасных химических веществ в производственных предприятиях и в чрезвычайных ситуациях, связанных с авариями на химически опасных производствах.

**Переносной газоанализатор хлора КОЛИОН-701.** Предназначен для измерения содержания хлора в воздухе рабочей зоны, обнаружения мест утечки и выбросов на предприятиях водоснабжения, металлургической и химической промышленности, на железной дороге и в других местах, потенциально опасных разливами, утечками хлора и сигнализации о превышении измеренной концентрацией установленного порога.

Принцип измерения – электрохимический. Диапазон измерения пробоотборника – 0,5...20 мг/м<sup>3</sup>; диапазон сигнализации – 1...20 мг/м<sup>3</sup>; время выхода на режим после включения – 3 мин; время измерения – 45 с; основная относительная погрешность измерений – + 25%; температурный диапазон – -20 ... +45 °С; относительная влажность от 30 до 90 %; питание: встроенная NiCd батарея; время работы от аккумуляторов – 6 ч; время зарядки аккумуляторов – 14 ч. Габаритные размеры измерительного блока, мм: 65×205×180. Габаритные размеры пробоотборника – 1 м. Масса – не более 1,3 кг. Срок службы чувствительного элемента – 12 месяцев.



**Устройство и работа.** Газоанализатор состоит из измерительного блока и пробоотборника. В измерительном блоке установлены детектор и микрокомпрессор. В качестве детектора используется твердотельный электрохимический элемент. Анализируемый воздух с помощью микрокомпрессор прокачивается через детектор, в котором генерируется электрический ток. Сила тока прямо пропорциональна концентрации хлора в воздухе. Значение концентрации в мг/м<sup>3</sup> представляется в цифровом виде на жидкокристаллическом индикаторе. Для работы в условиях пониженной освещенности предусмотрена подсветка индикатора. Для проверки правильности показаний газоанализатора используется твердотельный электрохимический генератор, входящий в комплект поставки газоанализатора. Для электрического питания газоанализатора используется встроенный блок Ni-MH аккумуляторов или сетевой адаптер/зарядное устройство.

#### **Сигнализатор паров аммиака переносной «Сигнал-02А».**

*Назначение:* измерение содержания паров аммиака в воздухе помещений, выдача светового и звукового сигналов при достижении пороговых значений.

*Применение:* помещения аппаратных и конденсаторных отделений стационарных холодильных установок; молочных и рыбных комбинатов; птицефабрик; химических производств и т.п., где имеются холодильные установки; все другие производственные помещения, где содержание аммиака может превысить допустимые нормы.

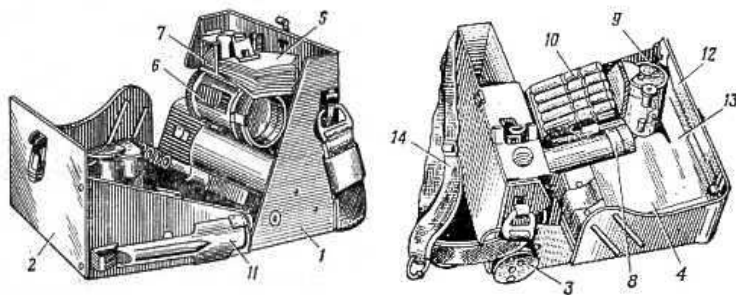


Технические характеристики:

Диапазон измерений концентрации, мг/м <sup>3</sup>	0...100
.....	
Порог срабатывания аварийной сигнализации, мг/ м <sup>3</sup>	60
Основная погрешность, мг/ м <sup>3</sup>	±5
Время срабатывания сигнализации, с, не более	10
Время прогрева сенсора, с, не более	30
Максимальная потребляемая мощность, Вт, не более	0,7
Время непрерывной работы без подзарядки аккумуляторов, ч	9
Габаритные размеры, мм. (масса, кг.)	194×92×36 (0,55)
Срок службы, лет, не менее	10

**ВПХР – войсковой прибор химической разведки.** Предназначен для обнаружения и оценки степени опасности заражения опасными химическими веществами воздуха, местности, военной техники при помощи индикаторных трубок. Является на сегодня наиболее распространенным прибором химической разведки и контроля в структурах гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций Российской Федерации.

ВПХР в основной комплектации обеспечивает определение БОХВ (зарина, зомана, V-газов, иприта, фосгена, дифосгена, синильной кислоты, хлорциана) с чувствительностью, достигаемой индикаторными трубками с условиями умеренного и холодного климатов при температурах от  $40 \pm 4$  °С до  $-40 \pm 4$  °С и относительной влажности воздуха до 100 %. Может быть использован при выявлении фактической химической обстановки при химических авариях, связанными с выбросом (выливом) АХОВ.



