

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования  
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»**

**СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ**

**Электронный сборник методических указаний  
для лабораторных и практических работ  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная  
безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность»**

**(для студентов всех специальностей и направлений)**

Астрахань 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

| Наименование лабораторной/практической работы                                                                    | Стр |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Измерение и оценивание параметров микроклимата рабочих мест                                                      | 3   |
| Анализ травматизма                                                                                               | 31  |
| Качество воздуха рабочей зоны. Нормирование вредных веществ.<br>Определение содержания вредных веществ в воздухе | 45  |
| Методика расчета естественного освещения                                                                         | 82  |
| Расчет искусственного освещения                                                                                  | 109 |
| Электрический ток. Расчет защитного заземления                                                                   | 119 |
| Определение температуры воспламенения жидкости. Первичные<br>средства пожаротушения (огнетушитель)               | 142 |
| Основы первой помощи на учебно-тренажерном комплексе                                                             | 179 |
| Расчет зон химического заражения                                                                                 | 216 |
| Ионизирующие излучения                                                                                           | 238 |
| Оценка качества трудовой деятельности человека и производственной<br>среды                                       | 279 |
| Защита атмосферы от загрязнения                                                                                  | 317 |

**ИЗМЕРЕНИЕ И ОЦЕНИВАНИЕ  
ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА  
РАБОЧИХ МЕСТ**

Составители:

Шипулина Ю.В., к.т.н., доцент. кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Руденко М.Ф., д.т.н., профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Рецензент: Саинова В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Измерение и оценивание параметров микроклимата рабочих мест: Методические указания для лабораторных и практических работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность» всех специальностей и направлений / Ю.В. Шипулина, М.Ф. Руденко; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: АГТУ.

В методических указаниях рассмотрены вопросы нормирования и определения параметров, характеризующих метеоусловия производственных помещений. Приводятся описание приборов, методика выполнения работы и оформления полученных результатов.

Методические указания утверждены на заседании кафедры  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_\_.

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ:**

1. Изучить влияние микроклимата на состояние организма человека.
2. Изучить вопросы нормирования параметров микроклимата.
3. Ознакомиться со способами оптимизации микроклимата и со способами предупреждения неблагоприятного действия микроклимата на организм человека.
4. Определить метеорологические условия в помещении и дать им санитарно гигиеническую оценку.

## **2. ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ:**

1. Термометр
2. Психрометр Августа или аспирационный психрометр.
3. Шаровой термометр.
4. Анемометр крыльчатый или чашечный.

## **3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1. Влияние метеорологических условий на состояние здоровья человека**

*Микроклимат или метеорологические условия* - это совокупность температуры, влажности, скорости движения воздуха, теплового излучения окружающих предметов.

Роль микроклимата в жизнедеятельности человека предопределяется тем, что последняя может нормально протекать лишь при условии сохранения температурного гомеостаза, который достигается за счет деятельности различных систем организма (сердечно-сосудистой, дыхательной, выделительной, эндокринной; энергетического, водно-солевого и белкового обменов). Напряжение в функционировании различных систем при воздействии неблагоприятного микроклимата (нагревающего или охлаждающего) может быть причиной угнетения защитных сил организма,

возникновения предпатологических состояний, усугубляющих степень влияния и других производственных вредностей (например, вибрации, химических веществ и других), снижения работоспособности и производительности труда, повышения уровня заболеваемости.

С нагревающим микроклиматом человек сталкивается при работе в горячих цехах различных отраслей промышленности (металлургической, стекольной, пищевой и др.), в глубоких шахтах, а также при работе на открытом воздухе в летний период (южные регионы).

При работе в жарком климате (температура воздуха в тени 35—45 °С, почвы 58—60 °С) происходит ослабление деятельности сердечно-сосудистой системы. Снижение работоспособности наблюдается уже при температуре воздуха 25—30 °С.

Работоспособность человека, выполняющего тяжелую физическую работу, уже при температуре воздуха 25°С и влажности 35±5% уменьшается на 16,5%, а при влажности воздуха 80 % — на 24%. Тепловое облучение 350 Вт/м<sup>2</sup> (0,5 кал/ см<sup>2</sup>мин) создает дополнительную нагрузку на различные функциональные системы организма, в результате него (при температуре воздуха 25 °С и влажности 35%) работоспособность уменьшается на 27%. При температуре воздуха 29,5±2,5°С и влажности 60% уже к концу первого часа работы снижение работоспособности.

С охлаждающим микроклиматом человек сталкивается при работе на открытом воздухе в зимний и переходным периоды (нефтяники, строители, рабочие горнорудной и угольной промышленности, рабочие железнодорожного транспорта, геологи и др.), а также в производственных помещениях, в которых имеет место низкая температура воздуха, например, в хладокомбинатах.

Человеческое тело обладает уникальной способностью поддерживать постоянную температуру тела независимо от температуры окружающей среды.

Однако биологические возможности человека в сохранении постоянной температуры тела весьма ограничены, они основаны на теплообменных процессах, постоянно протекающих между телом человека и окружающей средой.

Теплообменные процессы между человеком и окружающей средой осуществляются тремя путями тепловым излучением, конвекцией и испарением. Доля их в общем теплообмене при нормальных условиях составляет 45%, 30-35%, 20-25% соответственно. Испарение у человека осуществляется двумя путями, большая часть тепла удаляется через механизм потоотделения и потоиспарения, меньшая в процессе дыхания. Процентное соотношение этих путей теплообмена может измениться под воздействием метеорологических условий, так с понижением температуры окружающего воздуха значение испарения для теплообмена снижается и растет доля конвекции. А с ростом температуры воздуха значение теплового излучения и конвекции падает и растет значение испарения, так, что, когда температура окружающей среды равна температуре человеческого тела, теплообмен происходит исключительно за счет испарения.

При охлаждении организма теплоотдача растет. Ее уменьшение достигается за счет сужения сосудов в периферических тканях. Если этого недостаточно для обеспечения теплового равновесия, то увеличивается теплообразование. Но возможности организма человека по поддержанию теплового равновесия ограничены, и охлаждающее действие внешней среды может приводить к переохлаждению. При этом понижается общая сопротивляемость организма к развитию заболеваний, возникают сосудистые расстройства, заболевания суставов. Процесс понижения температуры тела под воздействием микроклимата называется *гипотермией*.

При повышении температуры окружающей среды теплоотдача организма снижается или даже полностью прекращается. Это нарушает терморегуляцию, ведет к перегреву. Сильный перегрев организма называется

тепловым ударом и сопровождается учащением пульса, расстройством координации движений, адинамией, угнетением центральной нервной системы и даже потерей сознания. Процесс повышения температуры тела человека называется *гипертермией*. Высокие температуры оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека. Работа в условиях высокой температуры сопровождается интенсивным потоотделением, что приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей и водорастворимых витаминов, вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем - ослабляется внимание, ухудшается координация движений, замедляются реакции и т.д.

Следует иметь в виду, что действие климатических условий определяется совокупностью конкретных значений температуры, влажности, скорости движения воздуха.

*Температура* в производственных помещениях является одним из ведущих факторов, определяющих метеорологические условия производственной среды.

*Влажность* - содержание водяных паров в воздухе. Влияет на работоспособность человека, изменяя тепловой баланс организма: низкая влажность (менее 30 %) приводит к потере жидкости и минеральных веществ через кожу и слизистые, а высокая (более 60 %) - к избыточному потоотделению (для предупреждения перегревания), но низкому потоиспарению. Следовательно, подобные условия затрудняют мышечную деятельность человека, создают дополнительную нагрузку на адаптационные системы организма, снижают работоспособность и, значит, требуют уменьшения объема и интенсивности физической нагрузки. Разновидности влажности воздуха: *максимальная, абсолютная, относительная*.

*Абсолютная влажность воздуха* — это количество водяного пара в определенном объеме воздуха, мг/м<sup>3</sup>.

*Максимальная влажность воздуха* - это максимально возможное содержание водяного пара в определенном объеме воздуха при данной температуре, если концентрация влаги в воздухе достигает максимальной и продолжает расти, начинаются процессы конденсации воды на т.н. ядрах конденсации, ионах или мелких пылевых частицах и образуется туман или выпадает роса.

*Относительная влажность* - это отношение абсолютной влажности воздуха к максимальной, выраженное в процентах.

Для работоспособности человека большое значение имеют не только температура, влажность, но и *скорость, и направление движения воздуха*, которые воздействуют как на температурный баланс организма, так и на его психологическое состояние (сильные по скорости потоки (более 6-7 м/с) раздражают, слабые - успокаивают), на частоту и глубину дыхания, частоту пульса, на скорость передвижения человека. В условиях высоких температур и нормальной влажности повышенные скорости движения воздуха вызывают рост испарения с поверхностей тела, тем самым улучшая теплообмен. В условиях низких температур значительные скорости движения воздуха резко ухудшают тепловое состояние человека, сильно интенсифицируя теплообмен.

*Тепловое излучение (инфракрасное излучение)* представляет собой невидимое электромагнитное излучение с длиной волны от 0,76 до 540 нм, обладающее волновыми, квантовыми свойствами. Интенсивность теплоизлучения измеряется в Вт/м<sup>2</sup>. Инфракрасные лучи, проходя через воздух, его не нагревают, но, поглотившись твердыми телами, лучистая энергия переходит в тепловую, вызывая их нагревание. Источником инфракрасного излучения является любое нагретое тело.

Действие теплового излучения на организм имеет ряд особенностей, одной из которых является способность инфракрасных лучей различной

длины проникать на различную глубину и поглощаться соответствующими тканями, оказывая тепловое действие, что приводит к повышению температуры кожи, увеличению частоты пульса, изменению обмена веществ и артериального давления, заболеванию глаз.

Параметры микроклимата производственных помещений могут быть самыми разными, так как они зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции. Следовательно, состояние здоровья работников, находящихся в производственных помещениях, их работоспособность зависят от состояния микроклимата в этих помещениях.

Оценку теплового состояния человека в производственных помещениях производят в соответствии с методическими рекомендациями Минздрава №5168-90 "Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания.

### **3.2. Нормирование метеорологических условий**

Нормативные требования к параметрам микроклимата устанавливаются Санитарными правилами и нормами СанПиН 2 2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Принципиальное значение в нормах микроклимата имеет раздельное нормирование каждого компонента микроклимата: температуры, влажности, скорости движения воздуха. В рабочей зоне должны обеспечиваться параметры микроклимата, соответствующие *оптимальным и допустимым значениям*

Следует помнить, что человеческий организм - высокоорганизованная саморегулирующаяся система, способная адаптироваться к постоянно меняющимся погодным и экологическим условиям. Однако это относится

только к вполне здоровым людям с крепким организмом; ослабленные люди, страдающие хроническими заболеваниями, в 30-70 % случаев чувствительны к резким изменениям метеоусловий. У них могут появляться симптомы легкого недомогания, в редких случаях нарушение сердечной и мозговой деятельности

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учётом интенсивности энерготрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются: температура воздуха, температура поверхностей ; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения.

Термины и определения, необходимые для формирования принципа нормирования микроклимата.

*Производственные помещения* - замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

*Рабочее место* - участок помещения, на котором в течение рабочей смены или части ее осуществляется трудовая деятельность. Рабочим местом может являться несколько участков производственного помещения. Если эти участки расположены по всему помещению, то рабочим местом считается вся площадь помещения.

*Холодный период года* - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной  $+10^{\circ}\text{C}$  и ниже

*Тёплый период года* - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ .

*Среднесуточная температура наружного воздуха* - средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определённые часы суток через одинаковые интервалы времени. Она принимается по данным метеорологической службы.

*Разграничение работ по категориям* осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

**К категории Ia** относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборостроения и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т. п.).

**К категории Ib** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121—150 ккал/ч (140—174 Вт), производимые сидя, стоя, или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.).

**К категории Pa** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151—200 ккал/ч (175—232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определённого физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.).

**К категории Pb** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201—250 ккал/ч (233—290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением

(ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

**К категории III** относятся работы с интенсивностью энерготрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

*Тепловая нагрузка среды (ТНС)* - сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в °С.

Различают оптимальные и допустимые микроклиматические условия. *Оптимальные микроклиматические условия* установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведённым в табл. 1, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и тёплый периоды года. Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в таблице 1 для отдельных категорий работ.

*Допустимые микроклиматические условия* установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния: здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Таблица 1

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах  
производственных помещений

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|--------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный    | Ia (до 139)                                | 22—24                   | 21—25                        | 60—40                              | 0,1                            |
|             | Iб (140—174)                               | 21—23                   | 20—24                        | 60—40                              | 0,1                            |
|             | IIa (175—232)                              | 19—21                   | 18—22                        | 60—40                              | 0,2                            |
|             | IIб (233—290)                              | 17—19                   | 16—20                        | 60—40                              | 0,2                            |
|             | III (более 290)                            | 16—18                   | 15—19                        | 60—40                              | 0,3                            |
| Теплый      | Ia (до 139)                                | 23—25                   | 22—26                        | 60—40                              | 0,1                            |
|             | Iб (140—174)                               | 22—24                   | 21—25                        | 60—40                              | 0,1                            |
|             | IIa (175—232)                              | 20—22                   | 19—23                        | 60—40                              | 0,2                            |
|             | IIб (233—290)                              | 19—21                   | 18—22                        | 60—40                              | 0,2                            |
|             | III (более 290)                            | 18—20                   | 17—21                        | 60—40                              | 0,3                            |

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведённым в таблице 2 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и тёплый периоды года.

При температуре воздуха на рабочих местах 25 °С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

70 % - при температуре воздуха 25 °С;

65 % - при температуре воздуха 26 °С;

60 % - при температуре воздуха 27 °С;

55 % - при температуре воздуха 28 °С.

Таблица 2

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах  
производственных помещений

| Период года | Категория работ по уровню энерготрат, Вт | Температура воздуха. °С           |                              | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха. % | Скорость движения воздуха, м/с                                      |                                                                      |
|-------------|------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|             |                                          | диапазон ниже оптимальных величин | диапазон оптимальных величин |                              |                                    | для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более | для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более" |
| холодный    | Ia (до 139)                              | 20,0—21,9                         | 24,1—25,0                    | 19,0—28,0                    | 15—75*                             | 0,1                                                                 | 0,1                                                                  |
|             | Iб (140—174)                             | 19,0—20,9                         | 23,1—24,0                    | 18,0—25,0                    | 15—75                              | 0,1                                                                 | 0,2                                                                  |
|             | IIa (175—232)                            | 17,0—18,9                         | 21,1—23,0                    | 16,0—24,0                    | 15—75                              | 0,1                                                                 | 0,3                                                                  |
|             | IIб (233—290)                            | 15,0—16,9                         | 19,1—22,0                    | 14,0—23,0                    | 15—75                              | 0,2                                                                 | 0,4                                                                  |

|        |                       |               |               |           |         |     |     |
|--------|-----------------------|---------------|---------------|-----------|---------|-----|-----|
|        | III<br>(более<br>290) | 13,0—<br>15,9 | 18,1—<br>21,0 | 12,0—22,0 | 15—75   | 0,2 | 0,4 |
| тёплый | Ia (до<br>139)        | 21,0—<br>22,9 | 25,1—<br>28,0 | 20,0—29,0 | 15—75'  | 0,1 | 0,2 |
|        | Iб<br>(140—<br>174)   | 20,0—<br>21,9 | 24,1—<br>28,0 | 19,0—29,0 | 15—75*  | 0,1 | 0,3 |
|        | IIa<br>(175—<br>232)  | 18,0—<br>19,9 | 22,1—<br>27,0 | 17,0—28,0 | 15—75*  | 0,1 | 0,4 |
|        | IIб<br>(233—<br>290)  | 16,0—<br>18,9 | 21,1—<br>27,0 | 15,0—28,0 | 15—75*  | 0,2 | 0,5 |
|        | III<br>(более<br>290) | 15,0—<br>17,9 | 20,1—<br>26,0 | 14,0—27,0 | 1,5—75* | 0,2 | 0,5 |

При температуре воздуха-26—28 °С скорость движения воздуха, указанная в табл. 2 для тёплого периода года, должна соответствовать диапазону:

0,1—0,2 м/с - при категории работ Ia.

0,1—0,3 м/с - при категории работ Iб;

0,2—0,4 м/с - при категории работ IIa;

0,2—0,5 м/с - при категориях работ IIб и III.

### 3.3. Способы оптимизации микроклимата и способы предупреждения неблагоприятного действия микроклимата на организм человека.

Борьба с неблагоприятным влиянием производственного микроклимата осуществляется с использованием технологических, защитных, санитарно-технических и медико-профилактических мероприятий.

В профилактике вредного влияния высоких температур и инфракрасного излучения ведущая роль принадлежит *технологическим мероприятиям*. К ним относятся: замена старых и внедрение новых

технологических процессов и оборудования, автоматизация и механизация процессов, дистанционное управление.

К *защитным мероприятиям* относятся: системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).

Кроме технологических и защитных мероприятий в формировании микроклимата большое значение имеют *санитарно-технические мероприятия*, это: средства локализации тепловыделений, теплоизоляция.

*Медико-профилактические мероприятия* применяются в том случае, если с помощью выше перечисленных мероприятий невозможно установить оптимальные или допустимые параметры микроклимата: организация рационального режима труда и отдыха; обеспечение питьевого режима (еще в 30-х годах было предложено обеспечивать рабочих подсоленной газированной водой (0.5% раствор поваренной соли)); повышение устойчивости к высоким температурам путем использования фармакологических средств (прием дибазола, аскорбиновой кислоты, глюкозы), вдыхания кислорода; прохождение предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров.

Требования к устройству защитной одежды, оберегающей рабочих от действия высоких температур сложны, так как одновременно необходимо решать две во многом противоположные задачи - с одной стороны, такая одежда должна препятствовать поступлению тепла извне, с другой стороны, не должна ограничивать выделение тепла наружу. Такая одежда нередко изготавливается из специальных пористых материалов, обеспечивающих приемлемые условия испарения, не должна прилегать к коже, верхние слои

одежды могут быть изготовлены из материалов, отражающих ультрафиолетовое и инфракрасное излучение. Придание одежде дополнительных защитных свойств (от других опасных и вредных производственных факторов) ухудшает защитные термические свойства.

Мероприятия по профилактике неблагоприятного воздействия холода должны предусматривать задержку тепла - предупреждение выхолаживания производственных помещений, подбор рациональных режимов труда и отдыха, использование средств индивидуальной защиты, а также мероприятия по повышению защитных сил организма.

Наряду с ограничением продолжительности работы на открытом воздухе в холодное время года большое значение в профилактике охлаждения организма имеет применение эффективных способов согревания в кратковременные перерывы в работе. Как известно, кисть и стопа отличаются от других областей тела значительной плотностью артериальной сети и наличием большого числа артериовенозных анастомозов. Сосуды кожи на этих участках тела реагируют на термические воздействия быстрее и более резко, чем сосуды других областей. Учитывая это, для более эффективной профилактики охлаждения работающих наряду с общим рекомендуется применять местный обогрев рук и ног.

Специальная одежда для защиты от охлаждения в ряде метеорологических условий является единственным способом защиты. Защитные свойства зимней спецодежды определяются соответствием ее теплового сопротивления условиям трудовой деятельности (метеорологическим параметрам, продолжительности пребывания на холоде, уровню энерготрат). Одно из требований, предъявляемых к спецодежде данного вида, — это возможность регулирования ее теплового сопротивления в соответствии с возможными изменениями метеорологических условий и уровня энерготрат. Это требование может быть выполнено с помощью специального устройства одежды. Термическое сопротивление спецодежды

определяется ее видом, конструкцией, техническими параметрами материалов в пакете из них. При прочих равных условиях спецодежда, выполненная в виде комбинезона, куртки с брюками, обладает большими теплозащитными показателями, чем пальто.

В последние годы наблюдается существенное расширение взглядов на обеспечение оптимальных условий микроклимата. Следующим этапом в разработке систем обеспечения оптимальных метеорологических условий является обеспечение возможности удовлетворения индивидуальных требований к микроклимату. Усредненные нормативные параметры микроклимата могут быть неприемлемы для некоторых или даже для большинства людей в конкретном случае. В одном и том же помещении могут находиться люди, предпочитающие более высокую или более низкую температуру воздуха. Наиболее часто на практике встречается различие в требованиях к подвижности воздуха. Люди вынуждены находить компромисс по различным параметрам микроклимата. Например, зимой люди с повышенными требованиями к качеству воздуха допускают более низкую температуру в помещении, в то время как для тех, кто восприимчив к сквознякам, это нежелательно. Компромиссные сочетания параметров микроклимата могут быть разными для различных групп и изменяться с течением времени. Следовательно, каждый человек в помещении должен иметь средства для обеспечения индивидуальных требований к микроклимату в своей микроне.

### **3.4. Организация контроля и методы измерения параметров микроклимата**

Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям должны проводиться: в холодный период года - в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5 °С, в тёплый

период года -в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5 °С. Частота измерений в оба периода года определяется стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

При выборе участков и времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления и др.). Измерения показателей микроклимата следует проводить не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце) Измерения следует проводить на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них.

Таблица 3

Минимальное количество участков измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

| Площадь помещения, $m^2$ | Количество участков измерения                                                            |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| До 100                   | 4                                                                                        |
| От 100 до 400            | 8                                                                                        |
| Свыше 400                | Количество участков определяется расстоянием между ними, которое не должно превышать 10м |

Температуру и относительную влажность воздуха при наличии источников теплового излучения и воздушных потоков на рабочем месте измеряют аспирационными психрометрами. При отсутствии в местах измерения лучистого тепла и воздушных потоков температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами, не защищенными от воздействия теплового излучения и скорости движения

воздуха, могут использоваться также приборы, позволяющие отдельно измерять температуру и влажность воздуха.

Скорость движения воздуха измеряется анемометрами вращательного действия (крыльчатые, чашечные и др.). Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, - термоэлектроанемометрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищённости их от теплового излучения.

Температура поверхностей измеряется контактными приборами (типа электротермометров) или дистанционными (пирометры и др.).

Интенсивность теплового облучения следует измеряться приборами, обеспечивающими угол видимости датчика, близкий к полусфере (не менее 160°) и чувствительными в инфракрасной и видимой области спектра (актинометры, радиометры и т. д.).

Диапазон измерения и допустимая погрешность измерительных приборов должны соответствовать требованиям табл. 4.

Таблица 4

Требования к измерительным приборам

| Наименование показателя                          | Диапазон измерения        | Предельное отклонение |
|--------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Температура воздуха по сухому термометру, °С     | от —30 до 50              | ±0,2                  |
| Температура воздуха по смоченному термометру, °С | от 0 до 50                | ±0,2                  |
| Температура поверхности, °С                      | от 0 до 50                | ±0,5                  |
| Относительная влажность воздуха, %               | от 0 до 90                | ±5,0                  |
| Скорость движения воздуха, м/с                   | от 0 до 0,5<br>более 0,5  | ±0,06<br>±0,1         |
| Интенсивность теплового облучения. Вт/м²         | от 10 до 350<br>более 350 | ±6,0<br>±50,0         |

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

4.1. Определить категорию работ, выполняемых в лаборатории период года и занести эти данные в таблицу измерений (см Приложение 4 )

4.2. Определить для выбранной категории работ и периода года оптимальные и допустимые метеорологические условия и занести в таблицу измерений

4.3. Определить температуру воздуха на рабочем месте

4.4. Определить относительную влажность воздуха расчетным путем, для этого:

4.4.1. Снять показания с сухого  $t_c$  и мокрого  $t_m$  термометров

4.4.2. Определить атмосферное давление воздуха (  $P_0$  ) по барометру

4.4.3. Вычислить парциальное давление водяного пара ( $P_{\Pi}$ ):

$$P_{\Pi} = P_{\text{мн}} - 0,5 \cdot (t_c - t_m) \cdot \frac{P_6}{755}$$

где  $P_{\text{мн}}$  - парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре мокрого термометра ( $t_m$ ), кПа; (см. Приложение 2 )

4.4.4. Определить значение парциального давления насыщенного водяного пара ( $P_{\text{н}}$ )

$$P_{\text{н}} = P_{\text{сн}} - 0,5 \cdot (t_c - t_m) \cdot \frac{P_6}{755}$$

где,  $P_{\text{сн}}$  - парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра ( $t_c$ ), кПа,(см. Приложение 2 )

4.4.5. Вычислить значение относительной влажности воздуха по формуле:

$$\varphi = \frac{P_{\Pi}}{P_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

4.4.6 Определить значение относительной влажности по психрометрической таблице; (см. Приложение 3 или таблицу на гигрометре психрометрическом)

4.4.7 Сравнить вычисленное значение относительной влажности со значением, найденным по таблице. Вычислить относительную ошибку:

$$\Delta = \frac{|\varphi_{\text{табл}} - \varphi|}{\varphi_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

4.4.8. Вычислить значение абсолютной влажности  $n$  по формуле:

$$\alpha = \frac{P_{\text{п}}}{R_{\text{п}} \cdot T} \cdot 10^6$$

где  $\alpha$  - абсолютная влажность воздуха, г/м<sup>3</sup>;

$P_{\text{п}}$  - парциальное давление водяного пара, кПа ;

$R_{\text{п}}$  - удельная газовая постоянная водяного пара,  $R_{\text{п}} = 463 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$

$T = t_{\text{с}} + 273,16$  - температура воздуха по шкале Кельвина.

4.5. С помощью чашечного анемометра определить скорость движения воздуха при включенном вентиляторе. Для этого снять показания с прибора, не устанавливая его на ноль. Показания снимать, начиная со шкалы, где указаны тысячи, затем сотни и, наконец, десятки и единицы делений.

Включить вентилятор. После того, как чашечки анемометра начнут вращаться с постоянной скоростью, включить одновременно арретир анемометра и секундомер. Через **60 - 100** секунд выключить анемометр, секундомер, а затем и вентилятор. Вновь снять показания со всех трех шкал анемометра. Вычислить скорость движения воздуха по формуле:

$$V = \frac{c_1 - c_2}{t}$$

где  $V$  - скорость движения воздуха,  $c_1$  - показания анемометра до опыта, дел.;

$c_2$  - показания анемометра после опыта, дел.;

$t$  - время опыта, сек.

По тарифовочному графику переводим значение скорости движения воздуха в единицы измерения скорости, м/с.

**4.6.** Все данные, полученные в результате измерений или расчетов занести в таблицу (см. Приложение 4). При заполнении таблицы учесть, что скорость движения воздуха определялась при включенном вентиляторе, и

следовательно, сделать вывод о необходимости работы вентилятора в момент измерения параметров микроклимата.

**4.7.** Выполнить сравнение полученных данных с оптимальными или допустимыми метеорологическими условиями и сделать соответствующий вывод.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что такое метеорологические условия?
2. При каких условиях человек сталкивается с нагревающим и охлаждающим микроклиматом?
3. Каким образом осуществляются теплообменные процессы между человеком и средой?
4. Что такое гипотермия и гипертермия?
5. Что относится к основным средствам защиты от неблагоприятного воздействия воздушной среды и микроклимата на рабочих местах?
6. Перечислите основные разновидности влажности и дайте их определение?
7. Назовите перечень измерительных средств для определения параметров микроклимата?
8. Перечислите категории работ по интенсивности энергозатрат с указанием их предельных величин (Вт)
9. Назовите перечень нормативных документов по метеорологическим условиям
10. Перечислите основные мероприятия и способы оптимизации микроклимата.

### Библиографический список

1. Танашев, В.Р. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / В.Р.Танашев – М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 314 с.  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=349053](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=349053)
2. ГОСТ 12.1.005-76. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.
3. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха/ М.: Минрегион России, 2012 .
4. СП 2.2.1.1312-03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция.
6. ГОСТ 8.524-85. Таблицы психрометрические. Построение, содержание, расчетные соотношения.

## Приложение 1

### Время работы при температуре воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин

1. В целях защиты работающих от возможного перегрева или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено величинами, указанными в табл. 1.1 и табл. 1.2 настоящего приложения. При этом среднесменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ, указанных в таблице 1.1.

Таблица 1.1

#### Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

| Температура воздуха на рабочем месте, °С | Время пребывания, не более при категориях работ, ч |          |     |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------|-----|
|                                          | Ia— Ib                                             | IIa— IIб | III |
| 32,5                                     | 1                                                  | -        | -   |
| 32,0                                     | 2                                                  | -        | -   |
| 31,5                                     | 2,5                                                | 1        | -   |
| 31,0                                     | 3                                                  | 2        | -   |
| 30,5                                     | 4                                                  | 2,5      | 1   |
| 30,0                                     | 5                                                  | 3        | 2   |
| 29,5                                     | 5,5                                                | 4        | 2,5 |
| 29,0                                     | 6                                                  | 5        | 3   |
| 28,5                                     | 7                                                  | 5,5      | 4   |
| 28,0                                     |                                                    | 6        | 5   |
| 27,5                                     | -                                                  | 7        | 5,5 |
| 27,0                                     | -                                                  | -        | 6   |
| 26,5                                     | -                                                  | -        | 7   |
| 26,0                                     | -                                                  | -        | 8   |

Таблица 1.2

Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин

| Температура воздуха на рабочем месте, °С | Время пребывания, не более, при категориях работ, ч |    |     |     |     |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|
|                                          | Ia                                                  | Iб | IIa | IIб | III |
| 6                                        | -                                                   | -  | -   | -   | 1   |
| 7                                        | -                                                   | -  | -   | -   | 2   |
| 8                                        | -                                                   | -  | -   | 1   | 3   |
| 9                                        | -                                                   | -  | -   | 2   | 4   |
| 10                                       | -                                                   | -  | 1   | 3   | 5   |
| 11                                       | -                                                   | -  | 2   | 4   | 6   |
| 12                                       | -                                                   | 1  | 3   | 5   | 7   |
| 13                                       | 1                                                   | 2  | 4   | 6   | 8   |
| 14                                       | 2                                                   | 3  | 5   | 7   | -   |
| 15                                       | 3                                                   | 4  | 6   | 8   | -   |
| 16                                       | 4                                                   | 5  | 7   | -   | -   |
| 17                                       | 5                                                   | 6  | 8   | -   | -   |
| 18                                       | 6                                                   | 7  | -   | -   | -   |
| 19                                       | 7                                                   | 8  | -   | -   | -   |
| 20                                       | 8                                                   | -  |     |     |     |

Остальные показатели микроклимата (относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, температура поверхностей, интенсивность теплового облучения) должны быть в пределах допустимых величин.

## Приложение 2

## Парциальное давление насыщенного водяного пара

| Температура<br>воздуха, С | Парциальное<br>давление<br>насыщенного<br>водяного пара, кПа | Температура<br>воздуха, С | Парциальное<br>давление<br>насыщенного<br>водяного пара, кПа |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 8                         | 1,065                                                        | 24                        | 2,945                                                        |
| 9                         | 1,129                                                        | 25                        | 3,136                                                        |
| ю                         | 1,119                                                        | 26                        | 3,360                                                        |
| 1.1                       | 1,300                                                        | 27                        | 3,522                                                        |
| 12                        | 1,390                                                        | 28                        | 3,740                                                        |
| 13                        | 1,480                                                        | 29                        | 3,960                                                        |
| 14                        | 1,585                                                        | 30                        | 4,200                                                        |
| 15                        | 1,690                                                        | 31                        | 4,450                                                        |
| 16                        | 1,805                                                        | 32                        | 4,700                                                        |
| 17                        | 1,920                                                        | 33                        | 4,975                                                        |
| 18                        | 2,041                                                        | 34                        | 5,270                                                        |
| 19                        | 2,150                                                        | 35                        | 5,560                                                        |
| 20                        | 2,315                                                        | 36                        | 5,875                                                        |
| 21                        | 2,455                                                        | 37                        | 6,225                                                        |
| 22                        | 2,615                                                        | 38                        | 6,561                                                        |
| 23                        | 2,679                                                        | 39                        | 6,940                                                        |

## Приложение 3

Относительная влажность воздуха в зависимости от температуры по сухому термометру и разности между температурами по сухому и мокрому термометрами.

| $t_c, ^\circ\text{C}$ | Относительная влажность (в %) при $t_c - t_m, ^\circ\text{C}$ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                       | 0                                                             | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 8                     | 100                                                           | 87 | 75 | 63 | 51 | 40 | 29 | 18 | 7  | -  | -  | -  |
| 10                    | 100                                                           | 88 | 76 | 65 | 54 | 44 | 34 | 24 | 14 | 5  | -  | -  |
| 12                    | 100                                                           | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 | -- | -  |
| 14                    | 100                                                           | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 | 9  | -  |
| 16                    | 100                                                           | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 | 15 | 8  |
| 18                    | 100                                                           | 91 | 81 | 72 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 | 20 | 13 |
| 20                    | 100                                                           | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 | 24 | 18 |
| 22                    | 100                                                           | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 | 28 | 22 |
| 24                    | 100                                                           | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 | 31 | 26 |
| 26                    | 100                                                           | 92 | 85 | 78 | 71 | 64 | 58 | 51 | 46 | 40 | 34 | 29 |
| 28                    | 100                                                           | 93 | 85 | 78 | 72 | 65 | 59 | 53 | 48 | 42 | 37 | 32 |
| 30                    | 100                                                           | 93 | 86 | 79 | 73 | 67 | 61 | 55 | 50 | 44 | 39 | 34 |
| 32                    | 100                                                           | 93 | 86 | 80 | 74 | 68 | 62 | 57 | 52 | 46 | 42 | 37 |
| 34                    | 100                                                           | 93 | 87 | 81 | 75 | 69 | 63 | 58 | 53 | 48 | 44 | 39 |
| 36                    | 100                                                           | 93 | 87 | 81 | 75 | 69 | 64 | 59 | 54 | 49 | 45 | 40 |
| 38                    | 100                                                           | 94 | 88 | 82 | 76 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 47 | 42 |

## Приложение 4

Таблица результатов лабораторной работы

| Категория работ, выполняемых в учебной лаборатории, период года | Метеорологические условия |      |        |            |      |        |               |      |        |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|------|--------|------------|------|--------|---------------|------|--------|
|                                                                 | Оптимальные               |      |        | Допустимые |      |        | В лаборатории |      |        |
|                                                                 | t, °C                     | φ, % | V, м/с | t, °C      | φ, % | V, м/с | t, °C         | φ, % | V, м/с |
|                                                                 |                           |      |        |            |      |        |               |      |        |

Вывод:

# **АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА**

**Методические указания  
для практических и расчетно-графических работ  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная  
безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность»**

**(для студентов всех специальностей и направлений)**

Составители:

Шипулина Ю.В., к.т.н., доцент. кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Руденко М.Ф., д.т.н., профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Рецензент: Саинова В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Анализ травматизма: Методические указания для практических и расчетно-графических работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность» для студентов всех специальностей и направлений / Ю.В. Шипулина, М.Ф. Руденко; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: АГТУ

Рассматриваемый в методических указаниях способ широко применяется для характеристики и анализа производственного травматизма на предприятии, объединении, в административном районе, городе и области и представляет интерес для студентов, знакомящихся с фактическим состоянием дел по охране труда в Астраханской области.