**Рис. 1. Устройство ВПХР:**

- 1 – корпус; 2 – крышка; 5 – противоаэрозольные фильтры; 6 – насадка;  
 7 – защитные колпачки; 11 – лопатка, 3 – ручной насос; 4 – кассеты с индикаторными трубками; 8 – электрофонарь; 9 – грелка; 10 – патроны к грелке;  
 12 – инструкция-памятка по работе с прибором; 13 – инструкция по обнаружению фосфорорганических ОВ; 14 – плечевой ремень

Габаритные размеры и масса: длина –  $220 \pm 2$  мм; ширина –  $101 \pm 2$  мм; высота –  $160 \pm 2$  мм; масса –  $1,75 \pm 0,1$  кг.

В корпусе ВПХР размещаются: насос в специальном гнезде рукояткой наружу; насадка к насосу; грелка и патроны (10 шт.) к ней; фонарь; плечевой ремень; противодымные фильтры (10 шт.); защитные колпачки (8 шт.) для насадки; лопатка для отбора проб; ИТ (10 шт.) на зарин, зоман, V-газы (маркировка – красное кольцо и красная точка) в кассете; ИТ (10 шт.) на иприт (маркировка – желтое кольцо) в кассете; ИТ (10 шт.) на фосген, дифосген, синильную кислоту и хлорциан (маркировка – три зеленых кольца) в кассете.

В корпус ВПХР вложены паспорт, техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО и ИЭ), а также памятка по обращению с ВПХР.

Масса ВПХР – 2,3 кг.

Ручной насос – поршневой, служит для прокачивания исследуемого воздуха через ИТ. Насадка предназначена для работы с насосом в дыму при определении ОВ в почве, технике, одежде и других предметах.

Индикаторные трубки предназначены для определения ОХВ. Защитные колпачки служат для предохранения внутренней поверхности воронки насадки от заражения каплями стойких ОВ и для помещения проб почвы и сыпучих материалов. Противодымные фильтры используются для определения ОВ в дыму или в воздухе, содержащем пары веществ кислого характера, а также при определении ОВ из почвы и сыпучих материалов. Электрофонарь применяется для наблюдения в ночное время за изменением окраски ИТ. Грелка служит для подогрева ИТ при пониженных температурах окружающего воздуха.

**Меры безопасности:** при работе с ВПХР использовать СИЗ; не допускать попадания зараженной пробы на одежду и прибор (при попадании ОВ – дегазация); не допускать порезов перчаток и рук при вскрытии ИТ; грелку с патронами использовать при температуре  $\leq 15$  °С. При попадании жидкости из патрона на открытые участки тела немедленно промыть их большим количеством воды.

**Подготовка ВПХР к работе.** Проверить наличие предметов комплектования и сроки их годности по паспорту (особое внимание обратить на признаки непригодности ИТ – см. п. 7.5.1 ТО и ИЭ). Проверить герметичность насоса (см. п. 4.3 ТО и ИЭ). Разместить кассеты с ИТ в таком порядке:

*вверху* – кассета ИТ с красным кольцом и красной точкой;

*следующая* – кассета ИТ с тремя зелеными кольцами;

*внизу* – кассета ИТ с желтым кольцом.

Проверить (включением) фонарь.

Пристегнуть к корпусу ВПХР плечевой ремень.

### **Порядок работы с ВПХР.**

Определение ОВ в воздухе. Наличие ОВ в воздухе определяют по внешним признакам и по показаниям ИТ. Наиболее характерными признаками применения БОХВ являются (см. п. 5.5 ТО и ИЭ):

- появление облака газа, дыма или тумана в местах разрывов снарядов, мин или бомб;
- наличие маслянистых пятен, капель, лужиц, подтеков на местности или в воронках от разрывов снарядов, мин или авиабомб;
- изменение окраски и увядание растительности;
- наличие характерного запаха;
- раздражение органов дыхания или зрения;
- понижение остроты зрения или полная потеря его.

При подозрении на наличие в воздухе ОВ надеть противогаз и обследовать воздух с помощью ИТ в такой последовательности:

1. ИТ с красным кольцом и точкой.
2. ИТ с тремя зелеными кольцами.
3. ИТ с желтым кольцом.

Для ускорения работы ИТ могут быть вскрыты заранее, а в ИТ с тремя зелеными кольцами можно заранее разбить ампулу. Вскрытые ИТ можно использовать в течение 10 – 15 мин после вскрытия. Рекомендуется вскрывать не более 1–2 ИТ из каждой кассеты.

Наполнители ИТ могут окрашиваться не только от ОВ, но и от веществ кислого (хлор) и основного характера (аммиак, щелочи). В этом случае окраска наполнителя будет другой, чем от ОВ. Следовательно, окраску наполнителя ИТ нужно сравнивать с образцовой окраской, изображенной на кассете.

**Обнаружение БОХВ в опасных концентрациях:**

- вскрыть 2 ИТ (с красным кольцом и точкой), разбить верхние ампулы обоих ИТ (со стороны маркированного конца) и, взяв за концы с маркировкой, встряхнуть обе ИТ 2–3 раза;
- одну из ИТ (опытную) вставить в насос немаркированным концом и сделать 5–6 качаний (через вторую ИТ (контрольную) воздух не прокачивать);
- разбить (ампуловскрывать) нижние ампулы обеих ИТ (опытной и контрольной) и встряхнуть так, чтобы смочить верхний слой наполнителя.

Наблюдать за изменением окраски:

- красный цвет наполнителя опытной ИТ к моменту образования желтой окраски наполнителя контрольной ИТ указывает на наличие в воздухе ОВ нервно-паралитического действия (зарин, зоман, V-газы) в опасных концентрациях;
- желтый цвет наполнителей обеих ИТ указывает на отсутствие ОВ в опасных концентрациях.

**Обнаружение БОХВ в малоопасных концентрациях.** Порядок тот же, но необходимо делать 50 – 60 качаний насосом. При этом нижние ампулы ИТ разбиваются не сразу, а через 2–3 минуты после прокачивания воздуха. Кроме того, в жаркую погоду (35 °С и выше) нижнюю ампулу в контрольной ИТ разбить через 15 с (счет до 15) с момента встряхивания опытной ИТ.

ОВ в малоопасных концентрациях присутствует, если к моменту образования желтой окраски в контрольной ИТ сохранится красный цвет верхнего слоя наполнителя опытной ИТ. Изменения цвета до желтого или розово-оранжевого указывает на отсутствие ОВ в малоопасных концентрациях.

Если после разбивания нижних ампул ИТ наполнитель сразу окрашивается в желтый цвет, то в воздухе есть пары кислых веществ. В этом случае для определения ОВ необходимо использовать противодымный фильтр, который вставляется фильтрующим материалом (не капроном) вверх.

Если с помощью ИТ с красным кольцом и точкой ОВ в воздухе не обнаружено, то переходят к определению ОВ в воздухе с помощью ИТ с тремя зелеными кольцами:

- 1) вскрыть ИТ, разбить ампулу. Вставить ИТ в насос и сделать 10-15 качаний;
- 2) сравнить окраску наполнителя ИТ с эталоном на кассете;
- 3) верхний слой окрашивается от фосгена, дифосгена;
- 4) нижний – от хлорциана или (и) синильной кислоты.

Для определения ОВ, от которого окрасился нижний слой наполнителя необходимо:

- 1) вскрыть вторую ИТ, разбить ампулу, вставить ИТ в насос маркированным концом и сделать 10 – 15 качаний;
- 2) наблюдать окраску наполнителя – отсутствие розово-малиновой окраски наполнителя ИТ указывает на наличие в воздухе только синильной кислоты.

Порядок работы ИТ с желтым кольцом:

- 1) вскрыть ИТ, вставить в насос, сделать 6 – 10 качаний;
- 2) вынуть ИТ из насоса, выдержать 1 мин и определить степень опасности БОХВ путем сравнения окраски наполнителя ИТ с эталоном на кассете.

При обнаружении наличия БОХВ с помощью одного типа ИТ, необходимо проверить наличие других типов БОХВ с помощью других ИТ.

Для обнаружения БОХВ с помощью ВПХР на местности, в облаке дыма, в почве и других материалах необходимо изучить соответственно п.п. 5.12.2; 5.3 и 5.13 ТО и ИЭ ВПХР.

Ручной насос пробоотборник-дозатор (аспиратор) НП-3М предназначен для прокачивания дозированного объема газовой среды (ГС) через средства контроля ОХВ, применяемые совместно с насосом (ИТ, индикаторные элементы (ИЭ) и др.).