Методические указания утверждены на заседании кафедры  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_\_.

## **МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА**

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ** метод, при котором обрабатываются статистические данные по травматизму и вычисляются показатели травматизма (способ относительных показателей или коэффициентов).

**МОНОГРАФИЧЕСКИЙ** метод, при котором проводится детальный анализ приемов работы и условий труда на одном инструменте или при одной операции. Привлекаются специалисты разного профиля. Цель анализа - оценить причину несчастного случая и разработать мероприятия по предупреждению их в будущем.

**ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ** метод, при котором на графическое изображение территории предприятия или его структурного подразделения (цеха, участка) наносится специальными условными знаками место, где произошёл несчастный случай. На графическом плане предприятия наглядно отражаются неблагоприятные рабочие места.

**ТЕХНИЧЕСКИЙ** метод, при котором проводят расчёт и испытание технических средств (машин, механизмов, спасательных средств, сигнализации) с целью выявления наиболее безопасных.

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ** метод, при котором оцениваются экономические показатели травматизма.

### **Способ относительных показателей (коэффициентов)**

Для характеристики и анализа производственного травматизма на предприятии, объединении, в административном районе, городе и области применяется способ относительных показателей (коэффициентов).

Этот способ может быть распространен на несколько временных интервалов (на 4 квартала одного года, на 10 лет) с целью определить динамику (тенденции) развития производственного травматизма, как социально-экономического процесса.

С помощью этого способа может быть проведено сравнение ситуации с производственным травматизмом на соседних предприятиях, в соседних районах и областях как по средним абсолютным значениям показателей, так и по наблюдаемым тенденциям изменения показателей.

Для применения статистического метода необходимо иметь следующие статистические данные:

- число действующих предприятий -  $C_d$ ;
- число травмоопасных предприятий -  $C_{то}$ ;
- списочное число работающих –  $P$ ;
- число работающих, которые пострадали от травм –  $H$ ;
- число погибших от травм -  $H_n$ ;
- число рабочих дней, потерянных в связи с травматизмом –  $D$ ;
- затраты на охрану и улучшение условий труда –  $З$ .

Располагая такими данными вычисляют относительные показатели (коэффициенты) производственного травматизма:

1. Показатель травмоопасных предприятий

$$K_{то} = (C_{то} * 100 \%) / C_d$$

2. Показатель травмоопасности единичного предприятия.

$$K_{те} = H / C_{то}$$

3. Показатель тяжести травмы единичного предприятия

$$K_{tte} = D / C_{то}$$

4. Показатель частоты травматизма

$$K_ч = (H * 1000) / P$$

5. Показатель нетрудоспособности по причине травматизма

$$K_n = (D * 1000) / P$$

6. Показатель тяжести травматизма

$$K_T = D / H$$

## 7. Показатель смертельного исхода

$$K_{ст}=(H_{п}*1000)/P$$

## 8. Затраты на охрану и улучшение условий труда на одного списочного рабочего.

$$K_3=3/P$$

Этот показатель определяют в рублях на 1 работающего из условия, что затраты 3 пересчитаны в цены последнего года статистических данных.

## 9. Показатель риска получения травмы.

$$K_{пт}=(H*10000)/P=A_{пт}*10^{-4},$$

где  $A_{пт}$  - конкретный показатель риска

## 10. Показатель риска получения смертельной травмы.

$$K_{ст}=(H_{п}*10000)/P=A_{ст}*10^{-4},$$

где  $A_{ст}$  - конкретный показатель риска.

Определив все десять показателей, строят графики для анализа.

График для анализа строят следующим образом: на оси абсцисс обозначают период статистической отчетности (8-10 лет, например, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 гг.), а на оси ординат откладывают значения соответствующих коэффициентов. По итогам графика для случаев устойчивого роста (снижения) показателя надо определить темп роста  $t_p$  – это величина, предназначенная для количественного выражения динамики показателя. Темп роста определяют по выражению:

$$t_p=K_{2015}*100\%/K_{2008},$$

где  $K_{2015}$  – последний год исследуемого периода,  $K_{2008}$  - первый год исследуемого периода.

При  $t_p>100\%$  имеет место положительная тенденция, что для травматизма нежелательно (кроме показателя  $K_3$ , он должен расти).

При  $t_p<100\%$  имеет место отрицательная тенденция, что для травматизма желательно (кроме показателя  $K_3$ , он должен увеличиваться)

По полученному графику и темпу роста  $t_p$  выполняют первичный анализ, при этом может быть несколько вариантов.

*Первый вариант*



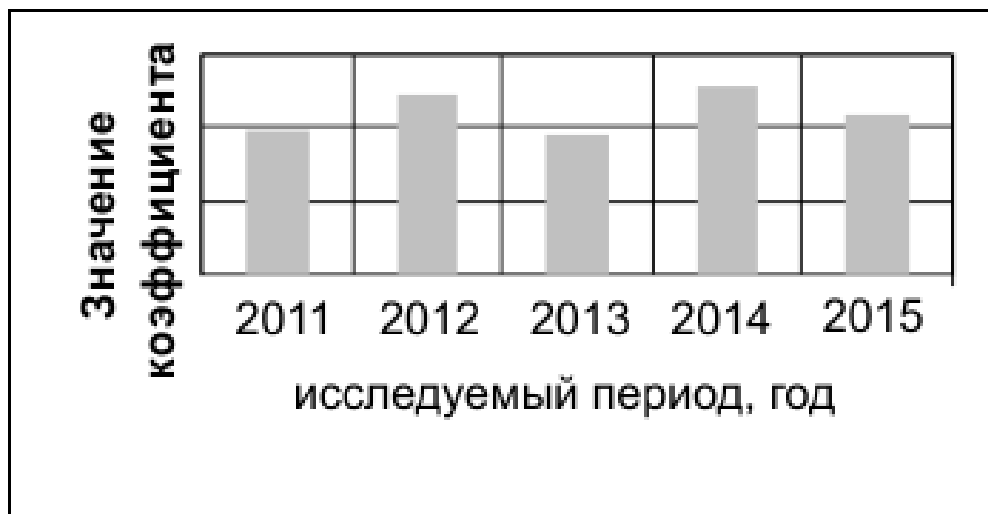
Показатель, характеризующий (указать, что характеризует – например, тяжесть травматизма) имеет устойчивую тенденцию к снижению, что характеризует ситуацию в изучаемом районе как положительную (для всех показателей, кроме показателя  $K_3$ ).

*Второй вариант*



Показатель, характеризующий (указать, что характеризует – например, тяжесть травматизма) имеет тенденцию к росту, что негативно характеризует ситуацию в изучаемом районе (для всех показателей, кроме показателя  $K_3$ ).

*Третий вариант.*



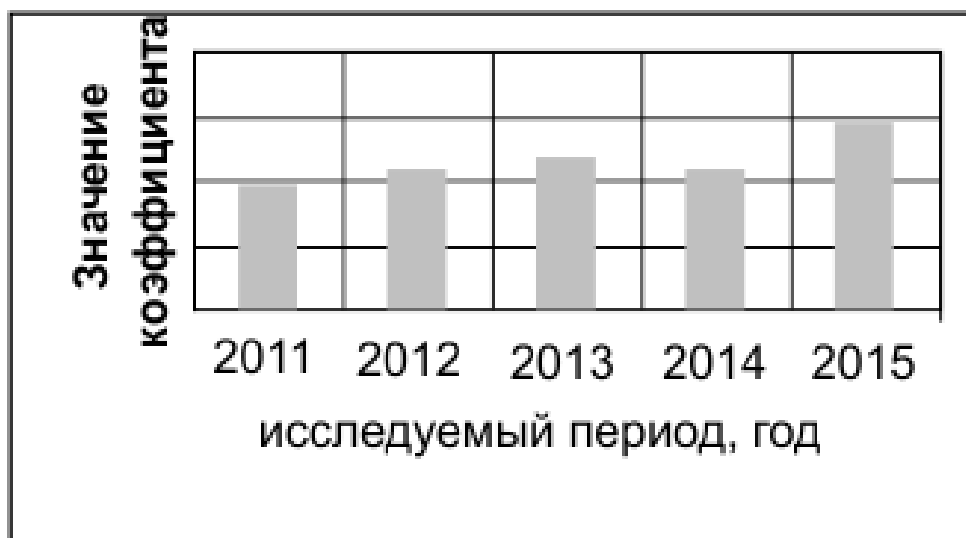
Показатель, характеризующий (указать, что характеризует – например, тяжесть травматизма), имеет неустойчивую цикличность. По данным за 2003 г. коэффициент  $K$  (указать какой) ниже (выше) значения 2002 г. и имеет тенденцию (указать какую) по темпу роста  $t_p$ .

*Четвертый вариант*



Показатель, характеризующий (указать, что характеризует, например тяжесть травматизма) в период 1999-2003 гг. имел тенденцию к снижению (увеличению), а в 2003 г. имел место рост (снижение) показателя.

#### *Пятый вариант*



Показатель, характеризующий (указать, что характеризует, например тяжесть травматизма) в период 1999-2003 гг. имел плавную тенденцию к увеличению (снижению), а в 2002 г. имело место незначительное снижение (рост) показателя.

При анализе необходимо учитывать, что конкретный год на графике – это не точка, а протяженный период.

Метод анализа производственного травматизма можно распространить на несколько смежных временных интервалов, для оценки изменений в ситуации с травматизмом, произошедших за это время, или на несколько административных районов, и/или других объектов сравнения, для выявления тех из них, где складывается наиболее (не)благоприятная обстановка по производственному травматизму. При сравнении отдельного района и области или района города и города в целом, указать, какую часть от целого занимает район по данному показателю.

### **ЗАДАНИЕ**

1. Получить у преподавателя наименования объектов, по которым необходимо произвести анализ травматизма (как правило, два района).
2. Законспектировать теоретический материал, изучить формулы, по которым вычисляются показатели, ознакомиться с ходом работы (страницы 3-7).
3. Переписать статистические данные по заданным объектам за 5-летний период, один и тот же для обоих объектов (Приложение 1).
4. Произвести вычисления всех показателей травматизма для всех лет по двум объектам.
5. Для каждого объекта и каждого показателя построить график в виде столбчатой диаграммы.
6. Сделать выводы по динамике каждого показателя.
7. Сравнить ситуацию на объектах по каждому показателю.
8. Сдать аккуратно оформленную работу (в отдельной 12-листовой тетради или на листах формата А4) не позднее, чем через четыре недели после получения задания.

## Приложение 1

Таблица статистических данных по производственному травматизму в  
Астраханской области и в г. Астрахани.

| Наименованиерайонов  | Год  | Наименование показателей и их значение по годам |     |        |     |    |       |          |
|----------------------|------|-------------------------------------------------|-----|--------|-----|----|-------|----------|
|                      |      | Сд                                              | Сто | Р      | Н   | Нп | Д     | З        |
| 1                    | 2    | 3                                               | 4   | 5      | 6   | 7  | 8     | 9        |
| Астраханская область | 2006 | 927                                             | 255 | 216064 | 691 | 47 | 19451 | 196,892  |
|                      | 2007 | 975                                             | 242 | 203869 | 633 | 34 | 19899 | 184,5999 |
|                      | 2008 | 1052                                            | 246 | 187427 | 554 | 34 | 15678 | 265,705  |
|                      | 2009 | 1053                                            | 199 | 185451 | 457 | 27 | 16732 | 151,512  |
|                      | 2010 | 1063                                            | 207 | 185648 | 516 | 30 | 17041 | 196,842  |
|                      | 2011 | 1065                                            | 214 | 183797 | 474 | 25 | 18521 | 217,283  |
|                      | 2012 | 1066                                            | 192 | 179383 | 424 | 27 | 14970 | 233,878  |
|                      | 2014 | 1001                                            | 179 | 168556 | 450 | 21 | 14769 | 264,3    |
|                      | 2016 | 1021                                            | 161 | 160864 | 324 | 29 | 12233 | 465,54   |
|                      | 2017 | 1042                                            | 129 | 158511 | 296 | 26 | 10544 | 430,99   |
| Кировский район      | 2006 | 115                                             | 28  | 36861  | 33  | 6  | 2785  | 20,079   |
|                      | 2007 | 94                                              | 25  | 35963  | 85  | 2  | 2716  | 25,555   |
|                      | 2008 | 119                                             | 25  | 27597  | 56  | 2  | 1350  | 25,2324  |
|                      | 2009 | 118                                             | 24  | 25200  | 48  | 1  | 2178  | 34,1195  |
|                      | 2010 | 127                                             | 18  | 26422  | 32  | 4  | 1532  | 19,4143  |
|                      | 2011 | 138                                             | 27  | 27838  | 66  | 4  | 2645  | 22,04    |
|                      | 2012 | 151                                             | 30  | 28746  | 61  | 4  | 1971  | 29,195   |
|                      | 2014 | 153                                             | 27  | 26497  | 65  | 5  | 1855  | 30,95    |
|                      | 2016 | 168                                             | 28  | 22674  | 47  | 3  | 1875  | 41,6     |
|                      | 2017 | 190                                             | 23  | 28212  | 37  | 3  | 1853  | 36,62    |
| Ленинский район      | 2006 | 93                                              | 31  | 25075  | 60  | 10 | 1715  | 44,541   |
|                      | 2007 | 85                                              | 25  | 26115  | 71  | 5  | 2333  | 37,9234  |
|                      | 2008 | 98                                              | 37  | 27107  | 82  | 6  | 1919  | 28,6461  |
|                      | 2009 | 104                                             | 30  | 28783  | 72  | 7  | 2198  | 32,8285  |
|                      | 2010 | 105                                             | 29  | 26613  | 86  | 10 | 2791  | 31,564   |
|                      | 2011 | 107                                             | 36  | 28338  | 68  | 4  | 1790  | 35,9676  |
|                      | 2012 | 120                                             | 33  | 29450  | 69  | 6  | 1886  | 39,452   |
|                      | 2014 | 130                                             | 34  | 26755  | 89  | 2  | 3195  | 39,63    |
|                      | 2016 | 144                                             | 35  | 27036  | 75  | 5  | 2623  | 57,72    |
|                      | 2017 | 146                                             | 29  | 30536  | 68  | 1  | 2029  | 73,82    |
| Советский район      | 2006 | 131                                             | 32  | 25098  | 79  | 4  | 2006  | 14,334   |
|                      | 2007 | 117                                             | 30  | 22947  | 77  | 1  | 2526  | 12,566   |
|                      | 2008 | 126                                             | 34  | 23372  | 94  | 5  | 2294  | 14,978   |
|                      | 2009 | 111                                             | 30  | 24338  | 68  | 1  | 2579  | 23,859   |
|                      | 2010 | 120                                             | 29  | 23800  | 71  | 1  | 2488  | 12,384   |
|                      | 2011 | 128                                             | 28  | 21589  | 58  | 2  | 1872  | 17,3295  |
|                      | 2012 | 144                                             | 26  | 22259  | 61  | 4  | 1818  | 43,139   |

|                   |      |     |     |        |     |    |       |         |
|-------------------|------|-----|-----|--------|-----|----|-------|---------|
|                   | 2013 | 135 | 15  | 22926  | 69  | 2  | 1572  | 19,47   |
|                   | 2014 | 139 | 19  | 20993  | 41  | 6  | 1684  | 23,89   |
|                   | 2015 | 126 | 15  | 17708  | 39  | 2  | 1218  | 31,14   |
| Трусовский район  | 2006 | 70  | 28  | 15953  | 66  | 5  | 2193  | 15,89   |
|                   | 2007 | 63  | 26  | 14406  | 77  | 4  | 2542  | 15,398  |
|                   | 2008 | 61  | 27  | 14295  | 66  | 0  | 2957  | 12,8275 |
|                   | 2009 | 71  | 24  | 14803  | 61  | 1  | 1441  | 9,1453  |
|                   | 2010 | 68  | 25  | 14725  | 67  | 1  | 2600  | 17,3077 |
|                   | 2011 | 69  | 23  | 15377  | 61  | 2  | 1812  | 12,692  |
|                   | 2012 | 78  | 23  | 16818  | 56  | 5  | 2549  | 12,482  |
|                   | 2014 | 73  | 20  | 15060  | 47  | 2  | 2360  | 27,63   |
|                   | 2016 | 74  | 16  | 14798  | 33  | 4  | 1620  | 29,72   |
|                   | 2017 | 69  | 16  | 12719  | 39  | 6  | 1688  | 27,73   |
| г. Астрахань      | 2006 | 409 | 119 | 102987 | 238 | 25 | 8699  | 94,844  |
|                   | 2007 | 359 | 106 | 99431  | 310 | 12 | 10117 | 91,4424 |
|                   | 2008 | 404 | 123 | 92371  | 298 | 13 | 8520  | 81,684  |
|                   | 2009 | 404 | 108 | 93124  | 249 | 10 | 8396  | 99,9523 |
|                   | 2010 | 420 | 101 | 91560  | 256 | 16 | 9411  | 80,67   |
|                   | 2011 | 442 | 114 | 93142  | 253 | 12 | 8119  | 88,0291 |
|                   | 2012 | 493 | 112 | 97273  | 247 | 19 | 8224  | 124,268 |
|                   | 2014 | 491 | 96  | 91238  | 270 | 11 | 8982  | 117,68  |
|                   | 2016 | 519 | 98  | 89501  | 196 | 18 | 7802  | 153,93  |
|                   | 2017 | 531 | 83  | 89175  | 183 | 12 | 6768  | 169,31  |
| Ахтубинский район | 2007 | 72  | 27  | 14995  | 70  | 2  | 2055  | 15,3155 |
|                   | 2008 | 83  | 28  | 14505  | 50  | 1  | 1128  | 11,8284 |
|                   | 2009 | 77  | 26  | 13690  | 50  | 1  | 1300  | 13,4861 |
|                   | 2010 | 81  | 16  | 12775  | 35  | 1  | 1064  | 5,755   |
|                   | 2011 | 80  | 19  | 13183  | 31  | 2  | 714.  | 14,5174 |
|                   | 2012 | 87  | 22  | 13157  | 38  | 0  | 3917  | 7,8848  |
|                   | 2013 | 85  | 21  | 12463  | 37  | 2  | 12386 | 15,625  |
|                   | 2014 | 72  | 19  | 11304  | 39  | 2  | 1237  | 24,66   |
|                   | 2015 | 56  | 13  | 9233   | 22  | 1  | 1019  | 33,15   |
|                   | 2016 | 57  | 7   | 9609   | 13  | 1  | 305   | 28,48   |
| Володарский район | 2006 | 43  | 8   | 9510   | 14  | 2  | 449   | 1,9262  |
|                   | 2007 | 52  | 9   | 8989   | 14  | 5  | 598   | 1,2     |
|                   | 2008 | 62  | 6   | 7778   | 10  | 5  | 225   | 1,162   |
|                   | 2009 | 65  | 3   | 7318   | 4   | 2  | 247   | 1,1663  |
|                   | 2010 | 69  | 4   | 8153   | 5   | 1  | 85    | 1,2     |
|                   | 2011 | 69  | 3   | 7477   | 4   | 1  | 261   | 0,947   |
|                   | 2012 | 67  | 5   | 6699   | 7   | 0  | 671   | 1,0237  |
|                   | 2014 | 56  | 2   | 5092   | 6   | 0  | 113   | 1,12    |
|                   | 2016 | 36  | 1   | 3370   | 2   | 0  | 47    | 0,73    |
|                   | 2017 | 38  | 2   | 3628   | 6   | 2  | 120   | 0,54    |
| Енотаевский район | 2006 | 41  | 7   | 4739   | 9   | 0  | 225   | 0,748   |
|                   | 2007 | 51  | 8   | 4261   | 16  | 0  | 617   | 0,6396  |
|                   | 2008 | 46  | 8   | 3798   | 10  | 0  | 525   | 0,5     |

|                    |      |    |    |       |    |   |      |         |
|--------------------|------|----|----|-------|----|---|------|---------|
|                    | 2009 | 50 | 4  | 3696  | 4  | 0 | 215  | 1,166   |
|                    | 2010 | 46 | 3  | 3339  | 3  | 0 | 116  | 0,622   |
|                    | 2011 | 47 | 5  | 2990  | 10 | 1 | 358  | 0,3856  |
|                    | 2012 | 36 | 2  | 2566  | 2  | 0 | 144  | 0,476   |
|                    | 2014 | 29 | 2  | 2286  | 2  | 0 | 29   | 0,370   |
|                    | 2016 | 26 | 4  | 2080  | 4  | 1 | 107  | 0,84    |
|                    | 2017 | 27 | 1  | 2242  | 1  | 0 | 38   | 0,98    |
| Икрянинский район  | 2006 | 59 | 17 | 13056 | 51 | 4 | 1665 | 2493    |
|                    | 2007 | 78 | 17 | 11550 | 35 | 3 | 1372 | 4,458   |
|                    | 2008 | 88 | 16 | 11255 | 36 | 0 | 1008 | 7,376   |
|                    | 2009 | 87 | 15 | 11019 | 29 | 5 | 853  | 5,598   |
|                    | 2010 | 88 | 16 | 10866 | 48 | 5 | 1153 | 9,321   |
|                    | 2011 | 80 | 18 | 10178 | 46 | 4 | 1435 | 6,476   |
|                    | 2012 | 70 | 13 | 10045 | 36 | 1 | 1069 | 6,7084  |
|                    | 2014 | 68 | 16 | 9849  | 37 | 2 | 1538 | 8,01    |
|                    | 2016 | 78 | 14 | 9295  | 30 | 5 | 892  | 10,17   |
|                    | 2017 | 84 | 14 | 9283  | 34 | 2 | 890  | 8,37    |
| Камызякский район  | 2007 | 56 | 15 | 13066 | 35 | 2 | 585  | 3,3     |
|                    | 2008 | 57 | 16 | 12015 | 39 | 5 | 961  | 3,543   |
|                    | 2009 | 67 | 12 | 10821 | 21 | 3 | 744  | 2,642   |
| 1                  | 2    | 3  | 4  | 5     | 6  | 7 | 8    | 9       |
|                    | 2010 | 65 | 11 | 10949 | 20 | 1 | 823  | 1,817   |
|                    | 2011 | 71 | 15 | 10457 | 28 | 2 | 988  | 3,066   |
|                    | 2012 | 63 | 13 | 9489  | 23 | 2 | 751  | 2,2375  |
|                    | 2013 | 67 | 5  | 7817  | 10 | 0 | 171  | 1,334   |
|                    | 2014 | 66 | 9  | 7171  | 16 | 1 | 587  | 2,5     |
|                    | 2015 | 66 | 6  | 6456  | 12 | 3 | 339  | 2,4     |
|                    | 2016 | 69 | 3  | 5772  | 7  | 3 | 103  | 2,07    |
| Красноярский район | 2006 | 46 | 11 | 26227 | 40 | 6 | 1500 | 60,23   |
|                    | 2007 | 60 | 9  | 22799 | 40 | 2 | 1660 | 63,132  |
|                    | 2008 | 75 | 10 | 21986 | 39 | 2 | 1241 | 147,864 |
|                    | 2009 | 76 | 7  | 21755 | 41 | 1 | 1887 | 44,858  |
|                    | 2010 | 57 | 10 | 22303 | 33 | 1 | 2134 | 78,983  |
|                    | 2011 | 58 | 6  | 23519 | 19 | 1 | 965  | 103,917 |
|                    | 2012 | 54 | 8  | 22617 | 29 | 1 | 1452 | 14,81   |
|                    | 2014 | 43 | 5  | 22249 | 11 | 1 | 991  | 100,17  |
|                    | 2016 | 40 | 7  | 21802 | 28 | 0 | 911  | 192,6   |
|                    | 2017 | 44 | 3  | 20183 | 14 | 1 | 942  | 207,72  |
| Лиманский район    | 2006 | 43 | 10 | 5276  | 35 | 1 | 785  | 2,212   |
|                    | 2007 | 60 | 11 | 5403  | 24 | 0 | 602  | 1,105   |
|                    | 2008 | 59 | 8  | 4776  | 11 | 3 | 225  | 1,555   |
|                    | 2009 | 61 | 7  | 4825  | 12 | 3 | 360  | 0,72    |
|                    | 2010 | 58 | 9  | 4686  | 11 | 0 | 320  | 1,502   |
|                    | 2011 | 60 | 5  | 4576  | 7  | 1 | 504  | 0,648   |
|                    | 2012 | 53 | 3  | 3861  | 3  | 0 | 77   | 1,6447  |
|                    | 2014 | 37 | 2  | 3413  | 5  | 0 | 225  | 1,66    |

|                                               |      |     |        |      |    |       |         |          |
|-----------------------------------------------|------|-----|--------|------|----|-------|---------|----------|
|                                               | 2016 | 45  | 1      | 3134 | 1  | 0     | 99      | 5,94     |
|                                               | 2017 | 42  | 1      | 2999 | 1  | 0     | 5       | 6,38     |
| Наримановский район                           | 2006 | 34  | 11     | 6363 | 20 | 0     | 822     | 3,2173   |
|                                               | 2007 | 41  | 8      | 7336 | 17 | 0     | 702     | 2,4895   |
|                                               | 2008 | 41  | 10     | 6675 | 14 | 2     | 303     | 16,952   |
|                                               | 2009 | 41  | 9      | 6290 | 19 | 2     | 873     | 1,957    |
|                                               | 2010 | 44  | 6      | 6378 | 15 | 0     | 442     | 2,1565   |
|                                               | 2011 | 36  | 11     | 5798 | 33 | 2     | 634     | 3,3949   |
|                                               | 2012 | 31  | 6      | 4751 | 21 | 0     | 1119    | 2,7771   |
|                                               | 2014 | 39  | 8      | 5136 | 20 | 2     | 369     | 3,49     |
|                                               | 2015 | 42  | 6      | 4805 | 11 | 1     | 335     | 4,69     |
|                                               | 2016 | 36  | 7      | 4381 | 15 | 3     | 539     | 2,42     |
| Приволжский район                             | 2006 | 43  | 9      | 6632 | 20 | 2     | 740     | 1,8895   |
|                                               | 2007 | 34  | 9      | 4719 | 20 | 0     | 805     | 1,5125   |
|                                               | 2008 | 31  | 9      | 3442 | 23 | 2     | 405     | 0,883    |
|                                               | 2009 | 33  | 6      | 4265 | 13 | 0     | 1436    | 1,2778   |
|                                               | 2010 | 37  | 9      | 5511 | 20 | 2     | 690     | 2,3445   |
|                                               | 2011 | 37  | 5      | 4359 | 13 | 0     | 885     | 1,2508   |
|                                               | 2012 | 31  | 4      | 3609 | 8  | 1     | 199     | 2,8547   |
|                                               | 2014 | 40  | 4      | 4118 | 9  | 0     | 247     | 1,51     |
|                                               | 2016 | 28  | 3      | 2668 | 7  | 0     | 383     | 2,06     |
|                                               | 2017 | 32  | 2      | 3065 | 4  | 0     | 163     | 1,81     |
| Харабалинский район                           | 2006 | 53  | 14     | 8911 | 79 | 1     | 1522    | 3,267    |
|                                               | 2007 | 64  | 16     | 8575 | 61 | 2     | 874     | 2,8488   |
|                                               | 2008 | 64  | 14     | 7042 | 31 | 3     | 710     | 1,111242 |
|                                               | 2009 | 64  | 14     | 7042 | 31 | 3     | 710     | 1,098    |
|                                               | 2010 | 55  | 8      | 6031 | 20 | 2     | 282     | 1,4127   |
|                                               | 2011 | 55  | 11     | 5987 | 41 | 1     | 841     | 1,7046   |
|                                               | 2012 | 53  | 9      | 5926 | 23 | 1     | 510     | 1,7689   |
|                                               | 2014 | 50  | 10     | 5176 | 22 | 3     | 553     | 2,5171   |
|                                               | 2016 | 40  | 6      | 4574 | 17 | 2     | 402     | 2,55     |
|                                               | 2017 | 38  | 4      | 4007 | 8  | 0     | 185     | 1,26     |
|                                               | 2006 | 37  | 4      | 3691 | 9  | 0     | 198     | 1,61     |
| Черноярский район                             | 2006 | 30  | 7      | 4302 | 20 | 2     | 404     | 0,48998  |
|                                               | 2007 | 36  | 5      | 4286 | 7  | 0     | 463     | 0,8714   |
|                                               | 2008 | 38  | 4      | 3793 | 11 | 0     | 312     | 0,6543   |
|                                               | 2009 | 40  | 5      | 3404 | 11 | 0     | 296     | 0,6895   |
|                                               | 2010 | 38  | 4      | 3225 | 5  | 0     | 147     | 0,839    |
|                                               | 2011 | 33  | 3      | 2966 | 5  | 0     | 163     | 0,347    |
|                                               | 2012 | 29  | 2      | 2506 | 2  | 0     | 23      | 0,3375   |
|                                               | 2014 | 20  | 0      | 2146 | 0  | 0     | 0       | 0,45     |
|                                               | 2016 | 25  | 1      | 2019 | 1  | 0     | 13      | 0,55     |
|                                               | 2017 | 24  | 2      | 1874 | 3  | 1     | 259     | 0,51     |
| Астраханская область<br>(без<br>г. Астрахани) | 2006 | 136 | 113077 | 453  | 22 | 10752 | 102,048 | 518      |
|                                               | 2007 | 136 | 104438 | 323  | 22 | 9782  | 93,1575 | 616      |
|                                               | 2008 | 123 | 95056  | 256  | 21 | 7158  | 184,021 | 648      |
|                                               | 2009 | 91  | 92327  | 208  | 17 | 8336  | 51,5597 | 649      |

|  |      |     |       |     |    |       |          |     |
|--|------|-----|-------|-----|----|-------|----------|-----|
|  | 2010 | 106 | 94088 | 260 | 14 | 7630  | 116,172  | 643 |
|  | 2011 | 100 | 90655 | 221 | 13 | 10402 | 129,2539 | 623 |
|  | 2012 | 80  | 82110 | 177 | 8  | 6746  | 109,61   | 573 |
|  | 2013 | 83  | 77318 | 180 | 10 | 5787  | 146,62   | 510 |
|  | 2014 | 63  | 71363 | 128 | 11 | 4431  | 311,61   | 502 |
|  | 2015 | 46  | 69336 | 113 | 14 | 3776  | 261,68   | 511 |

Сд- Число действующих предприятий

Сто- Число травмоопасных предприятий

Р- Число работающих

Н- Число пострадавших от травм

Нп- Число погибших от травм

Д- Число дней, потерянных в связи с травмами

З- Затраты на охрану и улучшение условий труда (в десятках тысяч рублей и ценах 2007 г).

### Библиографический список

1. Танащев, В.Р. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / В.Р.Танащев – М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 314 с.  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=349053](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=349053)
2. Плошкин, В. В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для вузов, Ч. 1 / В.В. Плошкин – М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 380 с.  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=271548](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=271548)
3. Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. 14-е изд.стер. / Под ред. Русака О.Н. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012. – 672 с.: ил. (Учебники для вузов. Специальная литература)  
<http://e.lanbook.com/view/book/70508/>

**КАЧЕСТВО ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ.  
НОРМИРОВАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ  
ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ**

*Методические указания для лабораторных и практических работ по  
курсу*

*«Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и  
охрана труда», «Техносферная безопасность» для студентов всех  
направлений и специальностей*

Составители: Третьяк Л.П., к.б.н., доцент; Руденко М.Ф., д.т.н., профессор; Марков А.А., ст. преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Рецензент: Шипулина Ю.В., к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Качество воздуха рабочей зоны: Методические указания для лабораторных и практических работ по дисциплинам «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность» для студентов всех специальностей и направлений

*Методические указания утверждены на заседании кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»*

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с химическими опасными и вредными производственными факторами и классификацией вредных веществ по опасности.
2. Изучить пути проникновения в организм человека и особенности действия некоторых вредных веществ, присутствующих в воздухе в виде газа, пара или аэрозоля.
3. Ознакомиться со способами оказания первой помощи при отравлении некоторыми вредными веществами.
4. Изучить вопросы нормирования содержания вредных веществ в воздухе.
5. Ознакомиться со способами измерения и контроля концентрации вредных веществ в воздухе.
6. Исследовать содержание некоторых вредных веществ в воздухе (в модельных условиях), используя газоанализаторы.

## ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ

1. Газоанализатор УГ-2
2. Газоанализатор Сигнал-4 (NH<sub>4</sub>)

## 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для обеспечения жизнедеятельности человека необходима воздушная среда определенного количественного и качественного состава. В состав чистого воздуха входят азот (79 %), кислород (свыше 20 %), другие газы (менее 1 %). Среди этих других газов в таком воздухе хотя и присутствуют в небольших количествах газы, которых можно отнести к вредным - углекислый газ, окислы азота, окислы серы, озон и пр., однако их количество совсем не велико и не представляет никакой опасности для жизни и здоровья человека. Обычно в воздухе представлено и очень небольшое количество пыли. Находясь на природе, далеко от промышленных объектов, человек дышит именно таким воздухом. Уже в населенном пункте, в основном в результате работы транспорта и промышленных предприятий, состав воздуха может быть существенно иным — в нем уменьшается количество кислорода, значительно увеличивается количество окислов серы и азота, углекислого газа, появляется угарный газ, озон и другие вещества, обычно присутствующие в воздухе в мизерных количествах. Находясь на работе, человек на рабочем месте дышит воздухом, находящимся в производственном помещении, в рабочей зоне. В разного рода технологические операции, в силу несовершенства применяемых технологий при этом образуются отходы, часть из которых в виде аэрозоля, пара или газа поступает в воздух. В рабочей зоне концентрация загрязняющих веществ нередко может достигать опасных для жизни и здоровья человека концентраций.

Некоторые термины и определения

**Вредное вещество** - вещество, которое при контакте с организмом человека может вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе воздействия вещества, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

**Вредные условия труда** - это условия труда, характеризующиеся наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и (или) его потомство.

**Вредный производственный фактор** - *это производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.*

Примечание. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным (ГОСТ 12.0.002-80).

**Опасные (экстремальные условия труда)** - это условия труда, характеризующиеся такими производственными факторами, которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных поражений.

**Опасный производственный фактор** — это производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья (ГОСТ 12.0.002-80).

**Рабочая зона** - это пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих (ГОСТ 12.1.005-88).

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

**Рабочее место** - это все места, где работник должен находиться, куда ему необходимо следовать в связи с его работой и которые прямо или косвенно находятся под контролем работодателя (Конвенция 155 Международной организации труда).

Действие вредных веществ на организм человека. Классификация вредных веществ.

Вредные вещества, содержащиеся в воздухе, включают в группу химических опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ). Химические ОВПФ по характеру действия на организм человека делятся на общетоксические, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные, аллергогенные, эмбриотоксические, гонадотоксические и некоторые другие. Степень воздействия вредных веществ на организм человека зависит от

концентрации вредного вещества, его физико-химических свойств и агрегатного состояния, времени воздействия, путей попадания вредных веществ в организм человека, состояния самого человеческого организма и других факторов.

Вредные вещества могут попадать в организм человека через дыхательные пути, пищеварительный тракт и внешние покровы - кожу и слизистые оболочки. Наиболее опасный и распространенный путь проникновения - через дыхательные органы. Это объясняется тем, что через легкие, как специализированные органы газообмена, проходят большие объемы воздуха, в том числе содержащего вредные вещества, легкие имеют большую всасывающую поверхность, непосредственно из легких вредные вещества быстро попадают в кровеносные артерии, и легко разносятся кровью по всему организму. В условиях производства наименее опасным может быть признан путь попадания вредных веществ через желудочно-кишечный тракт, поскольку человек на рабочем месте не пьет и не осуществляет прием пищи. Длительное воздействие вредных веществ приводит к возникновению профессиональных заболеваний. Если воздействие вредных веществ на организм человека носит общий характер, то в результате этого могут возникнуть острые и хронические отравления и заболевания. Острое отравление происходит при кратковременном воздействии особо вредных (токсичных) веществ большой концентрации. Хроническое отравление организма развивается постепенно при длительном воздействии вредных веществ в относительно небольших количествах. Картины отравления одним и тем же веществом при остром и хроническом воздействии на организм человека могут отличаться одна от другой. Так, например, бензол при остром отравлении вызывает поражение нервной системы, а при хроническом отравлении наблюдается изменение кроветворных органов.

Вредное воздействие токсичных веществ может иметь и местный характер, проявляясь в местах их контакта с тканями организма (ожог на месте воздействия кислот, щелочей и др.), как правило такой контакт возникает прежде всего в дыхательных путях, на открытых поверхностях кожи и слизистых оболочек.

В отношении веществ, имеющих выраженное токсическое действие, это действие тем сильнее, чем мельче диспергирование вещество, и, следовательно, чем быстрее и полнее оно может раствориться в тканях организма и оказать на него влияние, как это видно на примере диоксида пентоксида ( $V_2O_5$ ), дым (аэрозоль) которого более опасен, чем пыль (диоксид пентоксида является обычным компонентом выбросов, образующихся при сжигании угля).

Вредных веществ известно довольно много, так, в документе Гигиенические нормативы (ГМ) 2.2.5.686-98 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" указано свыше 2200 химических веществ и соединений.

По степени воздействия все вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

**чрезвычайно опасные**, например, ртуть, диоксины, свинец, гидразин, диванадий пентоксид дым, бериллий, бромметан;

— **высокоопасные**, например, диванадий пентоксид пыль, висмут, витамин В12, акролеин, серная кислота;

— **умеренно опасные**, например, азотная кислота, камфара, чай, вольфрама дисульфид, германий;

' **IV - малоопасные**, например, вольфрам, аммиак, бензин, бутан, гексан.

Отравления некоторыми вредными веществами и меры первой помощи.

В условиях производства специалистам постоянно или время от времени приходится сталкиваться с теми или иными вредными веществами, попадающими в воздух рабочей зоны в результате несовершенства техпроцесса, или иметь в виду риск попадания вредных веществ в воздух в результате возникновения аварий, чрезвычайных ситуаций или катастроф.

Специалисты, работающие в областях, связанных с использованием холодильного оборудования, могут столкнуться с возможностью отравления холодильными агентами - аммиаком, хлором, разнообразными фреонами. Работники химико-технологических предприятий, работающие на газоконденсатном месторождении, подвергаются риску воздействия сероводородом, оксидом серы (IV), оксидом серы (VI). Специалисты нефтеперерабатывающих или транспортных предприятий, служащие складов ГСМ и работники АЗС легко могут получить отравление разнообразными углеводородами алифатического и ароматического ряда. Люди, занятые в теплоэнергетике, могут подвергаться действию пониженных концентраций кислорода, высоких концентраций углекислого и угарного газа, окислам серы и азота. Сотрудники химических, биологических, микробиологических, фармакологических и иных лабораторий подвергаются действию весьма широкого спектра соединений, представленного кислотами, щелочами, органическими растворителями, продуктами жизнедеятельности бактерий и рядом других веществ. Угроза поражения конкретным химическим веществом определяется спецификой производственного процесса. Ниже будут рассмотрены некоторые распространенные вредные вещества, а также меры первой помощи, а в некоторых случаях и средства защиты.

Следует отметить, что под мерами первой помощи понимают оказание помощи при острых отравлениях. Основные клинические проявления острых отравлений - токсические ларинготрахеит, пневмонии, отек легких. Независимо от того, о каком токсическом веществе идет речь, жалобы пострадавших в основном однотипны: одышка, доходящая до удушья, болезненный мучительный кашель, вначале сухой, а затем с выделением слизисто - гнойной или пенистой мокроты, нередко окрашенной кровью. Отмечаются общая слабость, головная боль. Нарастающий отек легких характеризуется выраженным цианозом слизистых оболочек и кожных

покровов (синие губы, уши и пальцы рук), затрудненным, резко учащенным дыханием, обилием сухих и влажных хрипов в легких. Пострадавшему необходимо обеспечить полный покой, тепло, по возможности кислородную терапию. Если имеется нарушение проходимости дыхательных путей, необходимо удалить слизь из глотки. При отсутствии дыхания проводят искусственное методом "рот в рот", с последующим переводом на аппаратное дыхание. Срочная трахеотомия производится при удушье, возникающем вследствие ожога верхних дыхательных путей и отека гортани.

Необходимо помнить, что меры первой помощи пострадавшему не заменяют квалифицированной медицинской помощи. Как только появится возможность, пострадавшего должен быть осмотрен врачом и/или доставлен в медицинское учреждение.

**Азот.** Острые отравления возникают при работе с концентрированной азотной кислотой, в производстве удобрений, при взрывных работах, во всех случаях, когда образуется высокая температура (сварка, взрывы, молния) и т.д. Симптомы: одышка, рвота, головокружение, состояние опьянения, потеря сознания и глубокая кома. Смерть может наступить в первые часы после отравления. Первая помощь. Должна проводиться в состоянии полного покоя больного по описанным выше принципам (покой, тепло, непрерывное вдыхание кислорода). Банки на спину.

**Азотная кислота.** Симптомы: боли и ожоги губ, полости рта, зева, пищевода, желудка. Желтая окраска слизистой рта. Рвота желтоватыми кровянистыми массами. Затруднение глотания. Болезненность и вздутие живота. В моче белок и кровь. В тяжелых случаях коллапс и потеря сознания. Первая помощь: промывание желудка, жженая магнезия или известковая вода через 5 минут по 1 столовой ложке. Обильное питье воды, воды со льдом, молока (стаканами), сырые яйца, сырой яичный белок, жиры и масла, слизистые отвары.

**Аммиак.** Острые отравления возможны при чистке выгребных ям, канализационных труб, в производстве соды, удобрений, органических красителей, сахара и т.д. Симптомы. В легких случаях отравления отмечается раздражение носоглотки и глаз, чиханье, сухость и першение в горле, охриплость, кашель и боли в груди. В более тяжелых случаях - жгучая боль в горле, чувство удушья, возможен отек гортани, легких, токсический бронхит, пневмония. При попадании концентрированных растворов в желудочно-кишечный тракт образуются глубокие некрозы, в острой стадии приводящие к болевому шоку. Массивные пищеводно-желудочные кровотечения, асфиксия в результате ожога и отека гортани, тяжелая ожоговая болезнь, реактивный перитонит. В более поздние сроки развивается сужение пищевода, отделов желудка. Смерть может наступить в первые часы и сутки от болевого шока, а в более поздние сроки - от ожоговой болезни и присоединившихся осложнений (массивное кровотечение, аспирационная пневмония, перфорация пищевода и желудка, медиастинит). Первая помощь.

Вывести пострадавшего из токсической среды и промыть пораженные участки кожи и слизистых оболочек глаз большим количеством воды. Пить теплое молоко с боржомом или с содой. Режим молчания. При спазме голосовой щели и явлении отека гортани - горчичники и согревающий компресс на шею, горячие ножные ванны.

**Бром.** Острые отравления парами брома возможны в химической, фото, кино и кожевенной промышленности, в производстве ряда красителей и др. Симптомы: при вдыхании паров брома возникают насморк, слезотечение, слюнотечение, конъюнктивит. Характерна коричневая окраска языка, слизистой оболочки рта и конъюнктив. Иногда появляются значительные носовые кровотечения и аллергические явления (сыпь, крапивница и др.). Острый бронхит и пневмония, возможен отек легких. Первая помощь. Вынести пострадавшего из отравленной зоны. Снять одежду, обмыть пораженные участки кожи спиртом. Вдыхание кислорода. Пить теплое молоко с боржомом или с содой. Внутрь с пищей 10-20 г в сутки хлорида натрия (поваренная соль).

**Кислород.** Применяется для интенсификации реакций окисления в химической и металлургической промышленности; при получении водяного газа и конверсии природных газов при низкотемпературном окислении попутных нефтяных газов, производстве азотной кислоты из аммиака, при сварке и резке металла, при огневом бурении твердых пород, в двигателях космических ракет, в кислородно-дыхательных аппаратах, в медицине. Как недостаток, так и повышенное содержание  $O_2$  в окружающей среде или во вдыхаемой газо-воздушной смеси имеет большое практическое значение. Особенно с развитием высотной авиации, космических полетов, водолазных работ и т. д. Основное проявление токсичности  $O_2$  при нормальном давлении - поражение дыхательных путей, главным образом легких вплоть до отека. Возбуждение центральной нервной системы с развитием судорог характерно для действия  $O_2$  под давлением; непосредственной причиной гибели является паралич дыхательного центра. Из-за токсичного воздействия

кислорода рано проявляется нарушение зрения (сужение полей зрения, расширение зрачков). Наблюдаются циркулярные расстройства со спазмом периферических сосудов, повышение кровяного давления, учащения пульса, бледность, головокружения, оцепенение. Снижение обмена веществ, накопление продуктов обмена, полнокрое, воспаление и отек легких.

**Ртуть.** Применяется в приборостроении и электротехнике, в лабораторной практике, в химико-фармацевтической промышленности, в составе красок для морских судов. Токсическое действие ртути. Отравление ртутью проявляется в виде головной боли, покраснения, набухания и кровоточивости десен, стоматита. Часто повышается температура. В сравнительно легких случаях через 2-3 недели нарушенные функции восстанавливаются. В тяжелых развиваются резкие изменения в почках и через 5-6 дней наступает смерть. Расстройства пищеварения - от потери аппетита и тошноты до рвоты и слизистого поноса.

Сернистый газ. Острые отравления возможны в производстве серной кислоты, в металлургической промышленности, пищевой, нефтеперерабатывающей и др. Симптомы: насморк, кашель, охриплость, першение в горле. При вдыхании сернистого газа более высокой концентрации - удушье, расстройство речи, затруднение глотания, рвота, возможен острый отек легких. Первая помощь - аналогично отравлению азотом. с **Сероводород.** Острые отравления возможны в производстве сероуглерода, в кожевенной промышленности, в грязелечебницах, на коксохимических заводах и нефтеперерабатывающих. Сероводород содержится в сточных водах, в kloачных газах. Смертельная концентрация в воздухе 1,2 мг/л. Симптомы: насморк, кашель, резь в глазах, головная боль, тошнота, рвота, возбуждение. В тяжелых случаях - кома, судороги, токсический отек легких. Первая помощь. Вынести пострадавшего из отравленной атмосферы. Промыть глаза теплой водой, закапать стерильное вазелиновое масло (2-3 капли), носоглотку промыть 2 % раствором питьевой

соды. При остановке дыхания и сердечной деятельности - непрямой массаж сердца и искусственное дыхание.

Угарный, светильный газ (окись углерода). Отравление возможно на производстве, где угарный газ используется для синтеза ряда органических веществ (ацетон, метиловый спирт, фенол и т.д.), в гаражах при плохой вентиляции, в непроветриваемых вновь окрашенных помещениях, а также в домашних условиях при утечке светильного газа и при несвоевременно закрытых печных заслонках в помещениях с печным отоплением (дома, бани). Симптомы: потеря сознания, судороги, зрачки расширяются, резкий цианоз (посинение) слизистых оболочек и кожи лица. Смерть обычно наступает на месте происшествия в результате остановки дыхания и падения сердечной деятельности. При меньшей концентрации окиси углерода появляются головная боль, стук в висках, головокружение, боли в груди, сухой кашель, слезотечение, тошнота, рвота. Возможны зрительные и слуховые галлюцинации. Отмечаются покраснение кожных покровов, карминно-красная окраска слизистых оболочек, тахикардия, повышение артериального давления. В дальнейшем развиваются сонливость, возможен двигательный паралич при сохраненном сознании, затем потеря сознания и коматозное состояние с выраженными судорогами, непроизвольным отхождением мочи и кала. Зрачки резко расширены с ослабленной реакцией на свет. Нарастает нарушение дыхания, которое становится непрерывным. При выходе из коматозного состояния характерно появление резкого двигательного возбуждения. Возможно повторное развитие комы. Часто отмечаются тяжелые осложнения: нарушение мозгового кровообращения, полиневриты, явления отека мозга, нарушение зрения. Возможно развитие инфаркта миокарда. Часто наблюдаются кожно-трофические расстройства (пузыри, местные отеки с набуханием и последующим некрозом). При длительной коме постоянно отмечается тяжелая пневмония. Первая помощь - немедленно удалить отравленного из данного помещения, в теплое время года

лучше вынести на улицу. При слабом поверхностном дыхании или его остановке начать искусственное дыхание. Способствуют ликвидации последствий отравления растирание тела, грелки к ногам, кратковременное вдыхание нашатырного спирта. Больные с тяжелым отравлением подлежат госпитализации, так как возможны осложнения со стороны легких и нервной системы в более поздние сроки. Необходимо твердо знать, что поскольку ведущим в развитии отравления является недостаток кислорода вследствие поступления окиси углерода в организм, то главное внимание должно быть уделено кислородотерапии, лучше всего под повышенным давлением. Поэтому, если отравление произошло недалеко от центра кислородотерапии, следует приложить все старания к тому, чтобы больного в первые часы после отравления доставить в такое лечебное учреждение.

Углекислый газ встречается в составе газов вулканического происхождения и т.д. Особенно много  $\text{CO}_2$  находят там где происходят процессы брожения, гниения или тления органических веществ. Применяется в производстве сахара, пива, сухого льда. Общий характер действия: наркотик, раздражает кожу и слизистые оболочки. В относительно малых концентрациях возбуждает дыхательный, в очень больших - угнетает. Обычно высокое содержание  $\text{CO}_2$  связано с пониженным содержанием  $\text{O}_2$  в воздухе, что также является причиной быстрой смерти.  $\text{CO}_2$  оказывает центральное сосудосуживающее и местное сосудорасширяющее действие. Вызывает головную боль, раздражение дыхательных путей, потливость, шум в ушах, головокружение, рвоту, поражение головного и спинного мозга.

Фтор. Фтористый натрий (входит в состав эмалей, служит для консервирования древесины). Фтористый водород, плавиковая кислота, фторсодержащие соли. Смертельная доза: 10 г фторида натрия. Симптомы: возникают боли в животе, развиваются слезотечение, саливация (обильное выделение слюны), резкая слабость, рвота, жидкий стул.

Дыхание учащается, появляются подергивания мышц и судороги, сужение зрачков. Пульс учащен, артериальное давление снижено, возможно мерцание предсердий. Смерть наступает при явлениях общей сердечно-сосудистой недостаточности. Иногда бывает поражение почек. Первая помощь. При действии фтора и фтористого водорода - **как при отравлении азотом**.

Хлор. Вдыхание концентрированных паров может привести к быстрой смерти в результате химического ожога и рефлекторного торможения дыхательного центра. В менее тяжелых случаях появляются резь в глазах, слезотечение, мучительный приступообразный кашель, боли в груди, головная боль, диспепсические расстройства. Прослушивается много сухих и влажных хрипов, развиваются явления острой эмфиземы легких, тяжелая одышка и цианоз слизистых оболочек. Возможна тяжелая бронхопневмония с подъемом температуры и развитием токсического отека легких. При незначительном отравлении преобладают явления острого ларингита, трахеита, трахеобронхита. Чувство стеснения в груди, сухой кашель, сухие хрипы в легких. Первая помощь — **как при отравлении азотом**.

Нормирование содержания вредных веществ в воздухе.

Основной физической характеристикой химических веществ (х.в.) в воздухе является **концентрация (C)** - масса х.в. (мг) в единице объема (м<sup>3</sup>) воздуха при нормальных метеорологических условиях. Минимальная концентрация х. в., оказывающая вредное воздействие на организм человека называется **порогом хронического действия (B<sub>1</sub>mcД)**. Минимальная концентрация х.в. вызывающая острое воздействие (отравление) на организм человека называется **порогом острого действия (B<sub>1</sub>ma0)**.

Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны производят по предельно-допустимым концентрациям (ПДК).

Исходной величиной для установления ПДК является порог хронического действия  $Limch$  с учетом коэффициента запаса:

$$ПДК = \frac{Lim_{ch}}{K_2}$$

ПДК устанавливают на уровне в 2-3 раза более низком, чем  $Lim_{ch}$ . При определении величины коэффициента запаса учитывают значение КВИО (коэффициент возможного ингаляционного отравления); кумулятивные свойства, возможность кожно-резорбтивного действия - чем они значительнее, тем больше величина коэффициента запаса. При выявлении специфического действия — мутагенного, канцерогенного, сенсibilизирующего — принимают наибольшие значения коэффициента запаса (от 10 и выше).

Для веществ, обладающим кожно-резорбтивным действием установлены также предельно - допустимые уровни загрязнения кожи (мг/м ).

Если вещество оказывает воздействие на окружающую среду' в меньших концентрациях, чем на организм человека, то при нормировании исходят из ПДК этого вещества для окружающей среды, В зависимости от того, оценивается ли ПДК в воздухе рабочей зоны или ПДК в воздухе населенного пункта, определения ПДК формулируются несколько по-разному. По-разному и нормируется содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенного пункта, где требования к качеству воздуха более жесткие. Одно из объяснений этому состоит в том, что в рабочей зоне находятся, как правило, здоровые люди среднего возраста, прошедшие необходимые медицинские освидетельствования, тогда как в населенном пункте могут находиться дети, старики, лица с ослабленным здоровьем, для которых порог действия вредных веществ понижен, которые могут быть особо восприимчивы к тем или иным вредным веществам. Помимо этого, населенный пункт является местом рекреации для работающих людей, находящихся в рабочей зоне часть дня и недели, и имеющих возможность

восстанавливать нормальное состояние здоровья в среде с пониженным содержанием вредных веществ.

Требования к качеству воздуха в рабочей зоне устанавливаются Гигиеническими нормативами ГН 2.2.5.686-98 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны". В этом документе приводятся сведения о ПДК свыше, чем для 2200 вредных веществ. В соответствии с этим документом, ПДК - концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Воздействие вредного вещества на уровне ПДК не исключает нарушение состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью.

ПДК для большинства веществ являются максимальными разовыми. Для высококумулятивных веществ наряду с максимальной установлена среднесменная ПДК - средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены или концентрация средневзвешенная во времени длительности всей смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания. В течение смены продолжительность действия на работающего концентрации, равной максимальной разовой ПДК, не должна превышать 15 минут и 30 минут - для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия и она может повторяться не чаще 4 раз в смену.

Наряду с величинами ПДК в документе указаны класс опасности, преимущественное агрегатное состояние вещества в воздухе в условиях производства.

Если в качестве значения ПДК приведены две величины, то это означает,

что в числителе максимальная разовая, а в знаменателе - среднесменная ПДК.

Вещества, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз, специально отмечены. Выделены также вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе, канцерогены, аллергены и аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия. Отмечены вещества, при работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей. Для таких веществ значения ПДК не приводятся, а указывается только класс опасности и агрегатное состояние в воздухе.

Качество воздуха в населенном пункте нормируется Гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.695-98 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест"

ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе - концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. Предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов нормируются по максимальной разовой и среднесуточной концентрации примесей. **Максимальная разовая ПДК (ПДК<sub>мса</sub>)** - основная характеристика опасности вредного вещества, которая установлена для предупреждения возникновения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, световой чувствительности и др.) при кратковременном воздействии (не более 20 минут).

**Среднесуточная ПДК (ПДК<sub>сс</sub>)** - установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и др. влияния вредного вещества при воздействии более 20 минут.

В ГН 2.1.6.695-98 помимо разделов названий веществ, значений максимальной разовой и среднесуточной ПДК-, класса опасности веществ

включается лимитирующий показатель вредности, в соответствии с которым обоснована ПДК.

Лимитирующий (определяющий) показатель вредности характеризует направленность биологического действия вещества: рефлекторное (рефл.) и резорбтивное (рез.). Под рефлекторным действием понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей - ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой ПДК (ПДКм.р.). Под резорбтивным действием понимают возможность развития общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и длительности ее вдыхания. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК (ПДКс.с.).

Некоторые красящие вещества (красители), не оказывая на уровне низких концентраций ни рефлекторного, ни резорбтивного действия, при их осаждении из воздуха могут придавать необычную окраску объектам окружающей среды, например, снегу, тем самым создавая у человека ощущение опасности или санитарно-гигиенического дискомфорта. В связи с этим для красителей в качестве лимитирующего показателя устанавливается санитарногигиенический, который позволяет при соблюдении ПДК избежать появления необычной окраски объектов окружающей среды.

В рассматриваемом документе указано 38 веществ, выброс которых в воздушную среду запрещен, это обусловлено чрезвычайно высокой биологической активностью указанных веществ.

В реальных условиях производства и в процессе жизнедеятельности человека, на организм часто действуют одновременно несколько вредных факторов и

веществ, в том числе и несколько химических. Их действие на человека и окружающую среду может быть самостоятельным, а может быть комбинированным.

**Самостоятельное или независимое действие химических веществ** — это когда каждое вещество действует отдельно, но преобладает наиболее токсичное вещество.

**Комбинированное действие нескольких веществ** - это одновременное или последовательное действие на организм человека нескольких веществ при одинаковом пути поступления, например, через органы дыхания.

Различают несколько типов комбинированного действия химических веществ:

-**аддитивное**, т.е. суммарное действие химических веществ; -  
**потенцированное**, т.е. одно вещество усиливает действие другого; -  
**антагонистическое**, т.е. одно вещество ослабляет действие другого; При совместном присутствии в воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма отношений их концентраций к ПДК не должна превышать 1 (единицу):

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, C_3$  - фактические концентрации веществ в воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

**ПДК<sub>1</sub>, ПДК<sub>2</sub>... ПДК**, - предельно-допустимые концентрации тех же веществ, мг/м<sup>0</sup>

При потенцировании опасность воздействия вредных веществ определяется по формуле:

$$\frac{C_1 \cdot X_1}{ПДК_1} + \frac{C_2 \cdot X_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_i \cdot X_i}{ПДК_i} \leq 1,$$

где  $X$ , - поправка, учитывающая усиление действия вещества.

## II. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ ПО НОРМИРОВАНИЮ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.

- Познакомиться с общими положениями, выписать основные определения.
- Начертить таблицу 1 по образцу.
- Выписать в таблицу 1 исходные данные по варианту из таблицы 2.
- Используя таблицу 3, заполнить графы 4...8 таблицы 1.
- Сопоставить данные по варианту концентрации веществ с предельно-допустимыми и сделать вывод о соответствии нормам каждого из веществ в отдельности в графах 9...11, т.е. <ПДК, >ПДК, ==ПДК, обозначив соответствие нормам знаком (+), а несоответствие знаком (-) (см. образец).
- Выявить вещества, обладающие суммацией действия, по таблице 4.
- Выполнить необходимые расчеты по определению фактического эффекта по формуле (2).
- Если выявится несколько эффектов суммации, то следует определить эффект суммарного воздействия по каждой группе веществ.
- Сделать вывод о соответствии нормам значений концентраций веществ, обладающих эффектом суммации, записью: "Соответствует" или "Не соответствует".
- Оформить выполненное задание и представить преподавателю.

|    |                                                                                                                   |                                                                                                            |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Номер варианта                                                                                                    |                                                                                                            |
| 2  | Наименование вредного вещества                                                                                    |                                                                                                            |
| 3  | Фактическая концентрация вредного вещества, с, мг/м <sup>3</sup>                                                  |                                                                                                            |
| 4  | Предельно-допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup> |                                                                                                            |
| 5  | Максимально разовая                                                                                               | Предельно-допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населенных пунктов                           |
| 6  | среднесуточная                                                                                                    |                                                                                                            |
| 7  | Класс опасности                                                                                                   |                                                                                                            |
| 8  | Особенности воздействия                                                                                           |                                                                                                            |
| 9  | Соответствие нормам каждого из веществ в отдаленности в воздухе рабочей зоны                                      |                                                                                                            |
| 10 | ≤ 20 мин.                                                                                                         | Соответствие нормам каждого из веществ в отдаленности в воздухе населенных пунктов при времени воздействия |
| 11 | >20 мин.                                                                                                          |                                                                                                            |

Образец заполнения таблицы

|    |                                                                                                                                                  |                                                                                                            |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Номер варианта                                                                                                                                   |                                                                                                            |
| 2  | Вещество                                                                                                                                         |                                                                                                            |
| 3  | Фактическая концентрация вредного вещества, с, мг/м <sup>3</sup>                                                                                 |                                                                                                            |
| 4  | Предельно-допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>                                |                                                                                                            |
| 5  | Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup> предельно-допустимая в воздухе населенных мест, максимально разовая и (5) и среднесуточная (6) |                                                                                                            |
| 7  | Класс опасности                                                                                                                                  |                                                                                                            |
| 8  | Особенности воздействия                                                                                                                          |                                                                                                            |
| 9  | Соответствие нормам каждого из веществ в отдаленности в воздухе рабочей зоны                                                                     |                                                                                                            |
| 10 | ≤ 20 мин.                                                                                                                                        | Соответствие нормам каждого из веществ в отдаленности в воздухе населенных пунктов при времени воздействия |
| 11 | >20 мин.                                                                                                                                         |                                                                                                            |

## Исходные данные

| Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> |
|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|
| 1              | 2                     | 3                                           | 4              | 5                     | 6                                           | 7              | 8                     | 9                                           |
| 1              | Фенол                 | 0,001                                       | 2              | Акролеин              | 0,01                                        | 3              | Акролеин              | 0,01                                        |
|                | Азот окислы           | 10                                          |                | Дихлорэтан            | 4                                           |                | Дихлорэтан            | 5                                           |
|                | Вольфрам              | 5                                           |                | Хлор                  | 0,02                                        |                | Озон                  | 0,01                                        |
|                | Полипропилен          | 5                                           |                | Углерода окись        | 10                                          |                | Углерода окись        | 15                                          |
|                | Ацетон                | 0,5                                         |                | Сернистый ангидрид    | 0,03                                        |                | Формальдегид          | 0,02                                        |
|                |                       |                                             |                | Хрома окись           | 0,1                                         |                | Вольфрам              | 4                                           |

| Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м³ | Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м³ | Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м³ |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------|
| 4              | Аммиак                | 0,01                            | 5              | Озон                  | 0,01                            | 6              | Азота двуокись        | 0,04                            |
|                | Ацетон                | 150                             |                | Метилловый спирт      | 0,2                             |                | Аммиак                | 0,5                             |
|                | Бензол                | 0,05                            |                | Ксилол                | 0,5                             |                | Хрома окись           | 0,2                             |
|                | Озон                  | 0,001                           |                | Азот двуокись         | 0,5                             |                | Сернистый ангидрид    | 0,5                             |
|                | Дихлорэтан            | 5                               |                | Формальдегид          | 0,01                            |                | Ртуть                 | 0,001                           |
|                | Фенол                 | 0,5                             |                | Толуол                | 0,5                             |                | Акролеин              | 0,01                            |
| 7              | Этиловый спирт        | 150                             | 8              | Ацетон                | 0,2                             | 9              | Азота двуокись        | 0,5                             |
|                | Углерода окись        | 15                              |                | Углерода окись        | 15                              |                | Ацетон                | 0,2                             |
|                | Озон                  | 0,01                            |                | Кремния двуокись      | 0,2                             |                | Бензол                | 0,05                            |
|                | Серная кислота        | 0,05                            |                | Фенол                 |                                 |                | Фенол                 | 0,01                            |
|                | Соляная кислота       | 5                               |                | Формальдегид          | 0,02                            |                | Углерода окись        | 10                              |
|                | Сернистый ангидрид    | 0,05                            |                | Толуол                | 0,05                            |                | Винилацетат           | 0,1                             |
| 10             | Аммиак                | 0,5                             | 11             | Азот окислы           | 0,1                             | 12             | Акролеин              | 0,01                            |
|                | Азота двуокись        | 1,0                             |                | Алюминий окислы       | 5,0                             |                | Дихлорэтан            | 5,0                             |
|                | Вольфрамовый          | 5,0                             |                | Фенол                 | 0,01                            |                | Хлор                  | 0,01                            |
|                | Хрома окись           | 0,2                             |                | Бензол                | 0,05                            |                | Хром                  | 0,1                             |
|                | Озон                  | 0,001                           |                | Формальдегид          | 0,01                            |                | Ацетон                | 0,1                             |
|                | Дихлорэтан            | 5,0                             |                | Винилацетат           | 0,1                             |                | Ксилол                | 0,3                             |

| Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> |
|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|
| 13             | Азота двуокись        | 5,0                                         | 14             | Азотная кислота       | 0,5                                         | 15             | Углерода окись        | 10,0                                        |
|                | Озон                  | 0,001                                       |                | Алюминия окись        | 10,0                                        |                | Этилен-диамин         | 0,1                                         |
|                | Углерода окись        | 10,0                                        |                | Толуол                | 0,6                                         |                | Аммиак                | 0,1                                         |
|                | Дихлорэтан            | 5,0                                         |                | Винилацетат           | 0,15                                        |                | Азота двуокись        | 5,0                                         |
|                | Сода кальцинированная | 1,0                                         |                | Углерода окись        | 10,0                                        |                | Ацетон                | 100                                         |
|                | Ртуть                 | 0,001                                       |                | Гексан                | 0,01                                        |                | Бензол                | 0,05                                        |
| 16             | Серная кислота        | 0,5                                         | 17             | Метиловый спирт       | 0,3                                         | 18             | Сернистый ангидрид    | 0,5                                         |
|                | Азотная кислота       | 0,5                                         |                | Этиловый спирт        | 100                                         |                | Серная кислота        | 0,05                                        |
|                | Кремния двуокись      | 0,2                                         |                | Цементная пыль        | 220                                         |                | Вольфрамовый ангидрид | 5,0                                         |
|                | Фенол                 | 0,01                                        |                | Углерода окись        | 15,0                                        |                | Хрома окись           | 0,5                                         |
|                | Ацетон                | 0,2                                         |                | Ртуть                 | 0,001                                       |                | Азота двуокись        | 0,05                                        |
|                | Озон                  | 0,001                                       |                | Ксилол                | 0,5                                         |                | Аммиак                | 0,5                                         |
| 19             | Аммиак                | 0,001                                       | 20             | Углерода окись        | 10                                          | 21             | Азот окислы           | 0,1                                         |
|                | Азот окислы           | 0,1                                         |                | Азота двуокись        | 1,0                                         |                | Алюминия окислы       | 5,0                                         |
|                | Вольфрам              | 4,0                                         |                | Формальдегид          | 0,02                                        |                | Формальдегид          | 0,02                                        |
|                | Алюминия окислы       | 5,0                                         |                | Акролеин              | 0,01                                        |                | Винилацетат           | 0,1                                         |
|                | Углерода окись        | 5,0                                         |                | Дихлорэтан            | 0,5                                         |                | Бензол                | 0,05                                        |
|                | Фенол                 | 0,01                                        |                | Озон                  | 0,02                                        |                | Фенол                 | 0,005                                       |

| Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Номер варианта | Наименование вещества | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Номер варианта | Наименование вещества      | Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup> |
|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------|----------------------------|---------------------------------------------|
| 22             | Ацетон                | 0,3                                         | 23             | Аэрозоль пяти окиси   | 0,05                                        | 24             | Аммиак                     | 0,05                                        |
|                | Фенол                 | 0,005                                       |                | Хром трехокись        | 0,1                                         |                | Азот окислы                | 0,1                                         |
|                | Формальдегид          | 0,02                                        |                | Хлор                  | 0,02                                        |                | Углерода окись             | 15,0                                        |
|                | Полипропилен          | 8,0                                         |                | Углерода окись        | 10,0                                        |                | Фенол                      | 0,005                                       |
|                | Толуол                | 0,7                                         |                | Азота двуокись        | 1,0                                         |                | Вольфрам                   | 4,0                                         |
|                | Винилацетат           | 0,15                                        |                | Озон                  | 0,1                                         |                | Алюминия окись             | 5,0                                         |
| 25             | Азотная кислота       | 0,5                                         | 26             | Акролеин              | 0,01                                        | 27             | Озон                       | 0,05                                        |
|                | Серная кислота        | 0,5                                         |                | Дихлорэтан            | 5,0                                         |                | Азота двуокись             | 1,0                                         |
|                | Ацетон                | 100                                         |                | Озон                  | 0,01                                        |                | Углерода окись             | 15,0                                        |
|                | Кремния двуокись      | 0,2                                         |                | Углерода окись        | 20,0                                        |                | Хлор                       | 0,02                                        |
|                | Фенол                 | 0,001                                       |                | Вольфрам              | 5,0                                         |                | Хром трехокись             | 0,09                                        |
|                | Озон                  | 0,001                                       |                | Формальдегид          | 0,02                                        |                | Аэрозоль пятиокиси ванадия | 0,05                                        |
| 28             | Ацетон                | 0,15                                        | 29             | Аммиак                | 0,02                                        | 30             | Аммиак                     | 0,4                                         |
|                | Озон                  | 0,05                                        |                | Азота двуокись        | 5,0                                         |                | Азота двуокись             | 0,5                                         |
|                | Фенол                 | 0,02                                        |                | Хрома окись           | 0,2                                         |                | Хрома окись                | 0,18                                        |
|                | Кремния двуокись      | 0,14                                        |                | Кендот                | 0,5                                         |                | Соляная кислота            | 4,0                                         |
|                | Этилен-диамин         | 0,9                                         |                | Ртуть                 | 0,0005                                      |                | Серная кислота             | 0,04                                        |
|                | Аммиак                | 0,05                                        |                | Гексан                | 0,01                                        |                |                            |                                             |

**Предельно - допустимые концентрации вредных веществ, мг/м<sup>3</sup>.** Таблица 5

| Вещество                  | В воздухе рабочей зоны | В воздухе населенных мест, максимальное разовое воздействие не более 20 мин. | В воздухе населенных мест, среднесуточное воздействие более 20 мин. | Класс опасности | Особенности воздействия |
|---------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 1                         | 2                      | 3                                                                            | 4                                                                   | 5               | 6                       |
| Азот двуокись             | 2                      | 0,085                                                                        | 0,04                                                                | 2               |                         |
| Азот окислы               | 5                      | 0,6                                                                          | 0,06                                                                | 3               | 0                       |
| Азотная кислота           | 2                      | 0,4                                                                          | 0,15                                                                | 2               | -                       |
| Акролеин                  | 0,2                    | 0,03                                                                         | 0,03                                                                | 3               | -                       |
| Алюминия окись            | 6                      | 0,2                                                                          | 0,04                                                                | 4               | -                       |
| Аммиак                    | 20                     | 0,2                                                                          | 0,04                                                                | 4               | Ф                       |
| Ацетон                    | 200                    | 0,35                                                                         | 0,35                                                                | 4               | -                       |
| Аэрозоль пятиокси ванадия | 0,1                    |                                                                              | 0,002                                                               | 1               |                         |
| Бензол                    | 5                      | 1,5                                                                          | 0,1                                                                 |                 | К                       |
| Винилацетат               | 10                     | 0,15                                                                         | 0,15                                                                | 3               | -                       |
| Вольфрам                  | 6                      | -                                                                            | 0,1                                                                 | 3               | Ф                       |
| Вольфрамовый ангидрид     | 6                      | -                                                                            | 0,15                                                                | 3               | Ф                       |
| Дихлорэтан                | 10                     | 3                                                                            | 1                                                                   | 2               | -                       |
| Кремний двуокись          | 1                      | 0,15                                                                         | 0,06                                                                | 3               | Ф                       |
| Ксилол                    | 50                     | 0,2                                                                          | 0,2                                                                 | 3               | -                       |
| Метиловый спирт           | 5                      | 1                                                                            | 0,5                                                                 | 3               |                         |
| Озон                      | 0,1                    | 0,1                                                                          | 0,03                                                                | 1               | 0                       |
| Полипропилен              | 10                     | 3                                                                            | 3                                                                   | 3               | -                       |
| Ртуть                     | 0,005                  | -                                                                            | 0,0003                                                              | 1               | -                       |
| Серная кислота            | 1,0                    | 0,3                                                                          | 0,1                                                                 | 2               |                         |
| Сернистый ангидрид        | 10                     | 0,5                                                                          | 0,05                                                                | 3               |                         |
| Сода кальцинированная     | 2                      | -                                                                            | -                                                                   | 3               |                         |
| Соляная кислота           | 5                      | -                                                                            | -                                                                   | 2               |                         |
| Толуол                    | 50                     | 0,6                                                                          | 0,6                                                                 | 3               | -                       |
| Углерода окись            | 20                     | 5                                                                            | 3                                                                   | 4               | Ф                       |
| Фенол                     | 0,3                    | 0,01                                                                         | 0,003                                                               | 2               | -                       |
| Формальдегид              | 0,5                    | 0,035                                                                        | 0,003                                                               | 2               | О,А                     |

| Вещество        | В воздухе рабочей зоны | В воздухе населенных мест, максимальное разовое воздействие не более 20 мин. | В воздухе населенных мест, среднесуточное воздействие более 20 мин. | Класс опасности | Особенности воздействия |
|-----------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Гексан          | 300                    | 60                                                                           | -                                                                   | 4               | -                       |
| Хлор            | 1                      | 0,1                                                                          | 0,03                                                                | 2               | О                       |
| Хром            | 0,1                    | —                                                                            | —                                                                   |                 |                         |
| Хрома окись     | 1                      | -                                                                            | -                                                                   | 3               | А                       |
| Хрома трехокись | 0,01                   | 0,0015                                                                       | 0,0015                                                              | 1               | К, А                    |
| Этилен диамин   | 2                      | 0,001                                                                        | 0,001                                                               | 3               | -                       |
| Этиловый спирт  | 1000                   | 5                                                                            | 5                                                                   | 4               | -                       |
| Цементная пыль  | 6                      | -                                                                            | -                                                                   | 4               | Ф                       |

**Примечание:** О - вещества с остронаправленным механизмом воздействия, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль;

А - вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях;

К - канцерогены;

Ф - аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия.

### Перечень веществ, обладающих эффектом суммации

|                                                             |                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ацетон, акролеин, фталевый ангидрид                      | 21. Окись углерода, двуокись азота, формальдегид, гексан                        |
| 2. Ацетон и фенол                                           | 22. Пропионовая кислота и пропионовый альдегид                                  |
| 3. Ацетон и ацетофенон                                      | 23. Сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты                                |
| 4. Ацетон, фурфурол, формальдегид, фенол                    | 24. Сернистый ангидрид и никель металлический                                   |
| 5. Ацеальдегид и винилацетат                                | 25. Сернистый ангидрид и сероводород                                            |
| 6. Аэрозоли пятиокиси ванадия и окислов марганца            | 26. Сернистый ангидрид и двуокись азота                                         |
| 7. Аэрозоли пятиокиси ванадия, сернистый ангидрид           | 27. Сернистый ангидрид, окись углерода, фенол и пыль конвенторного производства |
| 8. Аэрозоли пятиокиси ванадия и трехокиси хрома             | 28. Сернистый ангидрид, окись углерода, двуокись азота                          |
| 9. Бензол и ацетофенон                                      | 29. Сернистый ангидрид и фенол                                                  |
| 10. Валериановая, капроновая и масляная кислота             | 30. Сернистый ангидрид и фтористый водород                                      |
| 11. Вольфрамовый и сернистый ангидриды                      | 31. Серный и сернистый ангидриды, аммиак и окислы азота                         |
| 12. Гексахлоран и фазолон                                   | 32. Сероводород и динил                                                         |
| 13. 2,3-дихлор - 1,4-нафтахинон                             | 33. Сильные минеральные кислоты (серная, хлористоводородная и азотная)          |
| 14. 1,2-дихлорпропан, 1,2,3-трихлорпропан и тетрахлорэтилен | 34. Углерода окись и пыль цементного производства                               |
| 15. Изопропилбензол, гидроперекись изопропилбензола         | 35. Уксусная кислота и уксусный ангидрид                                        |
| 16. Изобутенилкарбинол и диметилвинилкарбонил               | 36. Фенол и ацетофенон                                                          |
| 17. Метилдигидропиран и метилентетрагидропиран              | 37. Фурфурол, метиловый и этиловый спирты                                       |
| 18. Мышьяковистый ангидрид и свинца ацетат                  | 38. Циклогексан и бензол                                                        |
| 19. Мышьяковистый ангидрид и германий                       | 39. Этилен, пропилен, бутилен и амилен                                          |
| 20. Озон, двуокись азота и формальдегид                     |                                                                                 |

### III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ.

При определении содержания вредных веществ в воздухе используются физические, физико-химические и химические методы. Методы, применяемые при определении содержания вредных веществ в воздухе, можно подразделить на аспирационные и безаспирационные,

К безаспирационным методам можно отнести так называемые экспресс-тесты, например экспресс-тест для определения концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны. Как правило, экспресс-тест состоит из тканевой основы, пропитанной индикаторным веществом и изолированной от окружающей среды. Для производства измерения герметичность изоляции нарушается, воздух поступает к основе, вредное вещество вступает в реакцию с индикатором, вызывая его окрашивание. Через определенное время оценивают размер окрашенной области и по этому показателю, сравнивая с эталонным, оценивают концентрацию вредного вещества в воздухе. Точность метода невелика, его относят к полуколичественным.

Аспирационные методы представлены, например, методами определения концентрации вредных веществ в воздухе с использованием индикаторных трубок. Индикаторная трубка представляет собой стеклянную трубку, заполненную индикаторным порошком. При проведении анализа через индикаторную трубку протягивается (аспирируется) определенный объем воздуха, загрязненного вредным веществом, находящимся в состоянии газа, пара или капельно-жидком состоянии. Состав индикаторного порошка может быть подобран таким образом, чтобы строго определенное вредное вещество, содержащееся в воздухе, могло вступить в реакцию с компонентами порошка и продукты реакции были окрашены. Сравнивая величину окрашенной области индикаторной трубки с эталонным образцом (шкалой) судят о концентрации вредного вещества в воздухе.

Определение концентрации вредных веществ в воздухе с использованием

индикаторных трубок можно проводить с использованием универсального газоанализатора УГ-2 (Рис 1). Газоанализатор типа УГ-2 - универсальный переносной прибор, предназначенный для количественного определения вредных веществ в воздухе производственного помещения.

Принцип работы газоанализатора основан на протягивании исследуемого воздуха через индикаторную трубку, заполненную индикаторным порошком. В результате химической реакции индикаторный порошок изменяет свой цвет на определенную высоту в зависимости от концентрации определяемого вещества.

Газоанализатор УГ-2 представляет собой воздухозаборное устройство - металлический корпус 1 с находящимися внутри корпуса резиновым сильфоном 2. Сильфон ограничен в верхней и нижней части двумя фланцами. Под верхним фланцем расположен металлический стакан 3, в котором находится пружина 4 в сжатом состоянии. Для придания ей жесткости и сохранения постоянного объема в его внутренних гофрах установлены распорные кольца 5. На верхней плате 10 газоанализатора неподвижная втулка 8 для движения штока 7, стопор для фиксации 9, отверстие для его хранения, штуцер 11 с надетой на него отводной резиновой трубкой 12. Свободный конец резиновой трубки служит для присоединения индикаторной трубки.

На цилиндрической поверхности штока расположены четыре продольных канавки с двумя углублениями 6. Расстояние между углублениями на канавках подобраны таким образом, чтобы при ходе штока от одного углубления до другого, сильфон забирал необходимое для анализа количество исследуемого воздуха. Цифры над головкой штока указывают величину объема воздуха, соответствующую ходу штока.

Аспирирование или протягивание воздуха через индикаторную трубку осуществляется после растяжения пружины штоком, сильфон при этом сжимается.

При отпускании фиксатора шток начинает подниматься вверх за счет энергии пружины, возвращающейся в сжатое состояние. Резиновый сильфон соответственно увеличивается в объеме, в нем создается частичное разрежение и начинается подсос воздуха из атмосферы. Загрязненный воздух проходит через индикаторную трубку с порошком. Процесс идет до тех пор, пока фиксатор не попадает в верхнее углубление штока.

Химическая реакция в индикаторной трубке продолжается, поэтому размеры концентрации вредных веществ по высоте окрашенного столба необходимо проверить не менее чем через 5 минут после осуществления забора воздуха.

Использование индикаторных трубок до сих пор остается относительно дешевым и точным методом анализа, однако этот метод не лишен определенных недостатков. Использование индикаторных трубок влечет за собой значительный расход материалов. Не обеспечивается экспрессность метода, то есть между отбором пробы может и получением результата должно пройти какое-то немалое время, тогда как в случае технологической аварии, сопряженной с утечкой вредных веществ, важность быстрого определения результата чрезвычайно велика и от этого может зависеть жизнь людей. Не обеспечивается и непрерывный контроль за содержанием вредных веществ в воздухе. Имеются и другие недостатки. Поэтому все большее распространение получают физические и физикохимические методы, реализованные в электронных приборах учета и контроля содержания вредных веществ в воздухе, основанные на фотоионизационных, электрохимических и иных принципах.

Таков фотоионизационный газоанализатор “Колион-1”, он предназначен для измерения концентраций органических и неорганических ядовитых соединений в воздухе, а также обнаружения мест утечек и выбросов и определения их интенсивности. Газоанализатор является средством экспресс-анализа и сигнализации о превышении заданного значения концентрации

вредных веществ. Кроме того, прибор позволяет определить степень опасности пребывания человека в зоне аварии.

“Колион-1” состоит из пробника и измерительного блока, соединенных кабелем. Пробник включает: фотоионизационный детектор, электрометрический усилитель, побудитель расхода, электрический кабель, пробозаборную трубку из нержавеющей стали и пневматическую линию. В детекторе источником вакуумного ультрафиолетового излучения (ВУФ-излучения) является лампа тлеющего разряда.

В состав измерительного блока входят: блоки питания к сигнализации, аккумуляторы, цифровой вольтметр и пьезосигнализатор. Вольтметр служит для индикации сигнала, поступающего с выхода блока питания, а пьезосигнализатор подает звуковой сигнал. На передней панели измерительного блока расположены: тумблеры включения прибора и побудителя расхода, резистор настройки порога срабатывания сигнализации, светодиоды Работа и Сигнализация, разъемы для подключения пробника и зарядного устройства, жидкокристаллический индикатор, который в цифровом виде представляет значения концентрации измеряемого вещества, и переключатель рода работ. Имеется три поддиапазона измерения: проверка напряжения аккумуляторов, настройка порога срабатывания сигнализации и резистор настройки порога срабатывания сигнализации.

Таблица 5

Перечень вредных веществ, определяемых газоанализатором УГ-2 и характеристики индикаторных порошков.

| Определяемое вещество | Объем анализируемого воздуха мм <sup>3</sup> | Основные реагенты индикаторного порошка | Окраска индикаторного порошка после реакции |
|-----------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1                     | 2                                            | 3                                       | 4                                           |
| Аммиак                | 200                                          | Бромфеноловый синий                     | Синяя                                       |
| Ацетилен              | 100                                          |                                         | Светло-коричневая                           |
| Ацетон                | 300                                          | Гидроксиламин солянокислый              | Желтая                                      |
| Бензин                | 300                                          | Бромфеноловый синий                     |                                             |
| Бензол                |                                              | Иодат калия                             | Светло-коричневая                           |
| Бензол                | 400                                          | Серная кислота                          | Серо-бежевая                                |
| Ксилол                | 300                                          | Параформальдегид                        | Красно-фиолетовая                           |
| Ксилол                |                                              | Серная кислота                          |                                             |
| Оксиды азота          | 300                                          |                                         | Красная                                     |
| Оксид углерода        | 200                                          |                                         | Коричневая (кольцо)                         |
| Сернистый ангидрид    | 300                                          |                                         | Белая                                       |
| Сероводород           | 100                                          |                                         |                                             |
| Сероводород           | 300                                          | Ацетат свинца                           | Коричневая                                  |
| Сероводород           | 100                                          | Барий хлористый                         |                                             |
| Толуол                | 300                                          | Иодат калия                             | Темно-коричневая                            |
| Толуол                |                                              | Серная кислота                          |                                             |
| Углеводороды          | 300                                          |                                         | Светло-коричневая                           |

Принцип действия газоанализатора заключается в использовании фотоионизационного метода детектирования, основанного на ионизации молекул ВУФ-излучением.

Воздух с помощью побудителя расхода прокачивается через детектор, где анализируемое вещество ионизируется ВУФ-излучением. Заряженные частицы под воздействием приложенного к электродам напряжения перемещаются в ионизационной камере детектора, формируя токовый сигнал, пропорциональный концентрации вещества. Для защиты от внешних

воздействий детектор закрыт электростатической сеткой. Побудитель расхода соединен с детектором пневматической линией. Электрометрический усилитель повышает силу токового сигнала фотоионизационного детектора, с которым он соединен. Пробозаборная трубка используется при поиске утечек ядовитого вещества в технологическом оборудовании.

В ходе ликвидации аварий с помощью газоанализатора можно оценить степень опасности зараженного воздуха, направление и скорость перемещения опасных веществ в нем, степень загрязнения ими почвы и глубину проникновения в нее.

При выпуске газоанализатор может градуироваться по одному из веществ (бензол, аммиак и т.п.). Тем не менее, в частности, в приборе, отградуированном по бензолу, приводятся коэффициенты пересчета для аммиака, ацетона, гексана, гидразина, ксилоламетилмеркаптана, этилмеркаптана, сероводорода, сероуглерода, толуола, циклогексана, бензина, керосина, диметилформамида, трихлорэтилен, тетрахлорэтилена.



Рис.3. Вид газоанализатора СИГНАЛ-4 сзади со снятой крышкой.

- 1- многооборотный потенциометр для установки нуля прибора.
- 2- многооборотный потенциометр для регулировки чувствительности.
- 3- розетка для зарядки аккумуляторной батареи.
- 4- разъем для подсоединения датчика.

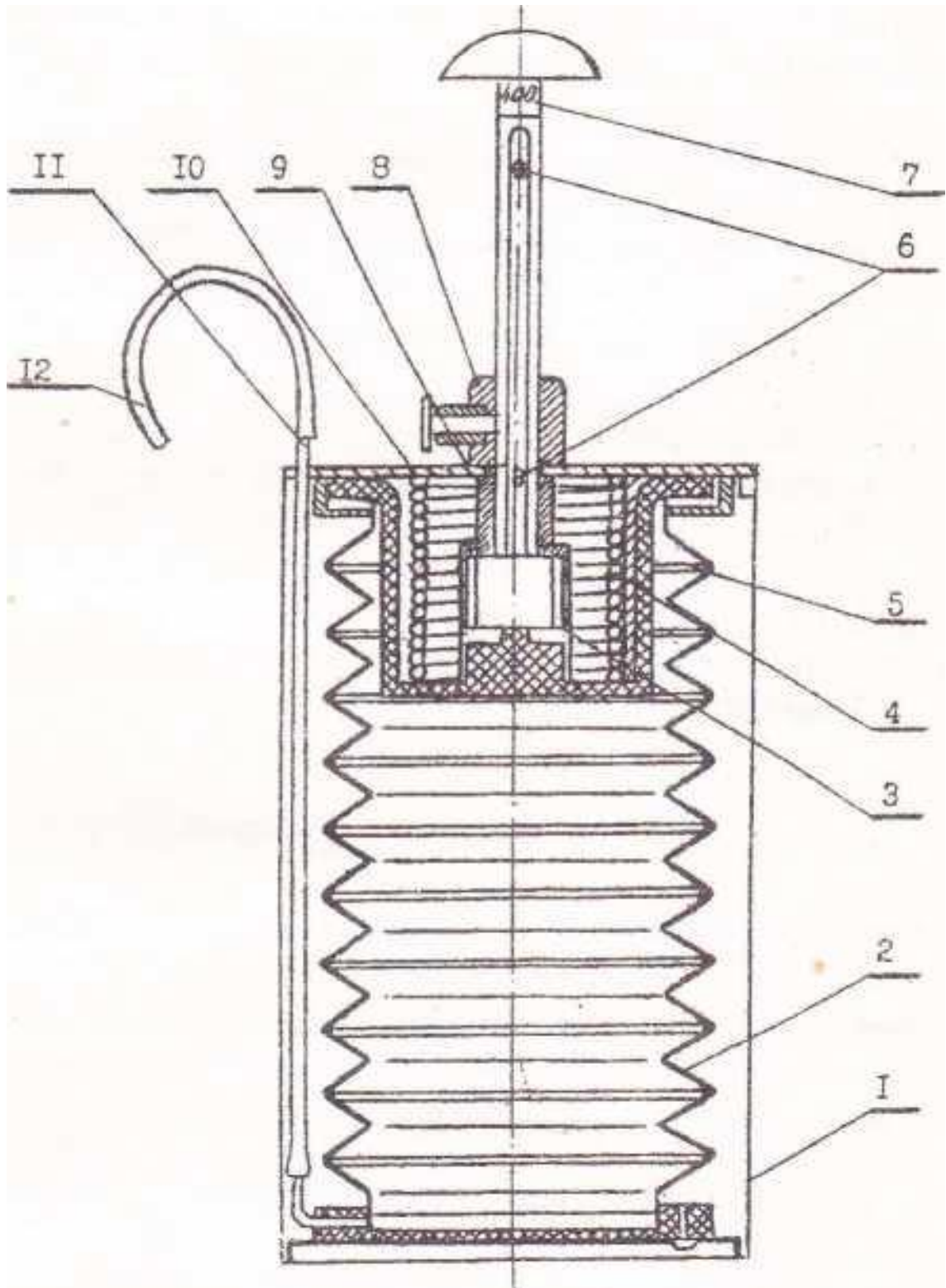


Рис 1. Схема универсального газоанализатора УГ-2:

1. - корпус металлический; 2. - сильфон резиновый; 3. - стакан металлический; 4. - пружина; 5. - кольца распорные; 6. - углубление продольной канавки штока; 7. - шток; 8. - втулка неподвижная; 9. - стопор; 10. - плата верхняя; 11. - штуцер; 12. - трубка отводная

#### IV. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Внимательно ознакомиться с теоретической частью и указаниями по выполнению работы.
2. Согласовать с преподавателем, концентрацию каких веществ следует определить в данной работе.
3. Подобрать соответствующие индикаторные порошки.

Внимание! При работе с индикаторными порошками соблюдайте осторожность! Не допускайте попадания на одежду, тетради, книги порошка. При попадании порошка на руки аккуратно стряхните его в раковину умывальника и вымойте руки водой.

4. Подготовить индикаторные трубочки. Для этого в один конец стеклянной трубки заложить кусочек гигроскопической ватой слоем в 5 мм без уплотнения. Через стеклянную воронку в другой конец трубочки засыпать порошок. Легким постукиванием трубочки о стол уплотнить порошок. Трубка должна быть заполнена порошком на всю высоту. Оставить место только для второго ватного тампона слоем 5 мм.

5. Выбрать необходимый объем анализируемого воздуха, пользуясь таблицей 2.

6. Соответственно выбранной величине объема воздуха выбрать одну из поверхностей штока. Отведя стопор в сторону, вставить шток во втулку выбранной поверхностью к стопору. Давлением руки на головку штока сжимать сильфон до тех пор, пока стопор не зафиксируется в верхнем углублении, в канавке штока.

7. Вставить подготовленную индикаторную трубку в свободный конец резиновой отводной трубки.

8. Прибор готов к работе. Придерживая ладонью головку штока, другой отпустить стопор.

КАК ТОЛЬКО ШТОК НАЧИНАЕТ ДВИГАТЬСЯ, СТОПОР И ШТОК

## ОТПУСКАЮТ!

После щелчка движение штока прекращается, а просасывание воздуха продолжается вследствие остаточного вакуума в сильфоне.

9. Индикаторный порошок после воздействия определяемого газа меняет окраску согласно таблице 2. Концентрация определяемого газа находят, совмещая нижнюю границу столбика окрашенного порошка индикаторной трубки с нулевой отметкой измерительной шкалы этикетки. Цифра на шкале, совпадающая с верхней границей окрашенного столбика, указывает концентрацию определяемого газа.

10. Измерения проводить не менее 2-3 раз, каждый раз новой трубкой. Результаты измерения занести в таблицу, определить среднеарифметическое значение. Сравнить это значение с предельнодопустимой концентрацией для исследуемого газа.

11. Сделать вывод о возможности работы в таких условиях

Бланк таблицы замеров

| Исследуемый газ | Определяемая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Среднеарифметическое значение концентрации, мг/м <sup>3</sup> | ПДК мг/м <sup>3</sup> |
|-----------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
|                 |                                              |                                                               |                       |

Дополнительные сведения об определении содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны можно найти в методических указаниях "Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны" N 3936-85, "Методика контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны" (приложение 9 Руководства 2.2.755-99 Гигиенические критерии

оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса), и методических указаниях "Измерение концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия" N 4436-87.

### Контрольные вопросы

1. Каков состав чистого атмосферного воздуха и как изменяется состав воздуха под влиянием деятельности человека?
2. Что такое рабочая зона и рабочее место?
3. От чего зависит воздействие вредных веществ на организм человека?
4. Какие классы опасности вредных веществ существуют? Приведите примеры веществ для каждого класса опасности.
5. Какие меры первой помощи оказываются при отравлении вредными веществами?
6. Что такое порог хронического воздействия и как он связан с ПДК?
7. Какие виды ПДК существуют? Дайте их определения.
8. Какие нормативные документы регламентируют качество воздуха рабочей зоны, населенного пункта?
9. Как нормируется содержание вредных веществ в воздухе, если их содержится в воздухе более одного?
10. Какие приборы используются для определения содержания вредных веществ в воздухе? Принцип их работы?

### ЛИТЕРАТУРА.

1. Охрана окружающей Среды. Учеб. для техн. спец. ВУЗов /С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др. Под ред. С.В, Белова. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1991.-319 с., ил.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые  
о  
концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. - М.: Минздрав России, 2003. - 156 с.

3. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. - М.: Минздрав России, 1998. - 254 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Госстандарт, 1988. - 18 с.
5. Справочник помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога. Под ред. Д.П. Никитина, А.И. Занченко. - М., Медицина, 1990.

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

*Методические указания для лабораторных и практических работ по  
курсу*

*«Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и  
охрана труда», «Техносферная безопасность» для студентов всех  
направлений и специальностей*

Составитель: Шипулина Ю.В., к.т.н., доцент; Руденко М.Ф., д.т.н., профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Рецензент: Саинова В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность» (для студентов технических специальностей и направлений) / Ю.В. Шипулина, М.Ф. Руденко; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: АГТУ

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

**Цель работы:** Измерение естественной освещенности рабочих мест в производственных помещениях и изучение методов расчета естественного освещения.

**Задачи работы:**

1. Ознакомление с влиянием естественного освещения на безопасность и труда и снижение травматизма.
2. Изучение принципов нормирования естественного освещения на рабочем месте.
3. Изучение методов расчета естественного освещения в производственном помещении.
4. Ознакомление с прибором измерения освещенности.
5. Расчет естественного освещения в производственном помещении.

**Приборы и материалы:** люксметр типа Ю-116.

### 1. Краткая теория.

Одна из основных задач безопасности жизнедеятельности – это организация производственного освещения рабочих мест. Правильно организованное и спроектированное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, повышает работоспособность, снижает риск возникновения профессиональных заболеваний зрительного анализатора (близорукость, дальнозоркость, слепота) повышает безопасность труда и снижает уровень производственного травматизма.

Близору́кость (миопи́я) — это дефект (аномалия рефракции) зрения, при котором изображение формируется не на сетчатке глаза, а перед ней. Человек хорошо видит вблизи, но плохо видит вдаль и для решения этой проблемы может пользоваться очками или контактными линзами с отрицательными значениями оптической силы.

Дальнозоркость (гиперметропия) — особенность рефракции глаза, состоящая в том, что изображения далёких предметов в покое аккомодации фокусируются за сетчаткой. В молодом возрасте при не слишком высокой дальнозоркости с помощью напряжения аккомодации можно сфокусировать изображение на сетчатке.

Аккомодация — приспособление зрительного анализатора к изменению внешних условий, т.е. при изменении преломляющей силы оптической системы глаза для ясного восприятия объектов, расположенных на разном расстоянии.

Объём аккомодации описывает пределы возможности изменения преломляющей силы оптической системы глаза для восприятия объектов, расположенных на разном расстоянии.

Во всех производственных помещениях с постоянным нахождением персонала необходимо обеспечивать естественное освещение, как наиболее благоприятное для глаз, экономичное и соответствующее всем медико-санитарным нормам.

Естественное освещение создается природными источниками света прямыми солнечными лучами и диффузным светом небосвода (от солнечных лучей, рассеянных атмосферой).

В производственных помещениях используют естественное освещение:

- а) **боковое** — через светопроемы (окна) в наружных стенах;
- б) **верхнее** — через световые фонари в перекрытиях;
- в) **комбинированное** — через световые фонари и окна.

Естественное освещение верхним или комбинированным светом обеспечивает большую равномерность уровня освещенности, чем боковое. При применении только бокового освещения создается высокая освещенность вблизи окон и низкая в глубине производственного помещения, при этом возможно возникновение теней от оборудования больших размеров.

Естественное освещение колеблется по временам года и по часам суток. Непостоянство освещения во времени вызвало необходимость введения отвлеченной единицы измерения естественной освещенности, которая называется **коэффициентом естественной освещенности (КЕО)**. КЕО представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в данной точке помещения ( $E_{\text{п}}$ ) к одновременной освещенности точки, находящейся на горизонтальной плоскости вне помещения ( $E_{\text{н}}$ ) и освещенной рассеянным светом полностью открытого небосвода:

$$\text{КЕО} = \frac{E_{\text{п}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

При одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности.

При двустороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке посередине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности.

При верхнем и комбинированном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности.

## **2. Нормирование естественного освещения.**

Основными нормативными документами по освещению являются СНиП 23-05-95(2003) и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Нормы освещенности построены на основе классификации зрительных работ по определенным количественным признакам. Ведущим признаком, определяющим разряд работы, является размер различаемых деталей. В свою очередь разряды делят на четыре подразряда в зависимости от вида фона (светлый, средний, темный) и контраста между деталями и фоном.