#### Технические характеристики

Минимальный фиксированный объем прокачиваемой ГС .....	50 см <sup>3</sup>
Максимальный фиксированный объем прокачиваемой ГС за один полный ход поршня .....	100 см <sup>3</sup> .
Диапазон рабочих температур .....	10...40 °С
при относительной влажности .....	от 30 до 95% (для работы при низких температурах необходимо приобрести грелку, которая в комплект НП-3М не входит)
Предел допустимой относительной погрешности величины прокачиваемого объема .....	±5 %
Средний срок службы насоса .....	5 лет

Работа насоса основана на создании разрежения в цилиндре при перемещении штока и заполнении цилиндра ГС, поступающей через средства контроля ГС (ИТ, ИЭ и др.). Контрольная мембрана насоса позволяет фиксировать окончание прокачивания ГС (заполнение цилиндра насоса ГС).

#### Порядок работы по определению ОХВ в воздушной среде:

1. Ввести шток в цилиндр до упора и повернуть его вокруг оси так, чтобы совместить метки на крышке и штоке.
2. Вскрыть ИТ, ИЭ (нож в корпусе насоса).
3. Установить ИТ в уплотнительную втулку.
4. Оттянуть шток насоса до щелчка фиксатора в положение, соответствующее гравировке «50» или «100» на поверхности штока. Начнется прокачивание ГС через ИТ, а в смотровом окошке исчезнет изображение светлого кольца с темной точкой, нанесенной на поверхность контрольной мембраны. Появление в смотровом окошке светлого кольца с темной точкой указывает на окончание цикла прокачивания. При этом, в зависимости от установки штока, будет прокачено 50 см<sup>3</sup> или 100 см<sup>3</sup> ГС.

Повернуть шток таким образом, чтобы метки на штоке и корпусе развернулись на угол не менее 90° и выполнить очередной цикл прокачивания ГС согласно пп. 4,5.

Объем прокачиваемой ГС для определения концентраций ОХВ указан в паспорте на ИТ, прилагаемый к ним.

Рабочие места укомплектованы прибором ВПХР. Используя техническую документацию, опорную схему, изучить назначение, комплектность, принцип работы ВПХР и его составных частей.

Подготовка ВПХР к работе:

- 1) раскрыть прибор на рабочем месте;
- 2) произвести внешний осмотр прибора (чистота, окраска, отсутствие вмятин, коррозии, работоспособность замков корпуса, плотность прилегания крышки, целостность переносного ремня);
- 3) определить срок годности и исправность индикаторной трубки (ИТ): она бракуется, если нарушена герметичность, наблюдается пересыпание в наполнительном слое, цвет наполнителя в ИТ с желтым кольцом изменился до оранжевого, цвет жидкости в ампуле трубки с красным кольцом и красной точкой – до розового.

Работа с ВПХР:

- 1) вскрыть ИТ для данного АХОВ (с помощью ножа, расположенного в насосе, сделать надпилы концов трубки и обломить надрезанный конец ИТ при помощи углубления в головке насоса);
- 2) разбить ампулу в ИТ соответствующим ампуловскрывателем (взять насос в левую руку так, чтобы он оказался в вертикальном положении на вставляемой в него ИТ, обеспечить ограничение пальцем, чтобы не разбить сразу обе ампулы, и не допускать перемещения трубки по горизонтали, чтобы не сломать ее);
- 3) вынуть ИТ из ампуловскрывателя и резко стряхнуть ее, чтобы смочить индикаторный слой.

Порядок определения ОВ (АХОВ) при наличии дыма:

- 1) приготовить к работе ИТ и установить ее в насос;
- 2) установить на насос насадку с закрепленным противодымным фильтром (не сорвав при этом резьбу прижимного кольца насадки насоса);
- 3) выполнить замер по методике определения наличия ОВ;
- 4) после замера действовать по указанию преподавателя.

Определение наличия ОВ на поверхности объекта:

- 1) приготовить к работе ИТ и установить ее в насос;
- 2) установить на насос насадку с защитным колпачком, зафиксировав его прижимным кольцом;
- 3) приложить насадку к почве (поверхности объекта) так, чтобы защитный колпачок оказался на участке наибольшего заражения;
- 4) выполнить замер по методике, изложенной в соответствующем разделе;
- 5) после замера снять насадку, выбросить использованные колпачок и индикаторную трубку в указанное преподавателем место;

6) привести прибор в исходное состояние.

Определение ОВ в сыпучих материалах:

- 1) подготовить к работе ИТ и установить ее в насос;
- 2) установить насадку с защитным колпачком;
- 3) заполнить пробой воронку колпачка с помощью лопаточки из комплекта;
- 4) закрыть пробу фильтром и закрепить прижимным кольцом;
- 5) выполнить замер, как изложено в соответствующем разделе;
- 6) после замера снять насадку, выбросить колпачок, фильтр и ИТ в указанное преподавателем место;
- 7) привести прибор в исходное состояние.