Кроме количественных нормируются и качественные показатели освещенности.

## **3. Методы определения естественной освещенности.**

Коэффициент естественной освещенности можно определить экспериментальным или графо-аналитическим методом.

**Экспериментальный метод** заключается в одновременном измерении освещенности внутри помещения на рабочем месте  $E_{\text{п}}$  и наружной освещенности  $E_{\text{н}}$  на той же горизонтальной поверхности, создаваемой рассеянным светом небосвода. А далее по формуле (1) произвести расчет КЕО.

**Графо-аналитический метод (метод Данилюка)** заключается в расчете, который учитывает общий коэффициент светопропускания, который характеризует потерю света в материале остекления, в переплетах светопроема, в слое загрязнения и в

солнцезащитных устройствах. Повышение КЕО за счет отраженного света от потолка и стен помещения учитывается коэффициентом отражения.

Для определения геометрических коэффициентов естественной освещенности существует графический метод А.М. Данилюка, пригодный для определения КЕО при легкой сплошной облачности, т.е. при диффузном распространении светового потока. Этот метод сводится к тому, что полусферу небосвода разбивают на 10 000 участков равной световой активности и подсчитывают, какое количество участков небосвода видно из данной точки помещения через светопроем, т.е. графически определяют, какая часть светового потока от всей небесной полусферы непосредственно попадает в расчетную точку.

Количество видимых через светопроем участков небосвода определяют при помощи двух графиков (рис. 1), представляющих собой пучок проекций лучей, соединяющих центр полусферы небосвода с участками равной световой активности по высоте (график I) и по ширине (график II) светового проема.

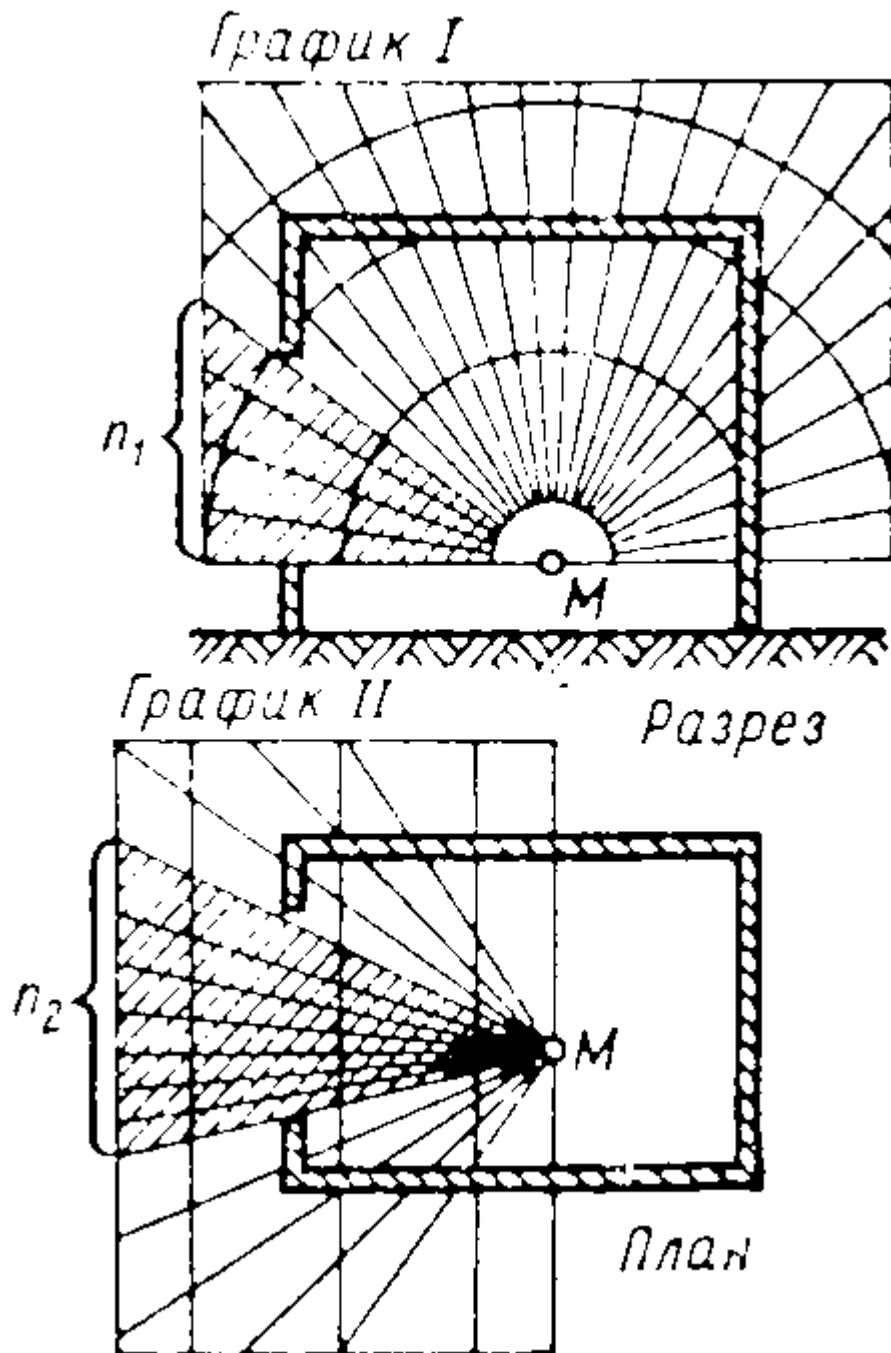


Рис. 1. Схема для расчета естественного освещения по методу А.М. Данилюка

График I накладывают на разрез помещения так, чтобы основание графика совпало со следом расчетной плоскости, а полюс графика — с расчетной точкой; определяется число лучей, захватываемых контуром светопроема,  $n_1$ .

График II накладывают на план помещения так, чтобы его основание было параллельно плоскости расположения светопроема, а полюс отстоял от светопроема на расстоянии, равном расстоянию от полюса графика I до середины светопроема по его высоте на поперечном разрезе. Подсчитывают число лучей  $n_2$ , захватываемых контуром светопроема по его ширине. Геометрическое значение КЕОв расчетной точке помещения определяют как  $e = 0,01n_1n_2, \%$ .

#### **4. Измерение естественной освещенности рабочих мест в производственном помещении.**

##### **1. *Ознакомиться с устройством прибора люксметра Ю-116.***

Основным измерительным прибором в данной лабораторной работе является люксметр типа Ю-116, состоящий из фотоэлемента с насадками и гальванометра.

В корпусе гальванометра находится прибор магнитоэлектрической системы, усилитель на микросхеме, переключатель, резисторы и другие элементы электрических цепей. На передней панели гальванометра расположена шкала прибора, кнопки переключателя, ручка установки нуля, а также таблица, содержащая схему пользования кнопками переключателя и насадками в зависимости от наибольшего значения диапазона измерений. На боковой стенке корпуса гальванометра расположена розетка для присоединения фотоэлемента. В качестве фотоэлемента используется селеновая пластинка, заключенная в пластмассовый корпус. Селеновый фотоэлемент присоединяется к гальванометру шнуром и вилкой, обеспечивающей правильную полярность соединения. Насадки или фильтры, служат для расширения диапазонов измерений. Каждый фильтр имеет буквенное обозначение - М, Р и Т, и в скобках указан коэффициент уменьшения светового потока, попадающего на фотоэлемент через данную насадку. При использовании насадок показания шкалы гальванометра умножаются на соответствующий коэффициент насадки.

Для подготовки к измерению установите гальванометр в горизонтальное положение. Проверьте, находится ли стрелки прибора на нулевом делении шкалы. В случае необходимости с

помощью корректора установите стрелку на нулевую отметку шкалы, после чего подключите фотоэлемент к гальванометру. При измерениях не допускайте длительного воздействия на фотоэлемент освещенности, превышающей значения шкалы. Начинайте измерения, включив переключатель, соответствующий положению 100, 1000, КМХХ) и надев на фотоэлемент насадку Т. Если стрелка прибора отклоняется менее чем на 20 делений, замените насадку Т на насадку Р, а затем на насадку М. Применяйте насадку К только совместно с одной из насадок Т, Р, М. Порядок отсчета измеряемой освещенности следующий: если нажата кнопка, выше которой нанесены цифры 100, 1000, 10000, то следует снимать показания со шкалы 0+100. Если нажата кнопка, выше которой стоят значения 30000, 3000, 300, 30, то следует пользоваться для отсчета показаний шкалой 0+30. Показания прибора в делениях по соответствующей шкале умножают на коэффициент уменьшения светового потока, зависящий от применяемых насадок.

Например, на фотоэлементе установлены насадки КР (общий номинальный коэффициент уменьшения светового потока 100) нажата кнопка, против которой нанесены значения 30000, 3000, 300, 30 и т.д. Стрелка показывает 10 делений на шкале 0+30. Измеряемая освещенность равна  $10 \times 100 = 1000$  лк. Закончив измерения, выключите прибор, отсоедините фотоэлемент и уложите его в футляр прибора.

2. *Выполнить замер наружной освещенности ( $E_n$ )* выдвинув фотоэлемент с насадками КТ за окно помещения. Умножить показания прибора на 2, т.к. нам необходимо значение светового потока всего небосвода.

3. *Выполнить замер внутренней освещенности ( $E_n$ )*, как минимум, в 3-х точках помещения: на рабочей плоскости стола около окна, на рабочей плоскости стола в середине помещения; на рабочей плоскости стола на расстоянии 1 м от стены, противоположной окнам

4. *Рассчитать фактический коэффициент естественной освещённости* для каждой точки замера по формуле (2)

$$e_{\phi} = \frac{E_{\text{п}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (4)$$

5. Определить КЕО нормируемое по формуле (3)

$$e_{\text{н}} = e \cdot m \cdot c \quad (3)$$

где  $e$  - определяется из таблицы (для работ средней точности, %);  
 $m$  - коэффициент светового климата (IV климатический пояс),  
 $c$  - коэффициент солнечности ( $136^{\circ}$  -  $225^{\circ}$ ).

6. Занести полученные данные в таблицу.

| №<br>точек<br>за-<br>ме-<br>ров на<br>рабо-<br>чих<br>местах | Высота<br>рабочей<br>поверх-<br>ности<br>над<br>уровнем<br>пола, м | Внутрен-<br>няя<br>освещён-<br>ность<br>$E_{\text{п}}$ , лк | Наружняя<br>освещён-<br>ность<br>$E_{\text{н}}$ , лк | Фактический<br>коэф-<br>фициент<br>естествен-<br>ной<br>освещён-<br>ности<br>$e_{\phi}$ , % | Норматив-<br>ный<br>коэффици-<br>ент<br>естествен-<br>ной<br>освещен-<br>ности $e_{\text{н}}$ ,<br>% |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|

7. Сравнить  $e_{\phi}$  и  $e_{\text{н}}$  и сделать вывод о характере и степени распространения естественного освещения в помещении.

8. Выполнить расчет естественного освещения по заданному преподавателем варианту.

## 5. Расчет естественного освещения

Рассчитать суммарную площадь световых проемов, необходимых для освещения заданного помещения. Начертить план помещения с указанием расположения окон.

1. Исходные данные взять из табл. П.1

2. По табл. П.2. определить значение КЕО ( $e$ ) для бокового освещения по заданному разряду работы.

3. Определить значение коэффициента светового климата ( $m$ ) из табл. П.3.

4. Определить значение коэффициента солнечности ( $c$ ) из табл.П.4.

5. Вычислить значение нормативного КЕО ( $e_H$ ) для заданного помещения по формуле:

$$e_H = e \cdot m \cdot c$$

6. Определить отношение длины помещения  $L$  к глубине (ширине) помещения  $B$ ,  $L/B$ .

7. Определить отношение глубины помещения  $B$  к высоте  $h_1$  от рабочей поверхности до верха окна,  $B/h_1$ .

8. Определить световую характеристику окна  $\eta_0$  по отношениям  $L/B$  и  $B/h_1$ , из табл. П.5.

9. Определить коэффициент запаса  $K_3$ , из табл. П.6.

10. Определить отношение расстояния  $P$  между рассматриваемыми зданиями к высоте  $H_{K3}$  расположения карниза противостоящего здания над подоконником расчетного окна  $P/H_{K3}$ .

11. Определить значение коэффициента  $K_{3T}$  затенения окон противостоящим зданием по соотношению  $P/H_{K3}$  из табл. П.7.

12. Определить значение коэффициента  $\tau_0$  светопропускания окна по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4$$

где  $\tau_1$  - коэффициент светопропускания стекла, определяемый по

табл.П.8;

$\tau_2$  - коэффициент, учитывающий потери света в оконных переплетах, определяемый по табл. П.8;

$\tau_3$  - коэффициент, учитывающий потери света при загрязнении светопро-пускающего материала, определяемый по табл. П.8;

$\tau_4$  - коэффициент, учитывающий потерн света в солнцезащитных устрой-ствах, определяемый по табл. П.8.

13. Определить площадь пола и потолка помещения, м<sup>2</sup>:

$$S_{\text{п}} = S_{\text{пот}} = L \cdot B$$

14. Определить площадь отражающих стен помещения, при условии, что окна располагаются по длине помещения, м<sup>2</sup>:

$$S_{\text{ст}} = L \cdot H + 2 \cdot B \cdot H$$

15. Определить средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей помещения:

$$\rho = \frac{\rho_{\text{пот}} \cdot S_{\text{пот}} + \rho_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ст}} + \rho_{\text{п}} \cdot S_{\text{п}}}{S_{\text{пот}} + S_{\text{ст}} + S_{\text{п}}}$$

где  $\rho_{\text{пот}}$  - коэффициент отражения потолка,

$\rho_{\text{ст}}$  - коэффициент отражения стен,

$\rho_{\text{п}}$  - коэффициент отражения пола.

16. Определить отношение расстояния от расчетной точки до наружной стены  $l_p$  к глубине помещения  $B$ ,  $l_p/B$ .

17. Определить коэффициент светотражения  $\Gamma$  при отношениях  $B/h_1$ ,  $l_p/B$ ,  $L/B$  и средневзвешенном коэффициенте помещения  $\rho$  по табл. П.9.

18. Определить суммарную площадь световых проемов  $S_0$ ,  $\text{м}^2$  по формуле:

$$S_0 = \frac{e_n \cdot \eta_0 \cdot K_z \cdot K_{зт}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r} \cdot S_{\Pi}$$

19 Определять необходимое число окон, задаваясь площадью одного окна:

$S = 3,6; 7,2; 10,8 \text{ м}^2$  и указать их на плане. Высота указанных окон – 2 м, ширина соответственно – 1,8; 3,6; и 5,4 м. Если указанные стандартные размеры оконных проемов не подходят для расчетного помещения, можно принять индивидуальные для данного помещения окна с обязательным указанием их размеров.

## **6. Контрольные вопросы.**

1. Что такое естественное освещение и от каких факторов оно зависит?
2. Какие существуют виды естественного освещения?
3. Дайте определение освещенности?
4. Дайте определение коэффициенту естественной освещенности(КЕО)
5. Назовите единицы измерения освещенности и КЕО?
6. Как нормируется естественная освещенность?
7. Как называется прибор для определения освещенности?
8. Какое физическое явление положено в основу устройства прибора?
9. Перечислите факторы, влияющие на естественную освещенность рабочего места в помещении?
10. Что определяется при расчете естественного освещения?
11. Какие методы расчета КЕО вы знаете?
12. Какими нормативными документами регламентируется освещение производственного помещения?
13. К каким негативным последствиям приводит плохое освещение?

## **7. Библиографический список**

7.1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов/ под ред. Б.С. Мастрюкова / под ред. Б.С. Мастрюкова — М.: Академия, 2012. — 304с. — 3экз.

7.2. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (Техносферная безопасность): учеб. пособие для вузов : бакалавров — 4-е изд., испр. и доп. — М.: Юрайт, 2012. — 682с. — 14 экз.

7.3. Каракеян, В.И., Никулина И.М. Безопасность жизнедеятельности: учебник для бакалавров — М.: Юрайт, 2012. — 456с. — 7 экз.

7.4. СнИП 23-05-95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. М: Минстрой России, 1995.

## Приложения

**Таблица П.1 – Исходные данные для расчета естественного  
освещения**

| Исходные данные |                                                                                 | Номера вариантов |     |    |              |     |     |     |                  |    |     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|----|--------------|-----|-----|-----|------------------|----|-----|
|                 |                                                                                 | 1                | 2   | 3  | 4            | 5   | 6   | 7   | 8                | 9  | 10  |
| 1               | Вид естественного освещения                                                     | Боковое          |     |    |              |     |     |     |                  |    |     |
| 2               | Характеристика помещения                                                        | производственное |     |    | общественное |     |     |     | производственное |    |     |
| 3               | Длина помещения, L, м                                                           | 20               | 15  | 10 | 9            | 8   | 7   | 5   | 18               | 27 | 45  |
|                 | Ширина помещения, В, м                                                          | 10               | 10  | 10 | 6            | 4   | 7   | 5   | 6                | 9  | 15  |
|                 | Высота помещения, Н, м                                                          | 4                | 3,5 | 4  | 2,8          | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 3                | 3  | 3   |
| 4               | Расстояние до противостоящего здания, Р, м                                      | –                | 20  | 15 | –            | 30  | –   | 45  | 50               | 12 | 16  |
| 5               | Высота от карниза противостоящего здания до подоконника расчетного окна, Нкз, м | –                | 5   | 30 | –            | 10  | –   | 9   | 25               | 6  | 16  |
| 6               | Расстояние от расчетной точки в помещении до наружной стены, $l_p$ , м          | 9                | 9   | 9  | 5            | 3   | 6   | 4   | 5                | 8  | 14  |
| 7               | Высота от рабочей поверхности до верха окна, $h_1$ , м                          | 3                | 2,5 | 3  | 2            | 2   | 2   | 2   | 2                | 2  | 2,5 |

|    |                                                                                                                                        |                    |                   |                   |                   |                                |                              |                                |                    |                   |                    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 8  | Климатический пояс                                                                                                                     | I                  | II                | III               | IV                | V                              | I                            | II                             | III                | IV                | V                  |
| 9  | Ориентация окон по сторонам горизонта, град                                                                                            | 30                 | 340               | 280               | 120               | 180                            | 320                          | 15                             | 90                 | 190               | 200                |
| 10 | Разряд зрительной работы                                                                                                               | 2                  | 3                 | 4                 | 5                 | 4                              | 3                            | 1                              | 2                  | 3                 | 4                  |
| 11 | Вид светопропускающего материала                                                                                                       | Листовое двойное   | стеклопакеты      | Оргстекло матовое | рассеивающее      | отражающее                     | Листовое двойное             | стеклопакеты                   | Пластик бесцветный | стеклопакеты      | Отражающий кобальт |
| 12 | Вид оконного переплета                                                                                                                 | деревянный         |                   | стальной          |                   | стальной                       | деревянный                   |                                | стальной           |                   | стальной           |
| 13 | Степень загрязнения                                                                                                                    |                    | незначительное    | умеренное         | значительное      | умеренное                      | незначительное               |                                |                    | незначительное    | незначительное     |
| 14 | Вид солнцезащитного устройства                                                                                                         | Убирающиеся жалюзи | шторы             |                   |                   | Горизонтальные многост. жалюзи | Стальные жалюзи вертикальные | Стальные жалюзи горизонтальные | Козырек углом 40°  | шторы             |                    |
| 15 | Коэффициенты отражения внутренних поверхностей:<br>Потолка, $\rho_{\text{пот}}$<br>Стен, $\rho_{\text{ст}}$<br>Пола, $\rho_{\text{п}}$ | 0,7<br>0,5<br>0,1  | 0,6<br>0,4<br>0,3 | 0,7<br>0,5<br>0,3 | 0,7<br>0,5<br>0,1 | 0,6<br>0,4<br>0,3              | 0,7<br>0,5<br>0,3            | 0,7<br>0,5<br>0,3              | 0,6<br>0,4<br>0,3  | 0,7<br>0,5<br>0,1 | 0,7<br>0,5<br>0,3  |

Продолжение Таблица П.1

| Исходные данные |                                                                                 | Номера вариантов |     |     |                  |     |     |     |              |     |     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|
|                 |                                                                                 | 11               | 12  | 13  | 14               | 15  | 16  | 17  | 18           | 19  | 20  |
| 1               | Вид естественного освещения                                                     | Боковое          |     |     |                  |     |     |     |              |     |     |
| 2               | Характеристика помещения                                                        | общественное     |     |     | производственное |     |     |     | общественное |     |     |
| 3               | Длина помещения, L, м                                                           | 16               | 30  | 35  | 12               | 14  | 10  | 20  | 16           | 8   | 15  |
|                 | Ширина помещения, В, м                                                          | 8                | 10  | 5   | 8                | 7   | 5   | 5   | 4            | 4   | 7   |
|                 | Высота помещения, Н, м                                                          | 3,5              | 3,5 | 4   | 3                | 3   | 3   | 3   | 2,8          | 2,8 | 3,5 |
| 4               | Расстояние до противостоящего здания, Р, м                                      | 18               | 10  | 8   | —                | 30  | 8   | 12  | 20           | —   | 15  |
| 5               | Высота от карниза противостоящего здания до подоконника расчетного окна, Нкз, м | 9                | 5   | 16  | —                | 10  | 16  | 6   | 5            | —   | 30  |
| 6               | Расстояние от расчетной точки в помещении до наружной стены, $l_p$ , м          | 7                | 9   | 4   | 7                | 6   | 4   | 4   | 3            | 3   | 6   |
| 7               | Высота от рабочей поверхности до верха окна, $h_1$ , м                          | 2                | 2,5 | 2,5 | 2,5              | 2,5 | 2   | 2   | 2            | 2   | 3   |
| 8               | Климатический пояс                                                              | I                | II  | III | IV               | V   | V   | III | IV           | II  | I   |
| 9               | Ориентация окон по сторонам горизонта, град                                     | 30               | 340 | 280 | 120              | 180 | 320 | 15  | 90           | 190 | 200 |
| 10              | Разряд зрительной работы                                                        | 5                | 6   | 4   | 3                | 4   | 5   | 6   | 2            | 3   | 5   |

|    |                                                                                                                                        |                   |                   |                   |                   |                    |                         |                   |                       |                     |                   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| 11 | Вид свето-пропускающего материала                                                                                                      | Листовое двойное  | Оргстекло матовое | Листовое двойное  | Отражающий титан  | Пластик бесцветный | Блоки светопропускающие | стеклопакеты      | Отражающий кобальт    | стеклопакеты        | Листовое двойное  |
| 12 | Вид оконного переплета                                                                                                                 | деревянный        | стальной          | деревянный        | стальной          | стальной           | деревянный              |                   | деревянный            |                     | стальной          |
| 13 | Степень загрязнения                                                                                                                    |                   |                   |                   | незначительное    | умеренное          | значительное            | значительное      | незначительное        | незначительное      | значительное      |
| 14 | Вид солнцезащитного устройства                                                                                                         | шторы             | шторы             | шторы             |                   |                    |                         |                   | Жалюзи горизонтальные | Жалюзи вертикальные | Жалюзи убираться  |
| 15 | Коэффициенты отражения внутренних поверхностей:<br>Потолка, $\rho_{\text{пот}}$<br>Стен, $\rho_{\text{ст}}$<br>Пола, $\rho_{\text{п}}$ | 0,7<br>0,5<br>0,1 | 0,6<br>0,4<br>0,3 | 0,7<br>0,5<br>0,3 | 0,7<br>0,5<br>0,1 | 0,6<br>0,4<br>0,3  | 0,7<br>0,5<br>0,3       | 0,6<br>0,4<br>0,3 | 0,7<br>0,5<br>0,3     | 0,7<br>0,5<br>0,1   | 0,6<br>0,4<br>0,3 |

Продолжение Таблица П.1

| Исходные данные |                                                                                 | Номера вариантов |     |     |              |     |     |     |                  |     |     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|
|                 |                                                                                 | 21               | 22  | 23  | 24           | 25  | 26  | 27  | 28               | 29  | 30  |
| 1               | Вид естественного освещения                                                     | Боковое          |     |     |              |     |     |     |                  |     |     |
| 2               | Характеристика помещения                                                        | производственное |     |     | общественное |     |     |     | производственное |     |     |
| 3               | Длина помещения, L, м                                                           | 12               | 16  | 18  | 20           | 24  | 28  | 30  | 28               | 20  | 30  |
|                 | Ширина помещения, В, м                                                          | 12               | 8   | 6   | 10           | 12  | 7   | 10  | 14               | 20  | 15  |
|                 | Высота помещения, Н, м                                                          | 3                | 3   | 3   | 4            | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 4                | 4   | 4   |
| 4               | Расстояние до противостоящего здания, Р, м                                      | —                | 20  | —   | 40           | 20  | —   | 15  | —                | 30  | 25  |
| 5               | Высота от карниза противостоящего здания до подоконника расчетного окна, Нкз, м | —                | 5   | —   | 10           | 10  | —   | 5   | —                | 10  | 25  |
| 6               | Расстояние от расчетной точки в помещении до наружной стены, $l_p$ , м          | 11               | 7   | 5   | 9            | 11  | 6   | 9   | 13               | 19  | 14  |
| 7               | Высота от рабочей поверхности до верха окна, $h_1$ , м                          | 2                | 2   | 2   | 3            | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3                | 3   | 3   |
| 8               | Климатический пояс                                                              | II               | III | IV  | V            | I   | IV  | III | II               | IV  | III |
| 9               | Ориентация окон по сторонам горизонта, град                                     | 120              | 90  | 180 | 309          | 158 | 15  | 90  | 200              | 140 | 320 |
| 10              | Разряд зрительной работы                                                        | 4                | 3   | 5   | 6            | 3   | 5   | 8   | 4                | 6   | 5   |

|    |                                                                                                                                        |                   |                   |                     |                   |                          |                             |                             |                          |                          |                   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| 11 | Вид свето-пропускающего материала                                                                                                      | Листовое двойное  | Листовое двойное  | Листовое двойное    | Оргстекло матовое | Пластик слабоотражающий  | Отражающий кобальт          | Пластик слабоотражаю        | Листовое двойное         | Блоки рассеивающие       | стеклопакеты      |
| 12 | Вид оконного переплета                                                                                                                 | стальной          | деревянный        | деревянный          | стальной          | стальной                 | деревянный                  | деревянный                  | деревянный               |                          |                   |
| 13 | Степень загрязнения                                                                                                                    | умеренное         | незначительное    | умеренное           | умеренное         | незначительное умеренное | незначительное значительное | незначительное значительное | умеренное незначительное | умеренное незначительное | незначительное    |
| 14 | Вид солнцезащитного устройства                                                                                                         | Козырек угол 30°  | Козырек угол 45°  | Жалюзи вертикальные | шторы             | Жалюзи горизонтальные    | шторы                       | Жалюзи горизонтальные       | Козырек угол 40°         |                          | шторы             |
| 15 | Коэффициенты отражения внутренних поверхностей:<br>Потолка, $\rho_{\text{пот}}$<br>Стен, $\rho_{\text{ст}}$<br>Пола, $\rho_{\text{п}}$ | 0,7<br>0,5<br>0,1 | 0,6<br>0,4<br>0,3 | 0,7<br>0,5<br>0,3   | 0,7<br>0,5<br>0,1 | 0,6<br>0,4<br>0,3        | 0,7<br>0,5<br>0,3           | 0,6<br>0,4<br>0,3           | 0,7<br>0,5<br>0,3        | 0,7<br>0,5<br>0,1        | 0,6<br>0,4<br>0,3 |

**Таблица П.2**– Определение коэффициента естественного освещения,  $e$ .

| Характеристика зрительной работы                                                                | Разряд зрительной работы | Значение $e$ при естественном освещении |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|---------|
|                                                                                                 |                          | Боковом                                 | Верхнем |
| Наивысшей точности                                                                              | I                        | 3,5                                     | 10      |
| Очень высокой точности                                                                          | II                       | 2,2                                     | 7       |
| Высокой точности                                                                                | III                      | 2,0                                     | 5       |
| Средней точности                                                                                | IV                       | 1,5                                     | 4       |
| Малой точности                                                                                  | V                        | 1,0                                     | 3       |
| Грубой точности                                                                                 | VI                       | 0,5                                     | 2       |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса:<br>Постоянное наблюдение<br>Периодическое | VIII                     | 0,3                                     | 1       |
|                                                                                                 |                          | 0,3                                     | 1,0     |
|                                                                                                 |                          | 0,2                                     | 0,7     |
| Работа на складах                                                                               | IX                       | 0,1                                     | 0,5     |

**Таблица П.3** – Определение коэффициента светового климата,  $m$ .

| Пояс светового климата | Значения коэффициента светового климата, $m$ . |
|------------------------|------------------------------------------------|
| I                      | 1,2                                            |
| II                     | 1,1                                            |
| III                    | 1,0                                            |
| IV                     | 0,9                                            |
| V                      | 0,8                                            |

**Таблица П.4** – Определения коэффициента солнечности,  $c$ .

| Пояс светового климата | Значения коэффициентов солнечности, $C$ , для световых проемов, ориентированных по сторонам горизонта |                       |          |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|
|                        | 136°-225°                                                                                             | 226°-315°<br>46°-135° | 316°-45° |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| I   | 0,9  | 0,95 | 1    |
| II  | 0,85 | 0,9  | 1    |
| III | 0,8  | 0,85 | 1    |
| IV  | 0,7  | 0,75 | 0,95 |
| V   | 0,65 | 0,7  | 0,9  |

**Таблица П.5** – Определение световой характеристики окна,  $\eta_0$

| L/B       | Значения световой характеристики $\eta_0$ при отношениях B/h <sub>1</sub> |      |      |      |    |    |      |      |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|------|------|------|----|----|------|------|
|           | 1                                                                         | 1,5  | 2    | 3    | 4  | 5  | 7,5  | 10   |
| 0,5       | 18                                                                        | 23   | 31   | 37   | 45 | 54 | 66   | -    |
| 1         | 11                                                                        | 15   | 16   | 18   | 21 | 23 | 26,5 | 29   |
| 1,5       | 9,5                                                                       | 10,5 | 13   | 15   | 17 | 19 | 21   | 23   |
| 2         | 8,5                                                                       | 9,5  | 10,5 | 11,5 | 13 | 13 | 15   | 17   |
| 3         | 7,5                                                                       | 8,5  | 8,5  | 9,6  | 10 | 11 | 12,5 | 14   |
| 4 и более | 6,5                                                                       | 7    | 7,5  | 8,0  | 9  | 10 | 11   | 12,5 |

**Таблица П.6** – Определение коэффициента запаса, Кз.

| Характеристики помещения                             | Значение коэффициента запаса $k_z$ при естественном освещении |         |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------|
|                                                      | Боковом                                                       | верхнем |
| Помещения с большими выделениями пыли, копоти, дыма  | 1,5                                                           | 2,0     |
| Помещения со средними выделениями пыли, копоти, дыма | 1,4                                                           | 1,8     |
| Помещения с малыми выделениями пыли, копоти, дыма    | 1,3                                                           | 1,5     |
| Помещения общественные и жилые                       | 1,2                                                           | 1,5     |

Характеристику производственного помещения определить по степени загрязнения окон. Например, степень загрязнения незначительная - следовательно производственное помещение относится к помещениям с малыми выделениями пыли, копоти и дыма.

**Таблица П.7** – Определение коэффициента затенения, Кзт.

| Отношения Р/Нкз | Значения коэффициента затенения $k_{zt}$ |
|-----------------|------------------------------------------|
| 0,5             | 1,7                                      |
| 1,0             | 1,4                                      |
| 1,5             | 1,2                                      |
| 2,0             | 1,1                                      |
| 3,0 и более     | 1,0                                      |

**Таблица П.8 – Определение коэффициента светопропускания,  $\tau_0$**

| Вид светопропускающего материала    | $\tau_1$ | Вид переплета                                                          | $\tau_2$ | Степень загрязнения светопропускающего материала                      | $\tau_3$ | Вид солнцезащитного устройств                           | $\tau_4$ |
|-------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------|----------|
| <i>Стекло листовое: Одинарное</i>   | 0,9      | <i>Переплеты промышленных зданий: Деревянные одинарные</i>             | 0,7      | <i>Значительное загрязнение Пылью, копотью и другими аэрозолями</i>   | 0,65     | <i>Убирающиеся жалюзи и шторы</i>                       | 1        |
| <i>Стекло листовое Двойное</i>      | 0,8      | <i>Переплеты промышленных зданий: Деревянные спаренные</i>             | 5        | <i>Умеренное загрязнение Пылью, копотью и другими аэрозолями</i>      | 0,7      | <i>Стационарные жалюзи Горизонтальные</i>               | 0,65     |
| <i>Стекло листовое Тройное</i>      | 0,75     | <i>Переплеты промышленных зданий: Деревянные двойные раздельные</i>    | 0,7      | <i>Незначительное загрязнение Пылью, копотью и другими аэрозолями</i> | 0,8      | <i>Стационарные жалюзи Вертикальные</i>                 | 0,75     |
| <i>Стекло листовое Узорчатое</i>    | 0,65     | <i>Переплеты промышленных зданий: Деревянные раздельные</i>            | 0,6      |                                                                       |          | <i>Горизонтальные козырьки: С защитным углом 30°</i>    | 0,8      |
| <i>Стекло листовое Армированное</i> | 0,6      | <i>Переплеты промышленных зданий: Стальные одинарные открывающиеся</i> | 0,75     |                                                                       |          | <i>Многоступенчатые козырьки: С углом от 15° до 45°</i> | 0,6      |
| <i>Стекло теплоотражающее</i>       | 0,7      | <i>Переплеты промышленных зданий:</i>                                  | 0,9      |                                                                       |          |                                                         |          |

|                                                       |      |                                                                          |      |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------|------|--|--|--|--|
| пленочным покрытием: Титан                            |      | Стальные одинарные глухие                                                |      |  |  |  |  |
| Стекло теплоотражающее с пленочным покрытием: Кобальт | 0,65 | Переpleты промышленных зданий: Стальные Двойные открывающиеся            | 0,6  |  |  |  |  |
| Органическое стекло: Прозрачное                       | 0,9  | Переpleты промышленных зданий: Стальные Двойные глухие                   | 0,8  |  |  |  |  |
| Органическое стекло: Матовое                          | 0,5  | Переpleты жилых и общественных зданий: Деревянные: Одинарные             | 0,8  |  |  |  |  |
| Стеклопластик: Бесцветный                             | 0,75 | Переpleты жилых и общественных зданий: Деревянные: Спаренные             | 0,75 |  |  |  |  |
| Стеклопластик: Слабоокрашенный                        | 0,6  | Переpleты жилых и общественных зданий: Деревянные: Двойные раздельные    | 0,65 |  |  |  |  |
| Стеклопластик: Интенсивно-окрашенный                  | 0,5  | Переpleты жилых и общественных зданий: Деревянные: С тройным остеклением | 0,5  |  |  |  |  |
| Пустотелые стеклянные блоки                           | 0,55 | Переpleты жилых и общественных зданий: Металлические: Одинарные          | 0,9  |  |  |  |  |
| Стеклопакеты                                          | 0,8  | Переpleты жилых и общественных зданий:                                   | 0,85 |  |  |  |  |

|  |  |                                                                                               |     |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  | Металлические:<br>Спаренные                                                                   | 0,8 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Переpleты<br>жилых и<br>общественных<br>зданий:<br>Металлические:<br>Двойные<br>раздельные    |     |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Переpleты<br>жилых и<br>общественных<br>зданий:<br>Металлические:<br>С тройным<br>остеклением | 0,7 |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица П.9 – Определение коэффициента светотражения,  $\tau$ .

| Отношение<br>B/h <sub>1</sub> | Отношение<br>I <sub>p</sub> /B | Величина $\tau$ при боковом отражении                      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                               |                                | Средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей $\rho$ |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                               |                                | 0,5                                                        |      |      | 0,4  |      |      | 0,3  |      |      |
|                               |                                | Отношение L/B                                              |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                               |                                | 0,5                                                        | 1,0  | 2,0  | 0,5  | 1,0  | 2,0  | 0,5  | 1,0  | 2,0  |
| 1                             | 2                              | 3                                                          | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
| 1,0-<br>1,5                   | 0,1                            | 1,05                                                       | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,0  | 1,05 | 1,0  | 1,0  |
|                               | 0,5                            | 1,4                                                        | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,15 | 1,1  | 1,2  | 1,1  | 1,1  |
|                               | 1,0                            | 2,1                                                        | 1,9  | 1,5  | 1,8  | 1,6  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,2  |
| 1,5-<br>2,5                   | 0,1                            | 1,05                                                       | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,0  | 1,0  |
|                               | 0,3                            | 1,3                                                        | 1,2  | 1,1  | 1,2  | 1,15 | 1,1  | 1,15 | 1,1  | 1,05 |
|                               | 0,5                            | 1,85                                                       | 1,6  | 1,3  | 1,5  | 1,35 | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 1,1  |
|                               | 0,7                            | 2,25                                                       | 2,0  | 1,7  | 1,7  | 1,6  | 1,3  | 1,55 | 1,35 | 1,2  |
|                               | 1,0                            | 3,8                                                        | 3,3  | 2,4  | 2,8  | 2,4  | 1,8  | 2,0  | 1,8  | 1,5  |
| 2,5-<br>3,5                   | 0,1                            | 1,1                                                        | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,5  |
|                               | 0,2                            | 1,15                                                       | 1,1  | 1,05 | 1,1  | 1,1  | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |
|                               | 0,3                            | 1,2                                                        | 1,15 | 1,1  | 1,15 | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,05 |
|                               | 0,4                            | 1,35                                                       | 1,25 | 1,2  | 1,2  | 1,15 | 1,1  | 1,15 | 1,1  | 1,1  |
|                               | 0,5                            | 1,6                                                        | 1,45 | 1,3  | 1,35 | 1,25 | 1,2  | 1,25 | 1,15 | 1,1  |
|                               | 0,6                            | 2,0                                                        | 1,75 | 1,45 | 1,6  | 1,45 | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,2  |
|                               | 0,7                            | 2,6                                                        | 2,2  | 1,7  | 1,9  | 1,7  | 1,4  | 1,6  | 1,5  | 1,3  |
|                               | 0,8                            | 3,6                                                        | 3,1  | 2,4  | 2,4  | 2,2  | 1,55 | 1,9  | 1,7  | 1,4  |
|                               | 0,9                            | 5,3                                                        | 4,2  | 3,0  | 2,9  | 2,45 | 1,9  | 2,2  | 1,85 | 1,5  |
|                               | 1,0                            | 7,2                                                        | 5,4  | 4,3  | 3,6  | 3,1  | 2,4  | 2,6  | 2,2  | 1,7  |
| Более<br>3,5                  | 0,1                            | 1,2                                                        | 1,15 | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,0  |
|                               | 0,2                            | 1,4                                                        | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,15 | 1,1  | 1,1  | 1,05 | 1,05 |

|  |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |
|--|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
|  | 0,3 | 1,75 | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,25 | 1,2 | 1,1 |
|  | 0,4 | 2,4  | 2,1 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,4  | 1,3 | 1,2 |
|  | 0,5 | 3,4  | 2,9 | 2,5 | 2,0 | 1,8 | 1,5 | 1,7  | 1,5 | 1,3 |
|  | 0,6 | 4,6  | 3,8 | 3,1 | 2,4 | 2,1 | 2,8 | 2,0  | 1,8 | 1,5 |
|  | 0,7 | 6,0  | 4,7 | 3,7 | 2,9 | 2,6 | 2,1 | 2,3  | 2,0 | 1,7 |
|  | 0,8 | 7,4  | 5,8 | 4,7 | 3,4 | 2,9 | 2,4 | 2,6  | 2,3 | 1,9 |
|  | 0,9 | 9,0  | 7,1 | 5,6 | 4,3 | 3,6 | 3,0 | 3,0  | 2,6 | 2,1 |
|  | 1,0 | 10,0 | 7,3 | 5,7 | 5,0 | 4,1 | 3,5 | 3,5  | 3,0 | 2,5 |

## РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Методические указания к практическим и лабораторным занятиям по курсу ««Безопасность жизнедеятельности » для студентов всех специальностей и направлений

Составители:

Третьяк Л.П., к.б.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Рецензент:

Руденко М.Ф., д.т.н., профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Расчет искусственного свечения. Методические указания к практическим и лабораторным занятиям по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей и направлений.

Рассматриваемый в методических указаниях метод расчета искусственного освещения широко применяется для организации общего рабочего освещения производственных помещений.

Методические указания утверждены на заседании кафедры БЖГ

Цель работы: изучение методов расчета и проведение расчета искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока.

### Теоретическое введение

Искусственное освещение по характеру выполняемых задач делят на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное. Рабочее освещение устраивают во всех помещениях, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Аварийное освещение предназначено на случай внезапного отключения рабочего освещения. Эвакуационное освещение служит для безопасного выхода людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. При этом освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестничных маршей должна быть не менее 0.5 лк. Светильники аварийного и эвакуационного освещения питаются от независимого источника. Для охранного и дежурного освещения используют в нерабочее время часть светильников рабочего освещения, и предусматривается питание светильников от независимого источника.

По конструктивному исполнению искусственное освещение подразделяется на общее и комбинированное. Общее освещение - это освещение всех рабочих мест от общей осветительной установки. Комбинированное освещение — это сочетание общего и местного освещения рабочего места. Для искусственного освещения общественных помещений рекомендуется использовать люминесцентные лампы, у которых высокая световая отдача, продолжительный срок службы, малая яркость светящейся поверхности, близкий к естественному спектральный состав излучаемого света. Наиболее приемлемыми для таких помещений являются люминесцентные лампы ЛВ (белого света) и МТБ (тепло-белого света) мощностью 20, 40, 80 Вт

Основной задачей расчета искусственного освещения является определение количества светильников и мощности осветительной установки. Наиболее часто применяемыми методами расчета являются

- метод коэффициента использования светового потока,
- точечный метод,
- метод ватт.

Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета освещенности общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей.

Точечный метод применяется для расчета местного, общего равномерного и локализованного освещения при любом расположении освещаемых поверхностей, а также в качестве проверочного

Расчет освещенности методом ватт применяется в основном для расчета прожекторных установок

### Нормирование искусственного освещения

Согласно действующим строительным нормам и правилам искусственного освещения СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» (с изменениями от 1 июля 2003 г.) регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест.

Нормы освещенности построены на основе классификации зрительных работ по определенным количественным признакам. Ведущим признаком, определяющим разряд работы, является размер различаемых деталей. В свою очередь разряды делят на четыре подразделения в зависимости от светлоты фона и контраста между

деталью и фоном

Нормы освещенности зависят от принятой системы освещения. При комбинированном искусственном освещении, как более экономичном, нормы выше, чем при общем. При этом освещенность, создаваемая светильниками общего освещения, должна составлять 10 %, от нормируемой, но не менее 150 лк.

Кроме количественных характеристик, нормируются и качественные показатели освещенности. Для ограничения неблагоприятного действия пульсирующих световых потоков газоразрядных ламп установлены предельные значения коэффициентов пульсации освещенности рабочих мест  $k_{п}$  в пределах  $10 \div 20$  % в зависимости от разряда зрительной работы.

Табл. 1.1

Исходные данные для расчета искусственного освещения

|    | Вид<br>искусст<br>венного<br>освеще<br>ния | Источники<br>искусствен<br>ного света,<br>тип лампы | Тип<br>светиль<br>ника | Мощно<br>сть<br>лампы,<br>Вт | Размеры<br>помещения,<br>L x B x H, м | Кoeffицие<br>нты<br>отражения<br>стен и<br>потолка | Разряд<br>зрительной<br>работы | Контраст<br>объекта<br>различения<br>с фоном | Характерис<br>тика фона |
|----|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                                          | 3                                                   | 4                      | 5                            | 6                                     | 7                                                  |                                |                                              |                         |
| 1  | Общее                                      | ЛБ                                                  | ОД                     | 60                           | 25x9x3                                | 70; 50                                             | 1У                             | Малый                                        | Средний                 |
| 2  |                                            | Г                                                   | ГИ                     | 300                          | 30x14x4                               | 50; 50                                             | 11                             | Большой                                      | Светлый                 |
| 3  |                                            | ЛДЦ                                                 | ОД                     | 80                           | 30x20x5                               | 30; 10                                             | У                              | Малый                                        | Темный                  |
| 4  |                                            | БК                                                  | ШМ                     | 100                          | 18x10x5                               | 50; 30                                             | 1У                             | Средний                                      | Темный                  |
| 5  |                                            | ЛХБ                                                 | ОДР                    | 65                           | 26x16x5                               | 50; 30                                             | У                              | Малый                                        | Темный                  |
| 6  |                                            | Г                                                   | ГИ                     | 200                          | 10x5x4                                | 70; 50                                             | 1У                             | Малый                                        | Темный                  |
| 7  |                                            | ЛД                                                  | ОДО                    | 85                           | 15x10x4                               | 30; 10                                             | У                              | Средний                                      | Темный                  |
| 8  |                                            | БК                                                  | ШМ                     | 60                           | 25x15x4                               | 50; 50                                             | У111                           | -                                            | -                       |
| 9  |                                            | ЛТБ                                                 | ОДР                    | 80                           | 40x20x6                               | 70; 50                                             | 1У                             | -                                            | Средний                 |
| 10 |                                            | Б                                                   | ШМ                     | 150                          | 70x25x5                               | 50; 30                                             | 111                            | Большой                                      | Светлый                 |
| 11 |                                            | Б                                                   | ШМ                     | 100                          | 60x30x7                               | 50; 30                                             | 1У                             | Средний                                      | Темный                  |
| 12 |                                            | ЛБ                                                  | ОД                     | 30                           | 10x10x6                               | 70; 50                                             | 111                            | Малый                                        | Средний                 |
| 13 |                                            | БК                                                  | ШМ                     | 200                          | 50x20x6                               | 50; 50                                             | У111                           | -                                            | -                       |
| 14 |                                            | ЛХБ                                                 | ОДР                    | 60                           | 35x15x5                               | 50; 30                                             | У                              | Малый                                        | Темный                  |
| 15 |                                            | Г                                                   | ШМ                     | 100                          | 10x15x5                               | 50; 50                                             | 11                             | Большой                                      | Светлый                 |
| 16 |                                            | ЛБ                                                  | ОД                     | 40                           | 6x8x3                                 | 70; 50                                             | 1                              | Средний                                      | Средний                 |
| 17 |                                            | ЛДЦ                                                 | ОД                     | 65                           | 12x10x3,5                             | 50; 30                                             | 11                             | Малый                                        | Темный                  |
| 18 |                                            | Б                                                   | ШМ                     | 60                           | 5x4x3,5                               | 50; 30                                             | 111                            | Средний                                      | Средний                 |
| 19 |                                            | ЛДЦ                                                 | ОД                     | 30                           | 6x8x3                                 | 70; 50                                             | 1                              | Большой                                      | Светлый                 |
| 20 |                                            | ЛТБ                                                 | ОДР                    | 60                           | 15x7x3                                | 50; 30                                             | 1У                             | Малый                                        | Средний                 |
| 21 |                                            | ЛБ                                                  | ОД                     | 65                           | 20x10x3                               | 50; 30                                             | 11                             | Средний                                      | Темный                  |
| 22 |                                            | Г                                                   | ШМ                     | 500                          | 80x10x3,5                             | 50; 30                                             | У11                            | -                                            | -                       |
| 23 |                                            | ЛДЦ                                                 | ОД                     | 20                           | 10x4x3                                | 70; 50                                             | У                              | Большой                                      | Светлый                 |
| 24 |                                            | ЛТБ                                                 | ОДР                    | 30                           | 24x8x3,5                              | 50; 30                                             | У11                            | -                                            | -                       |
| 25 |                                            | Г                                                   | ШМ                     | 80                           | 18x6x3                                | 50; 50                                             | 111                            | Средний                                      | Средний                 |
| 26 |                                            | ЛХБ                                                 | ОДР                    | 40                           | 15x5x3                                | 30; 10                                             | У                              | Малый                                        | Средний                 |
| 27 |                                            | БК                                                  | ШМ                     | 200                          | 42x12x5                               | 50; 30                                             | У                              | Малый                                        | Темный                  |
| 28 |                                            | Б                                                   | ШМ                     | 200                          | 26x18x4,5                             | 50; 50                                             | 111                            | Малый                                        | Средний                 |
| 29 |                                            | ЛДЦ                                                 | ОД                     | 40                           | 8x6x3                                 | 70; 50                                             | 1У                             | Большой                                      | Светлый                 |
| 30 |                                            | ЛХБ                                                 | ОДР                    | 20                           | 7x5x3                                 | 70; 50                                             | 1У                             | Средний                                      | Средний                 |

Высоту рабочей поверхности принять равной 0,8 м.

Высоту подвеса светильника от потолка принять равной:

для люминесцентных ламп — 0 м;

для ламп накаливания - 0,5 - 1,7 м.

Табл. 1.2.

Нормативные значения искусственной освещенности,  $E_n$ 

| Характеристика зрительной работы                                 | Наименьший размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы                                   | Контраст объекта различения и фона | Характеристика фона | Искусственное освещение       |                     |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
|                                                                  |                                          |                          |                                                               |                                    |                     | $E_n$ , лк                    |                     |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               |                                    |                     | При комбинированном освещении | При общем освещении |
| 1                                                                | 2                                        | 3                        | 4                                                             | 5                                  | 6                   | 7                             | 8                   |
| Наивысшей точности                                               | Менее 0,15                               | 1                        | a                                                             | Малый                              | Темный              | 5000                          | 1500                |
|                                                                  |                                          |                          | b                                                             | Малый                              | Светлый             | 4000                          | 1250                |
|                                                                  |                                          |                          | в                                                             | Средний                            | Средний             | 2500                          | 750                 |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Малый                              | Светлый             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | г                                                             | Большой                            | Средний             | 1500                          | 400                 |
| Очень высокой точности                                           | От 0,15 до 0,3                           | 11                       | a                                                             | Средний                            | Темный              | 4000                          | 1250                |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Малый                              | Средний             | 3000                          | 750                 |
|                                                                  |                                          |                          | в                                                             | Средний                            | темный              | 2000                          | 500                 |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Малый                              | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | г                                                             | Большой                            | Темный              | 1000                          | 300                 |
| Высокой точности                                                 | От 0,3 до 0,5                            | 111                      | a                                                             | Средний                            | Средний             | 400                           | 200                 |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Большой                            | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | в                                                             | Средний                            | Светлый             | 750                           | 300                 |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Малый                              | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | г                                                             | Большой                            | Темный              | 400                           | 150                 |
| Средней точности                                                 | От 0,5 до 1,0                            | 1У                       | a                                                             | Средний                            | Светлый             | 300                           | 150                 |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Большой                            | Светлый             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | в                                                             | Средний                            | Средний             | 400                           | 200                 |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Малый                              | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | г                                                             | Большой                            | Темный              | 300                           | 150                 |
| Малой точности                                                   | От 1,0 до 5,0                            | У                        | a                                                             | Средний                            | Светлый             | 300                           | 500                 |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Большой                            | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | b                                                             | Средний                            | Средний             | 200                           | 150                 |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Малый                              | Темный              |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | в                                                             | Средний                            | Средний             | -                             | 100                 |
| Грубая очень малой точности                                      | Более 5,0                                | У1                       | a                                                             | Средний                            | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Большой                            | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | b                                                             | Средний                            | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          |                                                               | Малый                              | Средний             |                               |                     |
|                                                                  |                                          |                          | г                                                             | Большой                            | Средний             |                               |                     |
| Работа с самосветящимися материалами и изделиями в горячих цехах | Более 0,5                                | У11                      | Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном |                                    |                     | -                             | 150                 |
|                                                                  |                                          |                          | То же                                                         |                                    |                     | -                             | 200                 |

|                                                                  |  |      |   |                                                               |  |    |
|------------------------------------------------------------------|--|------|---|---------------------------------------------------------------|--|----|
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное |  | У111 | а | Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном |  | 75 |
|------------------------------------------------------------------|--|------|---|---------------------------------------------------------------|--|----|

Табл. 1.3.

Коэффициент использования светового потока  $\eta$ 

| Тип светильника | Р <sub>н</sub> , % | Р <sub>ст</sub> , % | Коэффициент использования светового потока $\eta$ , % при индексе помещения |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|-----------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                 |                    |                     | 0,5                                                                         | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,0  | 1,1  | 1,25 | 1,5  |  |
| ШМ и ГИ         | 70                 | 50                  | 0,13                                                                        | 0,17 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,28 | 0,30 |  |
|                 | 50                 | 50                  | 0,12                                                                        | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,27 |  |
|                 | 50                 | 30                  | 0,09                                                                        | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,20 | 0,23 |  |
| ОД              | 70                 | 50                  | 0,30                                                                        | 0,34 | 0,38 | 0,42 | 0,45 | 0,47 | 0,50 | 0,53 | 0,57 |  |
|                 | 50                 | 30                  | 0,25                                                                        | 0,29 | 0,33 | 0,36 | 0,39 | 0,42 | 0,44 | 0,48 | 0,52 |  |
|                 | 30                 | 10                  | 0,20                                                                        | 0,25 | 0,29 | 0,33 | 0,35 | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,47 |  |
| ОДР и ПВЛ       | 70                 | 50                  | 0,28                                                                        | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,52 |  |
|                 | 50                 | 30                  | 0,24                                                                        | 0,27 | 0,30 | 0,33 | 0,36 | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,47 |  |
|                 | 30                 | 10                  | 0,21                                                                        | 0,24 | 0,27 | 0,29 | 0,32 | 0,34 | 0,36 | 0,39 | 0,43 |  |
| ОД О            | 70                 | 50                  | 0,30                                                                        | 0,36 | 0,44 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,50 | 0,52 | 0,55 |  |
|                 | 50                 | 30                  | 0,25                                                                        | 0,31 | 0,39 | 0,39 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,50 |  |
|                 | 30                 | 10                  | 0,21                                                                        | 0,27 | 0,36 | 0,36 | 0,39 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,46 |  |
| Тип светильника | Р <sub>н</sub> , % | Р <sub>ст</sub> , % | Коэффициент использования светового потока $\eta$ , % при индексе помещения |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                 |                    |                     | 1,75                                                                        | 2,0  | 2,25 | 2,5  | 3,0  | 3,5  | 4,0  | 4,5  |      |  |
| ШМ и ГИ         | 70                 | 50                  | 0,32                                                                        | 0,34 | 0,36 | 0,37 | 0,39 | 0,41 | 0,43 | 0,46 |      |  |
|                 | 50                 | 50                  | 0,29                                                                        | 0,30 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,37 | 0,38 | 0,40 |      |  |
|                 | 50                 | 30                  | 0,25                                                                        | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,37 |      |  |
| ОД              | 70                 | 50                  | 0,60                                                                        | 0,62 | 0,64 | 0,65 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,72 |      |  |
|                 | 50                 | 30                  | 0,54                                                                        | 0,57 | 0,59 | 0,60 | 0,63 | 0,65 | 0,66 | 0,69 |      |  |
|                 | 30                 | 10                  | 0,51                                                                        | 0,54 | 0,56 | 0,57 | 0,60 | 0,62 | 0,64 | 0,66 |      |  |
| ОДР и ПВЛ       | 70                 | 50                  | 0,54                                                                        | 0,56 | 0,58 | 0,60 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 |      |  |
|                 | 50                 | 30                  | 0,50                                                                        | 0,52 | 0,54 | 0,55 | 0,58 | 0,59 | 0,61 | 0,62 |      |  |
|                 | 30                 | 10                  | 0,46                                                                        | 0,49 | 0,51 | 0,52 | 0,55 | 0,57 | 0,58 | 0,60 |      |  |
| ОД О            | 70                 | 50                  | 0,58                                                                        | 0,60 | 0,62 | 0,64 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,70 |      |  |
|                 | 50                 | 30                  | 0,52                                                                        | 0,55 | 0,57 | 0,58 | 0,60 | 0,62 | 0,63 | 0,64 |      |  |
|                 | 30                 | 10                  | 0,49                                                                        | 0,51 | 0,53 | 0,55 | 0,56 | 0,58 | 0,59 | 0,60 |      |  |

Светильники с лампами накаливания:

ШМ шар молочный;

ГИ - глубокоизлучатель.

Светильники с газоразрядными лампами:

ОД - светильники открытого типа;

ОДР - светильники открытого типа рассеивающие;

ОДО - светильники открытого типа отражающие.

Табл. 1.4.

**Светотехнические характеристики люминесцентных ламп и ламп  
накаливания**

| Типы<br>ламп                | Номинальные величины |                       |              |                       |              |                       |              |                       |              |                       |              |                       |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
|                             | Мощность, Вт         | Световой<br>поток, лм | Мощность, Вт | Световой<br>поток, лм | Мощность, Вт | Световой<br>поток, лм | Мощность, Вт | Световой<br>поток, лм | Мощность, Вт | Световой<br>поток, лм | Мощность, Вт | Световой<br>поток, лм |
| <b>Люминесцентные лампы</b> |                      |                       |              |                       |              |                       |              |                       |              |                       |              |                       |
| ЛДЦ                         | 20                   | 610                   | 30           | 1100                  | 40           | 1520                  | 60           | 2720                  | 65           | 3050                  | 80           | 3600                  |
| ЛД                          | 20                   | 740                   | 30           | 1360                  | 40           | 1960                  | 60           | 3440                  | 65           | 3570                  | 80           | 4070                  |
| ЛХБ                         | 20                   | 940                   | 30           | 1600                  | 40           | 2200                  | 60           | 3840                  | 65           | 3920                  | 80           | 4440                  |
| ЛТБ                         | 20                   | 940                   | 30           | 1780                  | 40           | 2480                  | 60           | 4220                  | 65           | 3920                  | 80           | 4440                  |
| ЛБ                          | 20                   | 960                   | 30           | 1500                  | 40           | 2700                  | 60           | 3840                  | 65           | 4550                  | 80           | 5220                  |
| <b>Лампы накаливания</b>    |                      |                       |              |                       |              |                       |              |                       |              |                       |              |                       |
| Б                           | 15                   | 250                   | 30           | 440                   | 40           | 580                   | 60           | 820                   | 100          | 1560                  | 200          | 2920                  |
| БК                          | -                    | -                     | -            | -                     | 40           | 640                   | 60           | 875                   | 100          | 1630                  | 200          | 3200                  |
| Г                           | -                    | -                     | -            | -                     | 100          | 1620                  | 200          | 3200                  | 300          | 4950                  | 500          | 9100                  |

ЛД - люминесцентные лампы дневного света; ЛДЦ - люминесцентные лампы дневного света с улучшенной цветоотдачей;

ЛБ - люминесцентные лампы белого света

ЛХБ люминесцентные лампы холодного белого света;

ЛТБ - люминесцентные лампы теплого белого света;

Б - газонаполненные биспиральные лампы накаливания;

БК - биспиральные с криптоксеноновым наполнением;

Г - лампы накаливания с йодным циклом — галогидные лампы.

## ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

1. Рассчитать общее искусственное освещение методом коэффициента использования светового потока по данным индивидуального задания, (табл. 1.1).
2. Количество ламп, необходимых для освещения помещения, рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot F},$$

$E_n$  - нормативное значение искусственного освещения, лк (табл. 1.2);

$k$  - коэффициент запаса (для люминесцентных ламп - 1,5; для ламп накаливания 1,3);

$S$  — площадь помещения,  $\text{м}^2$ ;

$Z$  - коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп - 1,1 - 1,2; для ламп накаливания - 0,7 - 0,8);

$\eta$  - коэффициент использования светового потока (табл. 1.3);

$F$  - световой поток одной лампы, лм (табл. 1.4).

3. Для пользования табл. 1.3 необходимо определить индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{S}{H_p \cdot (L + B)},$$

где  $H_p$  - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью ( $H_p = H - h_{pn} - h_n$ )

где  $h_{pn}$  - высота рабочей поверхности;

$h_n$  высота подвеса светильника от потолка);

$S$  - площадь помещения,  $\text{м}^2$ ;

$L$  - длина помещения, м;

$B$  - ширина помещения, м.

4. Рассчитайте мощность энергетической установки  $N_E$  (Вт) по формуле:

$$N_E = P \cdot n \text{ (Вт)},$$

где  $P$  - электрическая мощность одной лампы

$n$  - количество ламп.

5. По результатам расчета начертить схему расположения светильников в помещении с указанием размеров.

Контрольные вопросы:

1. Что такое искусственное освещение?

2. Перечислите светотехнические характеристики и единицы измерения искусственного освещения

3. Какие виды ламп Вам известны? Опишите наиболее распространенные виды

4. Какие типы светильников Вам известны? Опишите наиболее распространенные типы

5. Какие методы расчета искусственного освещения Вам известны?

6. Какие виды искусственного освещения вам известны?

7. Назовите основной нормативный документ по искусственному освещению

8. На основании чего построены нормы освещенности

9. Перечислите преимущества и недостатки газоразрядных ламп и ламп накаливания

10. От чего зависит коэффициент запаса, коэффициент неравномерности освещения, коэффициент использования светового потока, расчетная высота подвеса светильника

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК  
РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ**

*Методические указания к лабораторным и практическим работам по курсу  
«Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех  
направлений и специальностей*

*Составители: Руденко М.Ф., д.т.н., профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»; Третьяк Л.П., к.б.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»*

*Рецензент: Шипулина Ю.В., к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»*

*Электрический ток. Расчет защитного заземления.  
Методические указания к лабораторным и практическим работам по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех направлений и специальностей*

*В методических указаниях рассмотрены общие правила оказания первой помощи при различных видах ранениях и электропоражениях. Даны подробные методики оказания помощи и самопомощи, приведены рисунки. Для самоконтроля знаний студентов предусмотрены тестовые задания*

*Методические указания утверждены на заседании кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»*

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить особенности воздействия электрического тока на организм человек в зависимости от условий.
2. Получить представление об электрическом токе как о факторе производственного травматизма.
3. Ознакомиться со способами оказания первой помощи при электропоражении.
4. Изучить нормативные документы по электробезопасности.
5. Ознакомиться со способами индивидуальной и коллективной защиты от электрического тока.
6. Провести расчет защитного заземления.
7. Научить измерять сопротивления изоляции проводов и кабелей электросетей.

## ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ:

Типовой комплект учебного оборудования «Основы электробезопасности» исполнение стендовое ОЭГ-СИ

## Общие сведения

**Электрический ток** — направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц. Такими частицами могут являться: в металлах — электроны, в электролитах — ионы (катионы и анионы), в газах — ионы и электроны, в вакууме при определенных условиях — электроны, в полупроводниках — электроны и дырки (электронно-дырочная проводимость).

Электричество используется в настоящее время во всех сферах деятельности человека, поскольку является удобным в транспортировке и применении видом энергии, легко преобразуемым в другие формы, например, механическую, тепловую, световую энергии. Несмотря на широту использования электричества нельзя игнорировать его опасность для человека.

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действия.

Термическое действие тока проявляется ожогами отдельных участков тела, нагревом до высокой температуры органов, расположенных на пути тока, вызывая в них значительные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока выражается в разложении органической

жидкости, в том числе крови, в нарушении ее физико-химического состава. Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови.

Биологическое действие тока проявляется раздражением и возбуждением живых тканей организма, а также нарушением внутренних биологических процессов.

*Электротравмы* условно разделяют на общие и местные. К общим относят электрический удар, при котором процесс возбуждения различных групп мышц может привести к судорогам, остановке дыхания и сердечной деятельности. Остановка сердца связана с фибрилляцией — хаотическим сокращением отдельных волокон сердечной мышцы (фибрилл). К местным травмам относят ожоги, металлизацию кожи, механические повреждения, электроофтальмии. Металлизация кожи связана с проникновением в нее мельчайших частиц металла при его расплавлении под влиянием чаще всего электрической дуги.

Исход поражения человека электротоком зависит от многих факторов: силы тока и времени его прохождения через организм, характеристики тока (переменный или постоянный), пути тока в теле человека, при переменном токе — от частоты колебаний.

**Т а б л и ц а 1. Характер воздействия тока на человека (путь тока рука — нога, напряжение 220 В)**

| Ток, мА      | Переменный ток, 50 Гц                                                   | Постоянный ток                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 0,6...1,5    | Начало ощущения, легкое дрожание пальцев                                | Ощущений нет                                   |
| 2,0...2,5    | Начало болевых ощущений                                                 | То же                                          |
| 5,0...7,0    | Начало судорог в руках                                                  | Зуд, ощущение нагрева                          |
| 8,0...10,0   | Судороги в руках, трудно, но можно оторваться от электродов             | Усиление ощущения нагрева                      |
| 20,0...25,0  | Сильные судороги и боли, не отпускающий ток, дыхание затруднено         | Судороги рук, затруднение дыхания              |
| 50,0...80,0  | Паралич дыхания                                                         | То же                                          |
| 90,0...100,0 | Фибрилляция сердца при действии тока в течение 2 — 3 с, паралич дыхания | Паралич дыхания при длительном протекании тока |

|       |                         |                                                      |
|-------|-------------------------|------------------------------------------------------|
| 300,0 | То же, за меньшее время | Фибрилляция сердца через<br>2 — 3 с, паралич дыхания |
|-------|-------------------------|------------------------------------------------------|

Ток, проходящий через организм, зависит от напряжения прикосновения, под которым оказался пострадавший, и суммарного электрического сопротивления, в которое входит сопротивление тела человека. Величина последнего определяется в основном сопротивлением рогового слоя кожи, составляющим при сухой коже и отсутствии повреждений сотни тысяч ом. Если эти условия состояния кожи не выполняются, то ее сопротивление падает до 1 кОм. При высоком напряжении и значительном времени протекания тока через тело сопротивление кожи падает еще больше, что приводит к более тяжелым последствиям поражения током. Внутреннее сопротивление тела человека не превышает нескольких сотен ом и существенной роли не играет.

На сопротивление организма воздействию электрического тока оказывает влияние физическое и психическое состояние человека. Нездоровье, утомление, голод, опьянение, эмоциональное возбуждение приводят к снижению сопротивления. Характер воздействия тока на человека в зависимости от силы и вида тока приведен в табл. 1.

При *гигиеническом нормировании* ГОСТ 12.1.038—82\* устанавливает предельно допустимые напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека (рука — рука, рука — нога) при аварийном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц (табл. 2).