При выполнении работы учесть:

- 1) необходимость проведения дегазации прибора и его составных частей (по указанию преподавателя);
- 2) для получения реальной картины эксперимента может быть использован комплект контрольных трубок;
- 3) оценка снижается на один балл, если число качаний насоса ВПХР не соответствует требованиям, не проверена работоспособность насоса, нарушен порядок подготовки ИТ или она сломана;
- 4) ставится оценка «неудовлетворительно», если неправильно установлен в насадку насоса фильтр, не смочен индикаторный слой ампулы, ампула разбита не тем ампуловскрывателем, трубка вставлена в насос с ошибками, сорвана резьба прижимного кольца насадки насоса.

По окончании работы с прибором следует привести рабочее место в исходное состояние и сдать его преподавателю.

В отчете по выполненной работе необходимо отразить назначение, состав и принцип работы исследуемого прибора описать результаты произведенных замеров и дать их анализ (в этих целях преподавателем выдаются контрольные трубки из комплекта ККТ-1).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. – СПб. : Изд-во ДЕАН, 2003.
2. Денисенко, Г.Ф. Охрана труда / Г.Ф. Денисенко. – М. : Высшая школа, 1985. – 319 с.
3. Кельберт, Д.Л. Охрана труда в текстильной промышленности / Д.Л. Кельберт. – М. : Легпромбытиздат, 1990. – 304 с.
4. Фильев, В.И. Регулирование условий труда на предприятиях РФ / В.И. Фильев. – М. : Интел-Синтез, 1996. – 131 с.
5. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М. : Стройиздат, 1996.
6. Алексеев, С.В. Гигиена труда / С.В. Алексеев, В.Р. Усенко. – М. : Медицина, 1988. – 566 с.
7. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПиН 2.2.4.548-96. – М. : Минздрав России, 1997. – 20 с.
8. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности / Г.В. Макаров. – М. : Химия, 1989. – 496 с.
9. ГОСТ 12.4.123-83. «ССБТ. Средства защиты от инфракрасного излучения. Классификация. Общие технические требования». – Госстандарт РФ, 1996.
10. Влияние магнитных полей радиочастот на человека / Ю.Д. Думанский и др. – Киев, 1975. – 159 с.
11. Захаров, С.Г. Влияние электромагнитного излучения на жизнедеятельность человека и способы защиты от него : учеб. пособие / С.Г. Захаров, Т.Т. Каверзнева. – СПГТУ, 1992. – 74 с.
12. Воробьев, Е.А. Экранирование СВЧ конструкций / Е.А. Воробьев. – М. : Сов. Радио, 1979. – 136 с.
13. ГОСТ 12.1.006-84. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования.
14. Охрана труда в радио и электронной промышленности / под ред. С.Ш. Павлова. – М. : Энергия, 1986.
15. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности / Г.В. Макаров. – М. : Химия, 1989. – 496 с.
16. Денисенко, Г.Ф. Охрана труда / Г.Ф. Денисенко. – М. : Высшая школа, 1985. – 319 с.
17. Долин, П.А. Справочник по технике безопасности / П.А. Долин. – М. : Энергоатомиздат, 1984.
18. Долин, П.А. Техника безопасности в электроэнергетических установках : справочное пособие / П.А. Долин. – М. : 1987.
20. О радиационной безопасности населения : федер. закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ.
21. Нормы радиационной безопасности НРБ-99. Минздрав России. – М., 1999.
22. Гринин, А.С. Экологическая безопасность. Защита территорий и населения при чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие / А.С. Гринин, В.И. Новиков. – М., ФАИР-ПРЕСС.
23. Практикум по безопасности жизнедеятельности / под ред. А.В. Фролова. – Ростов н/Д. : Феникс, 2009.
24. Руководства по эксплуатации приборов ДП-5В, ИМД-5, ИД-1, АНРИ-01 «Сосна».

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Лабораторная работа 1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК .....	4
Лабораторная работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВ- НОСТИ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК .....	19
Лабораторная работа 3. ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ .....	32
Лабораторная работа 4. ЗАЩИТА ОТ СВЕРХВЫСОКОЧАСТО- ТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ .....	43
Лабораторная работа 5. ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ .....	54
Лабораторная работа 6. ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ХИ- МИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ .....	74
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	91