Значения напряжения прикосновения и силы тока, протекающего через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки, не должны превышать значений, приведенных в табл. 7.2.

| Таблица 2                                                            |                                |           |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------|
| Предельно допустимые значения напряжения соприкосновения и силы тока |                                |           |
| Род и частота тока                                                   | Наибольшие допустимые значение |           |
|                                                                      | $U_{пр}, В$                    | $I_h, мА$ |
| Переменный, 50 Гц                                                    | 2                              | 0,3       |
| Переменный, 400 Гц                                                   | 3                              | 0,4       |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Постоянный | 8 | 1,0 |
|------------|---|-----|

Для лиц, выполняющих работу в условиях высокой температуры (более 25 С) и влажности (относительная влажность больше 75%), эти нормы должны быть уменьшены в три раза.

***Факторы, влияющие на степень поражения электрическим током***

Характер воздействия электрического тока на организм человека и тяжесть поражения зависят от силы тока, продолжительности его воздействия, рода и частоты, пути прохождения тока в теле. Определенное значение имеют индивидуальные свойства человека и некоторые другие факторы.

***Сила тока***, проходящего через тело человека, является основным фактором, обуславливающим исход поражения. Различные по величине токи оказывают различное действие на организм человека.

Различают ощутимые, неотпускающие и фибрилляционные токи.

Пороговые значения ощутимых токов составляют: 0,6-1,5 мА при переменном токе частотой 50 Гц и 5-7 мА при постоянном токе. Такой ток вызывает слабый зуд, пощипывание кожи под электродами, а переменный ток 8-10 мА уже вызывает сильные боли и судороги по всей руке, включая предплечье. Руку трудно, но в большинстве случаев еще можно оторвать от электрода.

Электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник, называется неотпускающим током.

Переменный ток (50 Гц) силой 10-15 мА вызывает еле переносимые боли во всей руке. Во многих случаях руку невозможно оторвать от электрода. При переменном токе силой 20-25 мА руки парализуются мгновенно, оторваться от электродов становится невозможно, а ток 25-50 мА вызывает очень сильную боль в руках и груди. Дыхание крайне затруднено.

При силе переменного тока 50-80 мА дыхание парализуется через несколько секунд, нарушается работа сердца. При длительном протекании тока может наступить фибрилляция сердца. Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца, называется фибрилляционным током. Переменный ток силой 100 мА через 2-3 с вызывает фибрилляцию сердца, а еще через несколько секунд - его паралич. Верхним пределом фибрилляционного тока является 5 А. Ток больше 5 А как переменный, так и постоянный вызывает немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции.

***Напряжение*** в значительной степени определяет исход поражения, так как от него зависят сопротивление кожных покровов и сила тока, проходящего через организм человека.

***Электрическое сопротивление тела человека*** определяется сопротивлением кожи в местах включения в электрическую цепь и сопротивлением внутренних органов. Причем сопротивление кожи составляет основную долю общего сопротивления. Наибольшим сопротивлением

обладает верхний ороговевший слой кожи (эпидермис). Сопротивление тела человека изменяется в диапазоне 1-100 кОм и более.

При увлажнении, загрязнении и повреждении кожи (потовыделение, порезы, ссадины, царапины и т.д.), увеличении силы тока и времени его действия, а также увеличении площади контакта с токоведущими элементами сопротивление тела человека уменьшается до минимального значения. Сопротивление внутренних тканей тела человека незначительно и составляет 300-500 Ом. При расчетах электрическое сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

**Продолжительность воздействия тока** на организм человека во многих случаях является определяющим фактором, от которого зависит исход поражения: чем продолжительнее действие тока, тем больше вероятность тяжелого или смертельного исхода.

**Род и частота тока** также влияют на тяжесть поражения. Наиболее опасным является переменный ток частотой 20-100 Гц. При частоте менее 20 или более 100 Гц опасность поражения током заметно снижается.

Постоянный ток одинаковой величины с переменным вызывает более слабые сокращения мышц и менее ощутим. Его действие в основном тепловое, но при значительных величинах ожоги могут быть очень тяжелыми и даже смертельными. Ток частотой свыше 500 кГц не может остановить работу сердца или легких. Однако такой ток может вызвать ожоги.

**Путь тока через тело человека** существенно влияет на исход поражения. Опасность поражения особенно велика, если ток, проходя через жизненно важные органы - сердце, легкие, головной мозг, воздействует непосредственно на эти органы. Если ток не проходит через них, то его воздействие является только рефлекторным, и вероятность тяжелого поражения уменьшается.

Индивидуальные особенности человека значительно влияют на исход поражения электрическим током. Ток, вызывающий слабые ощущения у одного человека, может оказаться неотпускающим для другого. Характер воздействия тока одной и той же силы зависит от массы человека и его физического развития. Для женщин пороговые значения тока примерно в полтора раза ниже, чем для мужчин. Степень воздействия тока зависит от состояния организма. Так, в состоянии утомления и опьянения люди значительно более чувствительны к воздействию тока. Установлено, что вполне здоровые и физически крепкие люди переносят электрические удары легче, чем больные и слабые. Повышенной восприимчивостью к электрическому току обладают лица, страдающие болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервными и другими заболеваниями.

**Большое значение имеет психологическая готовность** к возможной опасности поражения током. В подавляющем большинстве случаев

неожиданный электрический удар приводит к более тяжелым последствиям. Когда человек ожидает удара, степень поражения значительно снижается.

### Пошаговое напряжение

Процесс растекания тока в земле наблюдается при работе заземлителя падении на землю оборванного провода, замыкания фазы на землю результате повреждения изоляции. Удельное **сопротивление** грунта  $\rho$  - это сопротивление 1 м<sup>3</sup> грунта, к противоположным граням которого приложен измерительные электроды. Наибольшую величину  $\rho$  имеет зимой в северных районах при промерзании почвы и летом в южных районах, когда почва суха. Величина  $\rho$  составляет 50 - 400 Ом\*м.

При спекании тока в землю от упавшего провода происходит процесс растекания тока и спад потенциала. Человек, двигаясь по полю растекания тока, может попасть под **шаговое** напряжение.

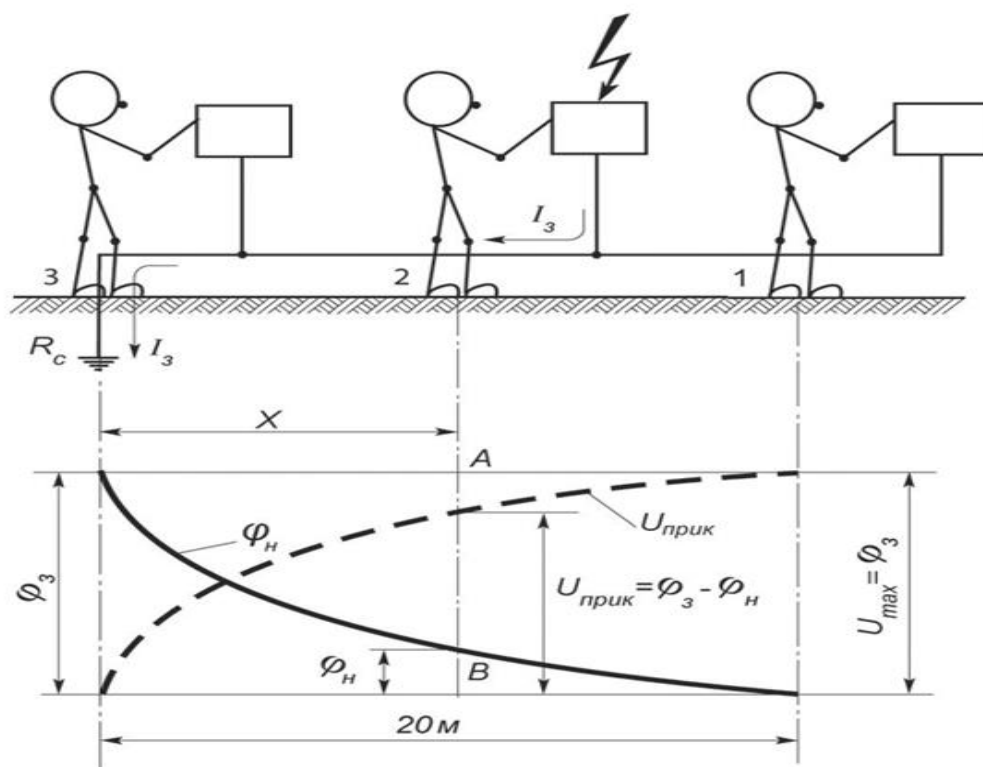


Рис 1. Пошаговое напряжение.

Напряжение между двумя точками на поверхности земли равно разности потенциалов точек 1 и 2. Из характера кривой спада потенциала видно, что шаговое напряжение убывает по мере удаления от заземлителя и увеличивается, при приближении к нему. Обычно шаговое напряжение меньше, чем напряжение прикосновения. Отмечено много случаев поражения

людей шаговым напряжением, особенно в высоковольтных линиях. При действии тока в ногах возникают судороги и человек падает. В результате - цепь тока замыкается вдоль его тела через дыхательные мышцы и сердце, причем человек замыкает точки с большей разностью потенциалов, так как расстояние между точками увеличивается до размеров роста человека.

Выползти из зоны растекания тока надо прыжками на одной ноге или переставляя соединенные вместе ступни с носков на пятки. В случае падения провода на землю не допускается приближение к нему в радиусе 6-8 м от места замыкания на землю. Если необходимо приблизиться к месту замыкания, то следует надеть диэлектрические галоши или боты.

### Средства электробезопасности

В целях обеспечения электробезопасности используют следующие технические способы и средства (часто в сочетании одного с другим): защитное заземление; зануление; защитное отключение; выравнивание потенциалов; малое напряжение; электрическое разделение сети; изоляцию токоведущих частей; оградительные устройства; предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности; электрозащитные средства, предохранительные приспособления и др.

Требования к устройству **защитного заземления** и **зануления** электрооборудования определены ПУЭ, в соответствии с которыми они должны устраиваться при номинальном напряжении выше 50 В переменного и выше 120 В постоянного тока — во всех электроустановках. В условиях работ в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных они должны выполняться, как правило, в установках с напряжением питания > 25 В переменного тока и > 60 В постоянного тока. Последнее требование относится и к наружным электроустановкам\*.

**Помещения без повышенной опасности** — это сухие, беспыльные помещения с нормальной температурой воздуха и с изолирующими (например, деревянными) полами, т. е. в которых отсутствуют условия, свойственные помещениям с повышенной опасностью и особо опасным.

**Помещения с повышенной опасностью** характеризуются наличием одного из следующих пяти условий, создающих повышенную опасность:

— сырости, когда относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %; такие помещения называют сырými;

— высокой температуры, когда температура воздуха длительно (свыше суток) превышает  $+35^{\circ}\text{C}$ ; такие помещения называются жаркими;

— токопроводящей пыли, когда по условиям производства в помещениях выделяется токопроводящая технологическая пыль (например, угольная, металлическая и т. п.) в таком количестве, что она оседает на проводах, проникает внутрь машин, аппаратов и т. п.; такие помещения называются пыльными с токопроводящей пылью;

— токопроводящих полов — металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т. п.;

— возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой.

Помещения особо опасные характеризуются наличием одного из следующих трех условий, создающих особую опасность:

— особой сырости, когда относительная влажность воздуха близка к 100 % (стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой); такие помещения называются особо сырыми;

— химически активной, или органической, среды, т. е. помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образующие отложения или плесень, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования; такие помещения называются помещениями с химически активной, или органической, средой;

— одновременного наличия двух и более условий, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

Особо опасными помещениями является большая часть производственных помещений, в том числе все цехи машиностроительных заводов, испытательные станции, гальванические цехи, мастерские и т. п. К таким же помещениям относятся и участки работ на земле под открытым небом или под навесом.

Во взрывоопасных зонах электроустановки заземляются при любых напряжениях питания независимо от рода тока.

Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции.

Защитное заземление представляет собой преднамеренное электрическое соединение металлических частей электроустановок с землей или ее эквивалентом (водопроводными трубами и т. п.). Схема защитного заземления представлена на рис. 2

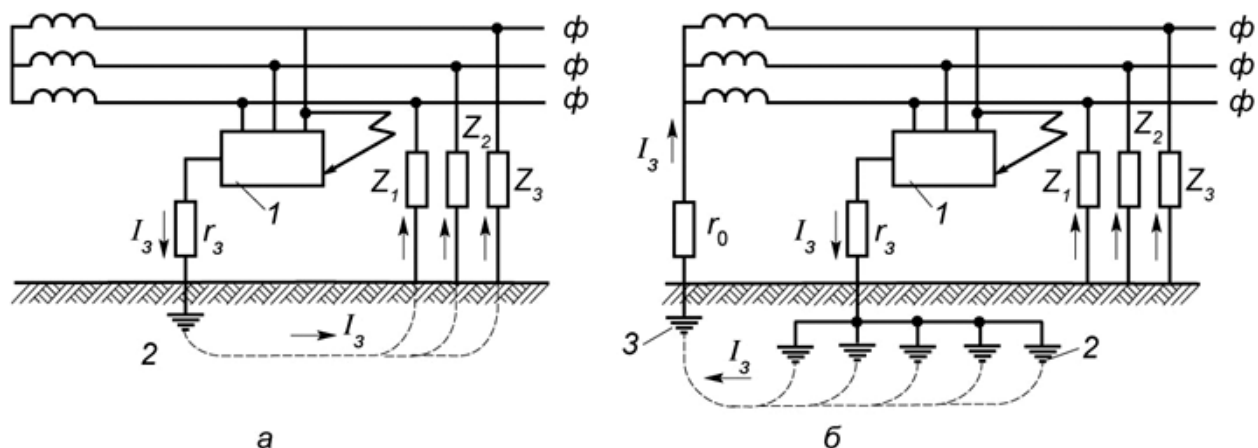
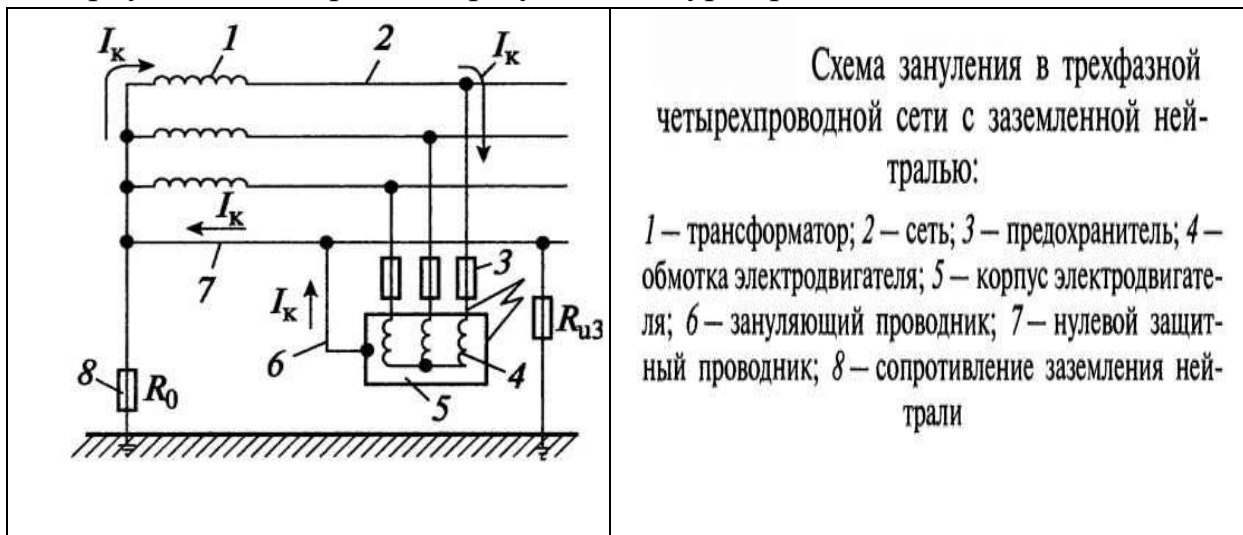


Рис. 2 Принципиальные схемы защитного заземления: *а* - в сети с изолированной нейтралью до 1000 в и выше; *б* - в сети с заземленной нейтралью; 1 - заземленное оборудование; 2 - заземлитель защитного заземления; 3 - заземлитель рабочего заземления;  $r_3$ ,  $r_0$  - сопротивление соответственного защитного и рабочего заземления;  $I_3$  - ток замыкания на землю

При наличии заземления вследствие стекания тока на землю напряжение прикосновения уменьшается и, следовательно, ток, проходящий через человека, оказывается меньше, чем в незаземленной установке. В качестве заземляющих устройств электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители. Возможно применение железобетонных фундаментов промышленных зданий и сооружений. При отсутствии естественных заземлителей допускается применение переносных заземлителей, например ввинчиваемых в землю стальных труб, стержней, уголков. После заглубления в землю они должны иметь концы длиной 100...200 мм над поверхностью земли, к которым привариваются соединительные проводники. Категорически запрещается использовать в качестве заземлителей трубопроводы с горючими жидкостями и газами.

**Зануление** состоит в преднамеренном соединении металлических нетоковедущих частей оборудования, которые могут оказаться под напряжением вследствие пробоя изоляции, с нулевым защитным проводником (рис. 3) При замыкании любой фазы на корпус образуется контур короткого замыкания, характеризуемый силой тока весьма большой

величины, достаточной для «выбивания» предохранителей в фазных питающих проводах. Таким образом электроустановка обесточивается. Предусматривается повторное заземление нулевого проводника на случай обрыва нулевого провода на участке, близком к нейтрали. По этому заземлению ток стекает на землю, откуда попадает в заземление нейтрали, по нему во все фазные провода, включая имеющий пробитую изоляцию, далее на корпус. Таким образом образуется контур короткого замыкания.



**Защитное отключение электроустановок** обеспечивается путем введения устройства, автоматически отключающего оборудование — потребитель тока при возникновении опасности поражения током. Схемы отключающих автоматических устройств весьма разнообразны. Во всех случаях система срабатывает на превышение какого-либо параметра в электрических цепях технологического оборудования (силы тока, напряжения, сопротивления изоляции). На рис. 4 представлена схема защитного отключения с использованием реле максимального тока.



оборудовании в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных. Однако малое напряжение нельзя считать абсолютно безопасным для человека. Поэтому наряду с малым напряжением используют и другие меры защиты.

**Электрическое разделение сети** - разделение сети на отдельные, электрически не связанные между собой, участки с помощью разделяющего трансформатора. Если сильно разветвленную электрическую сеть, имеющую большую емкость и малое сопротивление изоляции, разделить на ряд небольших сетей такого же напряжения, то они будут обладать незначительной емкостью и высоким сопротивлением изоляции. Опасность поражения током при этом резко снижается.

**Изоляция** в электроустановках служит для защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям. Различают рабочую, дополнительную, двойную и усиленную электрическую изоляцию.

**Рабочей** называется изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током.

**Дополнительной** является изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции.

**Двойная** изоляция состоит из рабочей и дополнительной изоляции. Она достигается путем изготовления корпусов и рукояток электрооборудования из изолирующего материала (например, электрическая дрель с корпусом из пластмассы).

**Усиленная** изоляция представляет собой улучшенную рабочую изоляцию, обеспечивающую такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная изоляция.

**Оградительные устройства** используются для предотвращения прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям.

**Блокировки** широко применяются в электроустановках. Они бывают механическими, электрическими, электромагнитными и др. Блокировки обеспечивают снятие напряжения с токоведущих частей при попытке проникнуть к ним при открывании ограждения без снятия напряжения. Оградительные устройства и блокировки обычно сочетают с предупредительной сигнализацией (световой и звуковой). В ряде случаев токоведущие части располагают на недоступной высоте или в недоступном месте.

**Изолирующие электрозащитные средства** делятся на основные и дополнительные. Основные изолирующие электрозащитные средства способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановки, и поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением, и работать на этих частях. К таким средствам относятся: в электроустановках напряжением до 1000 В — диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения до 1000 В (ранее назывались токоискателями); в электроустановках напряжением выше 1000 В — изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, а также указатели напряжения выше 1000 В.

Дополнительные изолирующие электрозащитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и поэтому не могут самостоятельно защищать человека от поражения током. Их назначение — усилить защитное действие основных изолирующих средств, вместе с которыми они должны применяться. К дополнительным изолирующим средствам относятся: в электроустановках напряжением до 1000 В — диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки; в электроустановках напряжением выше 1000 В — диэлектрические перчатки, боты, коврики, изолирующие подставки.

Ограждающие средства защиты предназначены для временного ограждения токоведущих частей (временные переносные ограждения, щиты, ограждения-клетки, изолирующие накладки, изолирующие колпаки).

Сигнализирующие средства включают запрещающие и предупреждающие знаки безопасности, а также плакаты: запрещающие, предостерегающие, разрешающие, напоминающие. Чаще всего используется предупреждающий знак «Проход запрещен».

Предохранительные средства защиты предназначены для индивидуальной защиты работающего от световых, тепловых и механических воздействий. К ним относят: защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и т. п.

### **Лабораторная работа «Исследования влияния сопротивления обуви и пола на условия электробезопасности»**

**Цель работы:** Изучить опасность воздействия электрического тока на человека, средства защиты от него, проверить влияние сопротивления обуви и пола на условия электробезопасности, определить их значение для обеспечения электробезопасности.

**Оборудование:** модуль «Трехфазный источник питания», модуль «Трехфазный трансформатор», модуль «Модель человека», модуль «Мультиметр», соединительные проводки.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Изучить теоретический материал достаточный для выполнения лабораторной работы. Получить у преподавателя допуск к проведению работы.

2. Согласно рис.5 выполнить электрические соединения модулей для исследования влияния сопротивления обуви и пола на условия электробезопасности. **Монтаж схемы производить при отключенном питании.**

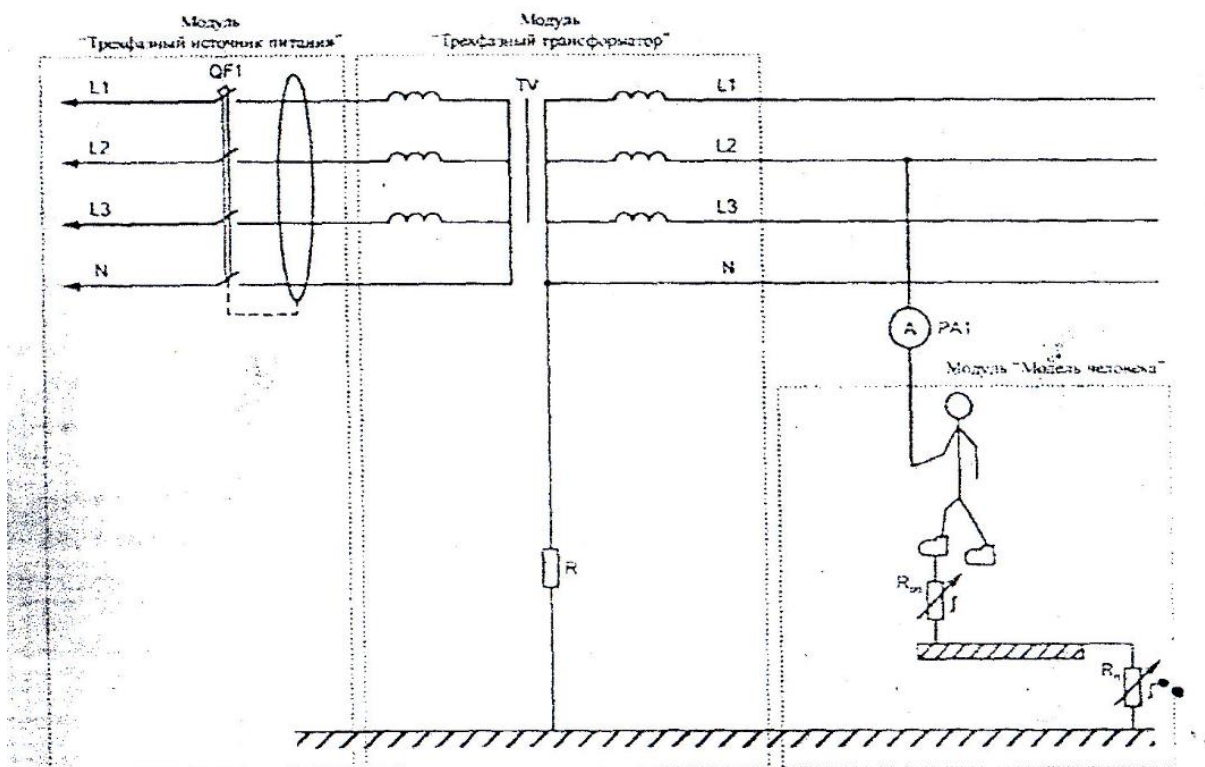


Рис.5 Схема электрическая соединения лабораторных модулей для исследования влияния сопротивления обуви и поверхности на условия электробезопасности

Использовать:

- TV - трехфазный трансформатор (модуль «Трехфазный трансформатор»);
- R - сопротивление заземления (модуль «Трехфазный трансформатор»);
- R<sub>об</sub> - сопротивление обуви (модуль «Модель человека»);
- R<sub>п</sub> – сопротивление поверхности пола (модуль «Модель человека»);
- PA1- мультиметр 1 модуля «Мультиметр», в режиме измерения переменного тока с пределом до 20 мА.

3. Установить галетные переключатели R<sub>об</sub> и R<sub>п</sub> в положение «1 кОм». После

проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом подать напряжение питания на лабораторный стенд выключением дифференциального автомата QF1 модуля «Трёхфазный источник питания» автоматического выключателя и выключателя дифференциального тока «Сеть» модуля «Однофазный источник питания». Включить мультиметр 1. Занести значение силы тока  $I_{\text{чел}}$  (РА1) протекающего через модель тела человека в соответствующую ячейку табл. 1.4.

4. Последовательно увеличивая сопротивление обуви  $R_{\text{об}}$  при неизменном сопротивлении поверхности пола  $R_{\text{п}} = 1 \text{ кОм}$ , заносить значения силы тока  $I_{\text{чел}}$  (РА1) протекающего через модель тела человека в соответствующие ячейки табл. 1.4.

5. Повторить измерения по п.4. для других значений сопротивления поверхности пола  $R_{\text{п}}$ .

6. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем выключить дифференциальный автомат QF1 модуля «Трёхфазный источник питания», автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «сеть» модуля «Однофазный источник питания», предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Таблица 2

Исследования влияния сопротивления обуви и поверхности на условия электробезопасности

| № опыта | $R_{\text{об}}$ , кОм | $R_{\text{п}}$ , кОм | $I^*_{\text{чел}}$ , кОм |
|---------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| 1       |                       |                      |                          |
| 2       |                       |                      |                          |
| ...     |                       |                      |                          |

\* для обеспечения безопасности экспериментов испытательное напряжение снижено до 24В, что следует учитывать при анализе результатов

7. Используя данные таблицы 2 построить графики зависимости силы тока, протекающего через модель тела человека, от сопротивления обуви  $I_{\text{чел}} = f(R_{\text{об}})$  и поверхности пола  $I_{\text{чел}} = f(R_{\text{п}})$

8. Анализируя графики зависимостей  $I_{\text{чел}} = f(R_{\text{об}})$  и  $I_{\text{чел}} = f(R_{\text{п}})$  определить комбинации сопротивлений поверхности пола и обуви, обеспечивающие условия электробезопасности

### **Расчет защитного заземления**

Расчет заземляющих устройств производят из условия наличие данных напряжения электроустановок, планы размещения заземляемого оборудования, типа грунта.

#### **Методика расчета**

1. Задаться диаметром  $d_{\Pi}$  (таблица №3), м и длиной  $l_{\text{в}}$  (1,5-3,0) м, вертикальных электродов.
2. Определить глубину погружения вертикальных электродов в грунт  $h$  (0,5-1,0) м задаться отношением расстояния между электродами к их длине,  $n_0$  (1;2;3).
3. Определить удельное сопротивление грунта  $\rho$ , (таблица №6) Ом/м.
4. Допустимая величина сопротивления заземляющего устройства  $R_3$  Ом.

**Сопротивление растеканию тока заземляющего устройства, определяется исходя из правил ПТЭЭП (табл. 7).**

5. Определить расстояние от середины вертикального электрода до поверхности земли (грунта), Н м:

$$H = h + l_{\text{в}} / 2 \quad ( \text{м} )$$

6. Определить электрическое сопротивление одиночного вертикального заземлителя (электрода),  $R_{\text{в}}$  :

$$R_{\text{в}} = \frac{0,16 \cdot \rho}{l_{\text{в}}} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l_{\text{в}}}{d_{\text{н}}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l_{\text{в}}}{4 \cdot H - l_{\text{в}}} \right) \quad ( \text{Ом} )$$

7. Определить ориентировочное число вертикальных электродов  $n$  , без учета горизонтальных электродов.

$$n = \frac{R_{\text{в}}}{R_3} \Psi$$

где  $\Psi$  - значение сезонного климатического коэффициента сопротивления грунта ( табл. 8).

8. Определить суммарную длину горизонтального соединяющего электрода:

$$l_{\text{г}} = n_0 \cdot l_{\text{в}} (n - 1) \quad ( \text{м} )$$

9. Определить электрическое сопротивление горизонтального электрода:

$$R_{\text{г}} = 0,366 \cdot \frac{\Psi \cdot \rho}{l_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{г}}} \cdot \lg \left( \frac{2 \cdot l_{\text{г}}^2}{d_{\text{п}} \cdot h} \right) \quad ( \text{Ом} )$$

10. Определить коэффициенты использования вертикальных ( $\eta_{\text{в}}$ ) (таблица №4) и горизонтальных заземлителей ( $\eta_{\text{г}}$ ) (таблица №5).

11. Определение сопротивления вертикального электрода, с учетом горизонтального заземлителя.

$$R_B^{\setminus} = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_B}{R_{\Gamma} - R_B}$$

12. Определить необходимое количество вертикальных электродов:

$$n = \frac{R_B}{\eta_B \cdot R_B^{\setminus}}$$

13. Определить электрическое сопротивление заземляющего контура:

$$R = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot \eta_B \cdot n} \quad (\text{Ом})$$

14. Сравнить  $R$  и  $R_3$ . Если,  $R \geq R_3$  то количество вертикальных электродов ( $n$ ) и соответственно длина горизонтального электрода ( $l_2$ ) увеличиваются и расчет вновь повторяют до тех пор, пока не будет удовлетворено неравенство  $R \leq R_3$

Таблица №3

Наименьшие размеры стальных заземлителей.

| Форма заземлителя    | Нормируемый размер       | Наименьший допустимый размер |
|----------------------|--------------------------|------------------------------|
| Круглый (прутковый)  | Диаметр, мм              | 10                           |
| Круглый оцинкованный | Диаметр, мм              | 6                            |
| Полосовая сталь      | Сечение, мм <sup>2</sup> | 48                           |
|                      | Толщина мм               | 4                            |
| Угловая сталь        | Толщина, мм              | 4                            |
| Стальные трубы       | Толщина стенок, мм       | 3,5                          |

Таблица №4

Коэффициенты использования вертикальных электродов группового заземлителя (труб, уголков и т.д.)

| Число заземлителей | Отношения расстояния между заземлителями к их длине $n_0$ |      |      |            |      |      |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|------|------|------------|------|------|
|                    | 1                                                         | 2    | 3    | 1          | 2    | 3    |
|                    | Размещение электродов                                     |      |      |            |      |      |
|                    | В ряд                                                     |      |      | По контуру |      |      |
| 2                  | 0,85                                                      | 0,91 | 0,94 | -          | -    | -    |
| 4                  | 0,73                                                      | 0,83 | 0,89 | 0,69       | 0,78 | 0,85 |

|     |      |      |      |      |       |      |
|-----|------|------|------|------|-------|------|
| 6   | 0,65 | 0,77 | 0,85 | 0,61 | 0,78  | 0,80 |
| 10  | 0,59 | 0,74 | 0,81 | 0,56 | 0,689 | 0,76 |
| 20  | 0,48 | 0,67 | 0,76 | 0,47 | 0,63  | 0,71 |
| 40  | -    | -    | -    | 0,41 | 0,58  | 0,66 |
| 60  | -    | -    | -    | 0,39 | 0,55  | 0,64 |
| 100 | -    | -    | -    | 0,36 | 0,52  | 0,62 |

Таблица №5

Коэффициенты использования  $\eta_{\Gamma}$  горизонтального полосового электрода, соединяющего вертикальные электроды (трубы, уголки и т.п.) группового заземлителя.

| Отношение<br>расстояний<br>между<br>заземлителям<br>к их длине $\rho_0$ | Число стержневых заземлителей |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                         | 2                             | 4    | 6    | 10   | 20   | 40   | 60   | 100  |
| Стержневые электроды размещены в ряд                                    |                               |      |      |      |      |      |      |      |
| 1                                                                       | 0,85                          | 0,77 | 0,72 | 0,62 | 0,42 | -    | -    | -    |
| 2                                                                       | 0,94                          | 0,89 | 0,84 | 0,75 | 0,56 | -    | -    | -    |
| 3                                                                       | 0,96                          | 0,92 | 0,92 | 0,82 | 0,68 | -    | -    | -    |
| Стержневые электроды размещены по контуру                               |                               |      |      |      |      |      |      |      |
| 1                                                                       | -                             | 0,45 | 0,40 | 0,34 | 0,27 | 0,22 | 0,20 | 0,19 |
| 2                                                                       | -                             | 0,55 | 0,48 | 0,4  | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,23 |
| 3                                                                       | -                             | 0,7  | 0,64 | 0,56 | 0,45 | 0,39 | 0,36 | 0,33 |

Таблица №6

Удельные электрические сопротивления почвы,  $\rho$  (ом /м)

| Наименование     | Пределы колебаний | При влажности 10-20% к массе грунта |
|------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Глина            | 8-70              | 40                                  |
| Суглинок         | 40-150            | 100                                 |
| Песок            | 400-700           | 700                                 |
| Супесок          | 150-400           | 300                                 |
| Торф             | 10-30             | 20                                  |
| Чернозем         | 9-53              | 20                                  |
| Садовая земля    | 30-60             | 40                                  |
| Каменистый грунт | 500-800           | -                                   |
| Скалистый грунт  | $10^4$ - $10^7$   | -                                   |
| Вода: морская    | 0,2-1,0           | -                                   |
| Речная           | 10-100            | -                                   |
| Прудовая         | 40-50             | -                                   |

|           |       |   |
|-----------|-------|---|
| Грунтовая | 20-70 | - |
| В ручьях  | 10-60 | - |
|           |       |   |

**Табл. 7. Наибольшее допустимое значение сопротивления заземляющих устройств (ПТЭЭП)**

| Характеристика электроустановки                                                                                                                                                                                                       | Удельное сопротивление грунта $\rho$ , Ом-м | Сопротивление Заземляющего устройства, Ом $R_z$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <i>Искусственный заземлитель к которому присоединяется нейтраль генераторов и трансформаторов, а также повторные заземлители нулевого провода (в том числе во вводах помещения) в сетях с заземленной нейтралью на напряжение, В:</i> |                                             |                                                 |
| <b>660/380</b>                                                                                                                                                                                                                        | до 100                                      | 15                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                       | свыше 100                                   | 0.5 $\rho$                                      |
| <b>380/220</b>                                                                                                                                                                                                                        | до 100                                      | 30                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                       | свыше 100                                   | 0.3 $\rho$                                      |
| <b>220/127</b>                                                                                                                                                                                                                        | до 100                                      | 60                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                       | свыше 100                                   | 0.6 $\rho$                                      |

**Табл. 8 Значение сезонного климатического коэффициента сопротивления грунта**

| Тип заземляющих электродов                      | Климатическая зона         |                    |                    |                    |
|-------------------------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                                 | I                          | II                 | III                | IV                 |
| Стержневой (вертикальный)                       | 1.8 - 2                    | 1.5-1.8            | 1.4-1.6            | 1.2-1.4            |
| Полосовой (горизонтальный)                      | 4.5 - 7                    | 3.5 - 4.5          | 2 - 2.5            | 1.5                |
|                                                 | Климатические признаки зон |                    |                    |                    |
| Средняя многолетняя низшая температура (январь) | от -20 до +15 по С         | от -14 до +10 по С | от -10 до 0 по С   | от 0 до +5 по С    |
| Средняя многолетняя высшая температура (июль)   | от +16 до +18 по С         | от +18 до +22 по С | от +22 до +24 по С | от +24 до +26 по С |

**Исходные данные**

| № варианта | Тип сети                             | Напряжения, В | Грунт         | Заземлитель           |
|------------|--------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| 1          | Трехфазная с изолированной нейтралью | До 1000В      | Глина         | Круглый, прутковый    |
| 2          | Трехфазная с изолированной нейтралью | 660           | Суглинок      | Круглый, прутковый    |
| 3          | Трехфазная с изолированной нейтралью | 380           | Песок         | Круглый, оцинкованный |
| 4          | Трехфазная с изолированной нейтралью | 220           | Супесок       | Стальная труба        |
| 5          | Трехфазная с изолированной нейтралью | До 1000 В     | Суглинок      | Стальная труба        |
| 6          | Трехфазная с изолированной нейтралью | 660           | Супесок       | Круглый, оцинкованный |
| 7          | Трехфазная с изолированной нейтралью | 380           | Суглинок      | Круглый, оцинкованный |
| 8          | Трехфазная с изолированной нейтралью | 220           | Садовая земля | Угловая сталь         |
| 9          | Трехфазная с изолированной нейтралью | До 1000 В     | Песок         | Угловая сталь         |
| 10         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 660           | Супесок       | Угловая сталь         |
| 11         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 380           | Супесок       | Круглый, прутковый    |
| 12         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 220           | Песок         | Круглый, прутковый    |
| 13         | Трехфазная с изолированной нейтралью | До 1000 В     | Садовая земля | Круглый, оцинкованный |
| 14         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 660           | Песок         | Круглый, оцинкованный |
| 15         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 380           | Супесок       | Стальная труба        |
| 16         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 220           | Торф          | Стальная труба        |
| 17         | Трехфазная с изолированной нейтралью | До 1000 В     | Супесок       | Угловая сталь         |
| 18         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 660           | Суглинок      | Угловая сталь         |
| 19         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 380           | Супесок       | Круглый, оцинкованный |
| 20         | Трехфазная с изолированной нейтралью | 220           | Глина         | Круглый, оцинкованный |
| 21         | Трехфазная с изолированной нейтралью | До 1000 В     | Песок         | Круглый, прутковый    |
| 22         | Трехфазная с                         | 600           | Суглинок      | Круглый,              |

|    |                                         |           |          |                |
|----|-----------------------------------------|-----------|----------|----------------|
|    | изолированной нейтралью                 |           |          | прутковый      |
| 23 | Трехфазная с<br>изолированной нейтралью | 380       | Суглинок | Стальная труба |
| 24 | Трехфазная с<br>изолированной нейтралью | 220       | Песок    | Стальная труба |
| 25 | Трехфазная с<br>изолированной нейтралью | До 1000 в | Суглинок | Стальная труба |

### Контрольные вопросы

1. приведите среднее значение порогового ощутимого тока
2. как проявляется ощутимый ток?
3. приведите определение порогового неотпускающего тока, его среднее значение
4. приведите среднее значение фибрилляционного тока
5. приведите значение безопасного тока
6. какова вероятность ощутить ток силой 0,91мА?
7. каким образом защитные средства обеспечивают электробезопасность?

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ЖИДКОСТИ. ПЕРВИЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ (ОГNETУШИТЕЛЬ)**

Методические указания для лабораторных и практических работ  
по дисциплинам «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная  
безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность»  
для студентов всех специальностей и направлений

Составитель: Шипулина Ю.В., к.т.н., доцент; Руденко М.Ф., д.т.н., профессор; Марков А.А., ст. преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Рецензент: Саинова В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Определение температуры воспламенения жидкости

Методические указания для лабораторных и практических работ по дисциплинам «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность» для студентов всех специальностей и направлений

В методическом указании рассмотрены вопросы пожарной безопасности и приведена методика определения температуры воспламенения жидкости.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

## I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Определить категорию пожарной опасности производства и противопожарные требования к производственным зданиям в соответствии с противопожарными нормами строительного проектирования. Выполнить расчет на заданную тему.

## II. ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ

1. Прибор для определения температуры воспламенения жидкости, выполнен по ГОСТу.
2. Тренажерный комплекс по применению средств пожаротушения ЛиТП-2

## III. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**Пожарная безопасность** - состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров;

**пожар** - неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства;

**требования пожарной безопасности** - специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом;

**нарушение требований пожарной безопасности** - невыполнение или ненадлежащее выполнение требований пожарной безопасности;

**противопожарный режим** - правила поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания помещений (территорий), обеспечивающие предупреждение нарушений требований пожарной безопасности и тушение пожаров;

**меры пожарной безопасности** - действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности.

**Пожар**, как явление может принимать различные формы, однако все они в конечном счете сводятся к химической реакции между горючими веществами и кислородом воздуха. Для возникновения пожара необходимо наличие трех компонентов: горючего вещества, кислорода и источника тепла или открытого пламени. Большинство пожаров связано с горением твердых веществ, хотя начальная стадия пожара может связана с горением жидких и газообразных горючих веществ, в большом количестве используемых на современном производстве.

После образования в помещении первичного очага возгорания процесс развития горения может пойти по одному из трех сценариев:

- загоревшийся предмет сгорит полностью, и горение прекратится. Этот вариант возможен, когда загоревшийся предмет находится в достаточной изоляции от других горючих веществ, а тепла, образующегося при его горении недостаточно для распространения горения;
- выгорит весь кислород, и горение прекратится. Этот вариант возможен при плохой вентиляции помещения;
- процесс горения переходит в разряд неконтролируемого процесса, т.е. пожара. Такой вариант мы наблюдаем при достаточном количестве горючего материала и постоянном притоке свежего воздуха.

Ориентировочно условием охвата пламенем всего помещения можно считать наличие в помещении плотности теплового потока, превышающего  $20 \text{ кВт/м}^2$ . Причем источниками теплового потока могут быть как сам факел горящего материала, так и раскаленные поверхности верхних частей помещения и раскаленные продукты сгорания. Способствуют распространению пламени горючие или нагревающиеся жидкости и плавящиеся и растекающиеся термопластики. После полного охвата пожаром всего помещения тепловыделения достигают своего максимума и температура внутри помещения может достичь  $1100 - 1200^\circ\text{C}$ . Высокие температуры будут держаться до тех пор, пока интенсивность образования воспламеняющихся летучих продуктов не будет уменьшаться. В этот период за счет повышенных термических нагрузок могут происходить обрушения элементов здания. Разрушение элементов здания приводит к нарушению герметизации помещений, и, следовательно, к притоку свежего воздуха. Пожар разгорается с новой силой, при этом часть горючих газов будет сгорать снаружи помещения в пламени, вырывающемся из окон. Дальнейшее распространение пожара на соседние здания происходит посредством передачи теплового излучения сначала от оконных проемов, затем от всей поверхности горящего здания.

**Пожарная обстановка**, динамика ее развития зависят от следующих факторов:

- пожаровзрывоопасных свойств используемых на объекте веществ и материалов;
- огнестойкости зданий, конструкций и их элементов;
- пожарной опасности производств;
- плотности застройки;
- метеоусловий, в частности от силы и направления ветра.

**Пожаровзрывоопасность веществ и материалов** определяется следующими показателями:

- для *газовоздушных смесей* :

*нижний (НКПВ) и верхний (ВКПВ) концентрационный пределы воспламенения* - температуры жидкостей, при которых давление насыщенных паров создает концентрацию паров, соответствующую распространению пламени;

*температура самовоспламенения ( $t^0C$ )* – минимальная критическая температура, при которой возможно самопроизвольное возгорание;

*нормальная скорость ( $v$ , м/с) распространения пламени* – скорость распространения фронта пламени по нормали к его поверхности и т.д.

- для **жидких и твердых** тел:

*температура вспышки ( $t_{всп}, ^0C$ )* – минимальная температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются газы и пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания;

*температура воспламенения ( $t_{в}, ^0C$ )* - минимальная температура вещества, при которой происходит загорание вещества от источника зажигания;

*температура самовоспламенения ( $t_{св}, ^0C$ )* – самая низкая температура, при которой происходит самопроизвольное возгорание вещества.

- для **строительных материалов**, кроме вышеперечисленных, введено понятие:

*горючесть*, т.е. способность вещества загораться или разрушаться под воздействием высоких температур и по этой способности все материалы разделяются на четыре группы горючих материалов (Г1 – Г4) и одну негорючих (НГ).

- для **строительных конструкций**:

*огнестойкость* – это способность строительных конструкций сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои функции;

*предел огнестойкости* - время, в течении которого строительная конструкция или ее элементы сохраняют свою огнестойкость;

- для **зданий или сооружений**:

*степень огнестойкости* здания определяется огнестойкостью его отдельных конструкций (стены, перекрытия, несущие элементы). Всего существует 4 степени огнестойкости зданий, самая высокая степень – I, самая низкая – 4.

**Пожарная опасность производств** определяется по принадлежности производства к той или иной *категории по взрывопожароопасности*. Категории помещений определяются путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от высшей (А) к низшей (Д). Категории А и Б – взрывопожароопасные производства; В1 – В4 пожароопасные производства, Г и Д малоопасные производства (таблица 1).

В зависимости от категории к зданию или производству предъявляются требования по взрывопожароопасности в отношении планировки и застройки, этажности здания, площадей застройки, размещения помещений и т.д.

По наиболее пожароопасному производству, предназначенному для размещения в здании, определяют необходимую степень огнестойкости здания, этажность, его место на генеральном плане.

Таблица 1

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

| Категория помещения      | Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| А<br>взрывопожароопасные | Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) с температурой воспламенения менее 28 <sup>0</sup> С в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные паро-воздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышающее 5 кПа.                       |
| Б<br>взрывопожароопасные | Горючие пыли и волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой воспламенения более 28 <sup>0</sup> С в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные паро-воздушные или пылевоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышающее 5 кПа. |
| В1 – В4<br>пожароопасные | Горючие и трудно горючие жидкости и трудно горючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии не относятся к категориям А и Б.                                                      |
| Г                        | Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, горючие газы, горючие жидкости и горючие твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.                           |
| Д                        | Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.                                                                                                                                                                                                                                                                 |

С увеличением расстояния между зданиями уменьшается опасность распространения пожара и легче бороться с огнем. Поэтому противопожарные разрывы, т.е. расстояние между зданиями, строго нормируются в зависимости от степени огнестойкости элементов здания.

**При пожарах существует несколько различных опасных факторов:**

- *Повышенные температуры в зоне горения.* Они могут привести к ожогам поверхности кожи человека и ожогам внутренних органов, а также вызвать потерю несущей способности строительных конструкций зданий и сооружений;
- *Продукты сгорания.* Поступление в воздух помещения значительного количества продуктов сгорания приводит к острым отравлениям людей;
- *Дым.* Процесс горения сопровождается выделением большого количества дыма. Дым уменьшает видимость, тем самым затрудняется эвакуация людей, находящихся в помещении, что также может привести к воздействию на них продуктов сгорания.
- *Снижение концентрации кислорода.* За счет выгорания кислорода происходит снижение концентрации кислорода в воздухе, что негативно сказывается на процессах жизнедеятельности людей.
- *Разрушение конструкций.* Разрушение элементов зданий приводит к нарушению герметизации помещений, и, следовательно, к притоку свежего воздуха, в результате чего пожар может разгораться с новой силой, к травмированию и смерти людей.

**Методы и системы тушения пожаров.** Тушение пожара заключается в прекращении процесса горения.

В настоящее время для тушения пожара используют: *метод охлаждения, объёмный метод, поверхностный метод, метод химического торможения.*

**Метод охлаждения** основан на том, что горение вещества возможно тогда, когда температура верхнего слоя вещества выше температуры его воспламенения. Если с поверхности вещества удалить теплоту, то есть охладить её ниже температуры воспламенения, горение прекратится. На этом методе устроены системы тушения пожара водой и углекислотой.

**Объёмный метод** основан на способности вещества гореть при содержании кислорода в воздухе больше 14-16% по объему. С уменьшением кислорода в воздухе до указанной величины пламенное горение прекращается, а затем прекращается и тление, вследствие уменьшения скорости окисления. Уменьшение концентрации кислорода достигается введением в воздух инертных газов или паров извне или разбавлением кислорода продуктами

горения. На основе этого метода созданы системы тушения пожара углекислотой и паром.

**Поверхностный метод** основан на прекращении поступления кислорода или воздуха к горящему веществу, для чего применяют различные изолирующие огнегасительные вещества (пену, порошки, песок и др.).

**Метод химического торможения** основан на введении в зону горения галоидопроизводных веществ (бромистый метил, этил и хладоны), которые при попадании в пламя распадаются и соединяются с активными центрами, исключая экзотермическую реакцию, то есть выделение теплоты, в результате чего горение прекращается. На этом методе основана *система порошкового пожаротушения*.

**Первичные средства пожаротушения.** К первичным средствам пожаротушения относят: ручные и передвижные огнетушители, бочки с водой, ведра, лопаты или совки, ящики с песком, пожарные кошмы и др. Их применяют для ликвидации небольших загораний до приведения в Действие стационарных и полустационарных средств пожаротушения или до прибытия пожарной команды. В каждом цехе, участке (на судне) и на отдельных объектах оборудуются противопожарные посты в соответствии с нормами оснащения этих объектов противопожарным оборудованием и инвентарем. В зависимости от используемых огнегасительных веществ, огнетушители подразделяют на пенные, газовые, жидкостные и порошковые.

#### IV. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИБОРЫ

1. Прибор для определения температуры воспламенения жидкости, выполнен по ГОСТу.

Прибор состоит из тигеля, термометра, нагревательного прибора, емкости с песком (Рисунок 1).

Тигель **1** промывается бензином, прогревается и охлаждается до  $15 \div +25^{\circ}\text{C}$ . Затем тигель устанавливается в бачок с прокаленным песком **2** таким образом, чтобы песок окружал тигель почти до верхней кромки, а слой песка над днищем был бы около  $5 \div 8$  мм. Песочная баня необходима для создания равномерного прогрева жидкости, т.к. в этом случае термометр покажет температуру, близкую к средней температуре прогреваемой массы жидкости.

После этого вливают в тигель испытываемую жидкость так, чтобы уровень её не доходил до края тигеля на  $10 \div 12$  мм. Испытание производится при затемненном свете и при отсутствии заметного движения воздуха.

В тигель с жидкостью в вертикальном положении устанавливается термометр. Затем включается нагревательное устройство песчаной бани **4** и

нагревание проводится так, чтобы используемая жидкость нагрелась со скоростью  $10^{\circ}\text{C}$  в минуту. За  $30\div 40^{\circ}\text{C}$  до предлагаемой температуры воспламенения скорость нагревания должна быть около  $4^{\circ}\text{C}$  в минуту. В это время нужно пламенем зажигательного устройства проводить по краю тигля на расстоянии  $10\div 15$  мм от уровня жидкости, длина пламени должна быть не более  $3\div 4$  мм. Такое испытание нужно проводить через каждые  $2^{\circ}\text{C}$  подъема температуры. Отсчет температуры проводят перед каждым очередным поджиганием. При приближении к искомой температуре начнут появляться короткие вспышки. За температуру воспламенения принимается та температура жидкости, при которой будет устойчивое горение не менее 5 сек.

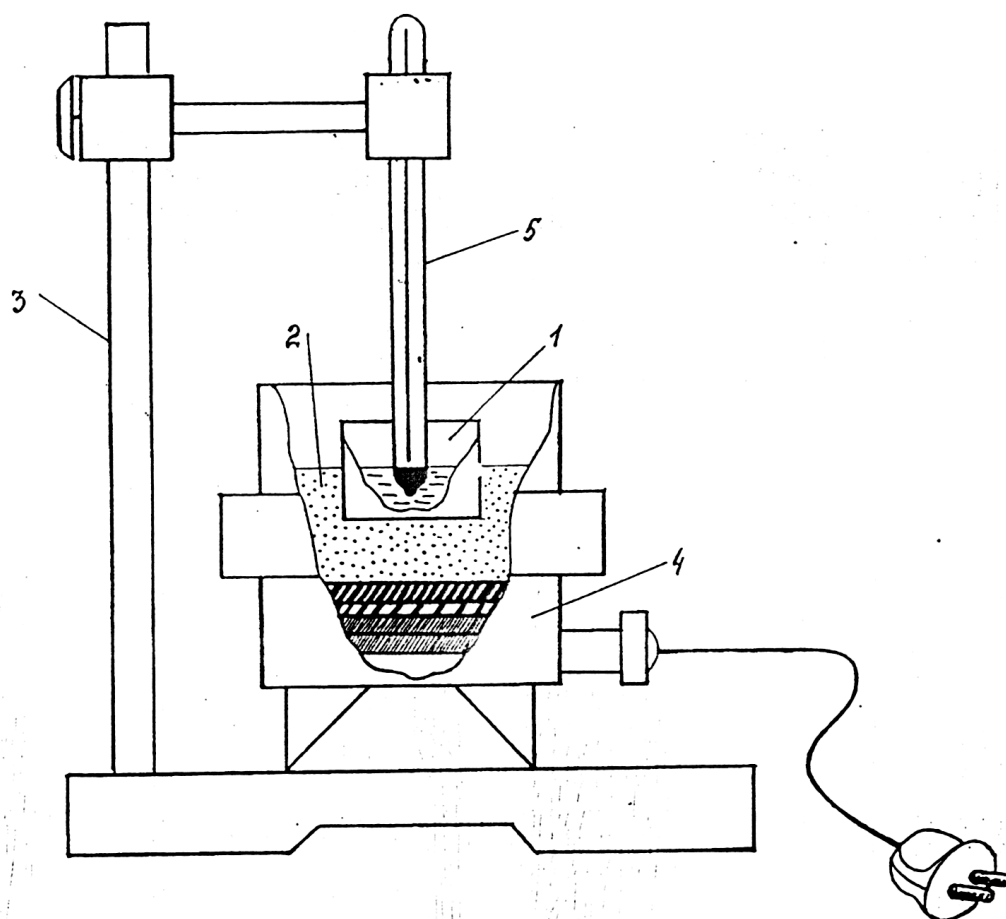


Рис 1. Прибор для определения температуры воспламенения жидкости.  
1. Тигель; 2. – Песчаная баня; 3. – Штатив; 4. – Нагреватель; 5. – Термометр.

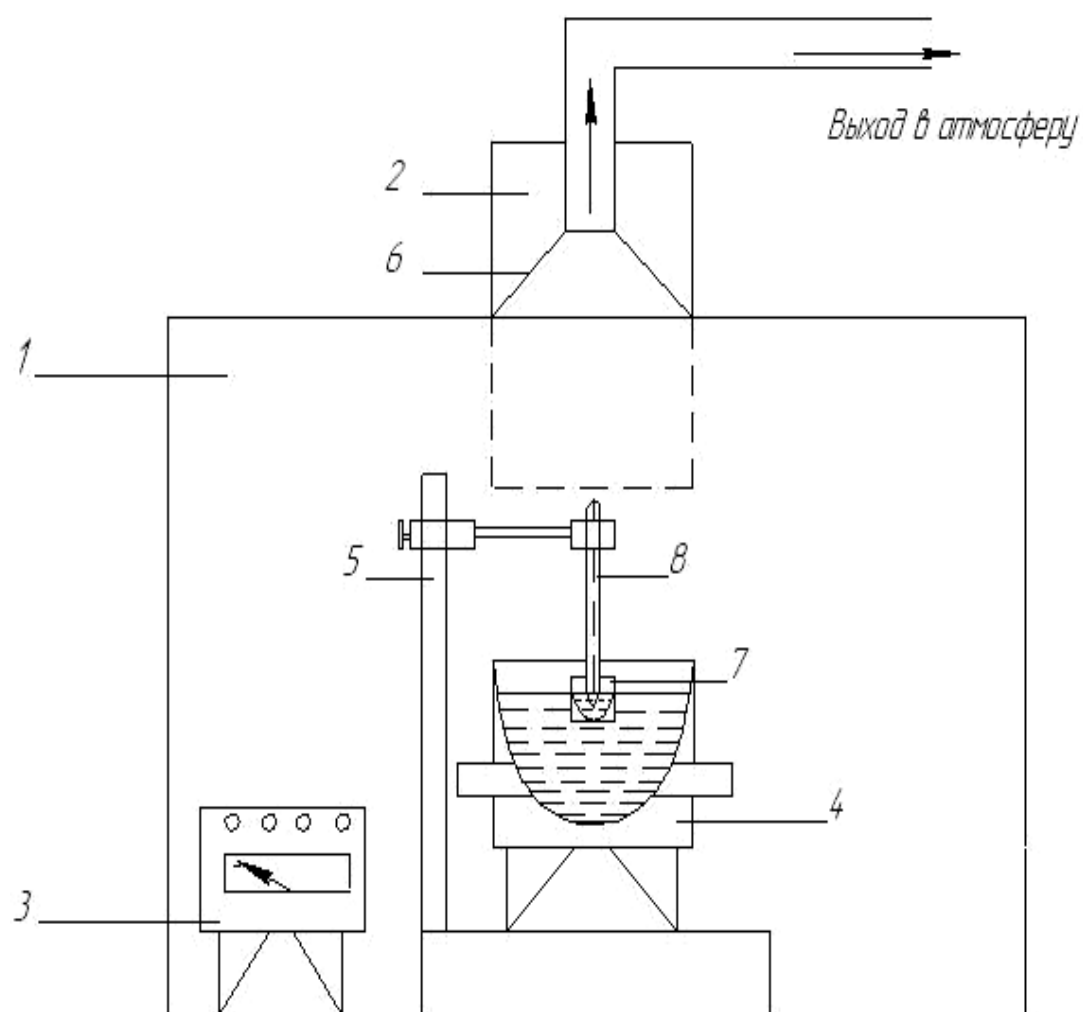


Рис 2. Вытяжной шкаф с прибором для определения температуры воспламенения жидкости.

1. – Шкаф вытяжной; 2. – Рамка для открывания вытяжного шкафа; 3. – Ваттметр; 4. – Электрическая плитка; 5. – Штатив. 6. – Вентилятор; 7. – Тигель с воспламеняющейся жидкостью;; 8.- Термометр.

## V. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством прибора и способом определения температуры воспламенения жидкости.
2. Произвести измерение температуры воспламенения заданной жидкости.
3. По результату замера определить:
  - а) категорию производства по пожарной опасности и дать характеристику этой категории (Таблица 1);
  - б) возможные степени огнестойкости зданий при полученной категории пожарной опасности (Таблица 3);
  - в) задаться степенью огнестойкости и определить противопожарные требования к строительным материалам, из которых будет выполнено производственное здание;
  - г) определить возможную этажность здания (см. таблица 4);
  - д) минимальные противопожарные разрывы между зданиями одной и той же огнестойкости (см. таблица 4).
4. Выполнить расчет по соответствующему варианту (по заданию преподавателя) (приложение 1).

## VI. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. *Работу проводить в вытяжном шкафу с работающей вытяжной вентиляцией.*
2. *При образовании вспышки жидкости надо быстро убрать термометр, а тигель с жидкостью накрыть специальной крышкой.*
3. *Быть осторожным, избегать ожогов пальцев.*

## VII. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Запись результатов опыта нужно проводить в форме нижеследующей таблицы.

Таблица 2

## Результаты опыта

| № опыта | Температура жидкости перед поджиганием, °С | Результаты опыта | Температура воспламенения, °С | Степень огнестойкости здания | Этажность здания | Минимальные противопожарные разрывы между зданиями одной и той же степени огнестойкости | Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности |
|---------|--------------------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|         |                                            |                  |                               |                              |                  |                                                                                         |                                                            |
|         |                                            |                  |                               |                              |                  |                                                                                         |                                                            |
|         |                                            |                  |                               |                              |                  |                                                                                         |                                                            |
|         |                                            |                  |                               |                              |                  |                                                                                         |                                                            |
|         |                                            |                  |                               |                              |                  |                                                                                         |                                                            |
|         |                                            |                  |                               |                              |                  |                                                                                         |                                                            |

## VIII. ОТЧЕТ О РАБОТЕ

Отчет о работе должен содержать таблицу замеров по указанной выше форме и расчет, выполненный по заданию преподавателя (Приложение 1).

Таблица 3

## Степени огнестойкости зданий

| Категории зданий или пожарных отсеков                                                                   | Степень огнестойкости зданий | Допустимое число этажей | Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м <sup>2</sup> , зданий |                   |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                                                                         |                              |                         | одноэтажных                                                        | многоэтажных      |                   |
|                                                                                                         |                              |                         |                                                                    | в два этажа       | в три этажа       |
| А,Б                                                                                                     | 1                            | 6                       | Не ограничивается                                                  |                   |                   |
| А,Б (за исключением зданий нефтеперерабатывающей, газовой, химической и нефтехимической промышленности) | 2<br>3а                      | 6<br>1                  | 5200                                                               | То же             | То же             |
| А – здания нефтеперерабатывающей, газовой, химической и нефтехимической промышленности                  | 2<br>3а                      | 6<br>1                  | Не ограничивается<br>3500                                          | 5200              | 3500              |
| Б – здания нефтеперерабатывающей, газовой, химической и нефтехимической промышленности                  | 2<br>3а                      | 6<br>1                  | Не ограничивается<br>3500                                          | 10 400            | 7800              |
| В                                                                                                       | 1,2                          | 8                       | Не ограничивается                                                  | Не ограничивается | Не ограничивается |
|                                                                                                         | 3                            | 3                       | я                                                                  | я                 | я                 |
|                                                                                                         | 3а                           | 2                       | 5200                                                               | 3500              | 2600              |
|                                                                                                         | 3б                           | 1                       | 25000                                                              | 10400             | -                 |
|                                                                                                         | 4а                           | 2                       | 15000                                                              | -                 | -                 |
|                                                                                                         | 4                            | 2                       | 2600<br>2600                                                       | 2000<br>2000      | -<br>-            |
| Г                                                                                                       | 1,2                          | 10                      | Не ограничивается                                                  | Не ограничивается | Не ограничивается |
|                                                                                                         | 3                            | 3                       | я<br>6500                                                          | я<br>5200         | я<br>3500         |
|                                                                                                         | 3а                           | 6                       | Не ограничивается                                                  | Не ограничивается | Не ограничивается |
|                                                                                                         | 3б                           | 1                       | я                                                                  | я                 | я                 |
|                                                                                                         | 4а                           | 2                       | 20000                                                              | -                 | -                 |
|                                                                                                         | 4                            | 2                       | 6500<br>3500                                                       | 5200<br>2600      | -<br>-            |
| Д                                                                                                       | 1,2                          | 10                      | Не ограничивается                                                  | Не ограничивается | Не ограничивается |
|                                                                                                         | 3                            | 3                       | я                                                                  | я                 | я                 |
|                                                                                                         | 3а                           | 6                       | 7800                                                               | 6500              | 3500              |
|                                                                                                         | 3б                           | 1                       | Не ограничивается                                                  | Не ограничивается | Не ограничивается |
|                                                                                                         | 4а                           | 2                       | я                                                                  | я                 | я                 |
|                                                                                                         | 4                            | 2                       | 25000<br>10400<br>3500                                             | -<br>7800<br>2600 | -<br>-<br>-       |

Таблица 4

Величины противопожарных разрывов между производственными и вспомогательными зданиями.

| Степень огнестойкости одного здания или сооружения | Противопожарные разрывы (м) при степени огнестойкости другого здания или сооружения |     |          |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------|
|                                                    | I или II                                                                            | III | IV или V |
| I                                                  | 2                                                                                   | 3   | 4        |
| I и II                                             | 9                                                                                   | 9   | 12       |
| III                                                | 9                                                                                   | 12  | 15       |
| IV и I                                             | 12                                                                                  | 5   | 18       |

## IX. ВИДЫ ОГNETУШИТЕЛЕЙ (к тренажерному комплексу по применению средств пожаротушения ЛиТП-2)

### 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОГNETУШИТЕЛЕЙ И ОГNETУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ

Под термином **«огнетушитель»** понимается переносное или передвижное устройство для тушения небольшого очага пожара за счёт выпуска запасенного огнетушащего вещества. Они предназначены для локализации или тушения пожара на начальной стадии его развития.

Под термином **«огнетушащее вещество»** понимается вещество, обладающее физикохимическими свойствами, позволяющими создать условия прекращения горения.

В качестве огнетушащего вещества (ОТВ) в современных огнетушителях применяются:

- **вода** для охлаждения зоны горения и флегматизации (разбавления) газопаровоздушной горючей среды водяными парами, или вода с добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение огнетушащей жидкости и улучшают ее проникающую способность вглубь горящего материала;

- **водные растворы пенообразующих веществ** для образования пены, способствующие изоляции зоны горения и охлаждению горящих компонентов;

- **порошок**, который ингибирует (тормозит) химические процессы горения и изолирует зону горения;

- **газ** (углекислота, хладон), флегматизирующий (разбавляющий) газопаровоздушную горючую смесь и ингибирующий (тормозящий) химические процессы горения;

- **комбинированные составы** (например, пена-порошок), используемые в передвижных огнетушителях, для комбинированного воздействия на очаг пожара: охлаждение - флегматизация - ингибирование.

Классификация современных огнетушителей производится по следующим показателям:

- по способу доставки к очагу пожара;
- по видам применяемых ОТВ;
- по принципу вытеснения ОТВ;
- по значению рабочего давления вытесняющего газа;
- по возможности и способу восстановления технического ресурса;
- по назначению, в зависимости от вида заряженного ОТВ (классу пожаров, для тушения которых они предназначены).

По способу доставки к очагу пожара огнетушители делятся на **переносные** (массой до 20 кг) и **передвижные** (массой не менее 20 кг, но не более 400 кг). При этом передвижные огнетушители могут иметь одну или несколько емкостей для зарядки огнетушащих веществ, смонтированных на тележке. Наличие колес или тележки является отличительной особенностью передвижных огнетушителей.

По видам применяемых ОТВ огнетушители подразделяют на:

**Водные (ОВ):**

1. огнетушители с распыленной струей (ОВ(р)) - средний диаметр капель спектра распыления воды более 150 мкм (могут применяться только для тушения очагов пожара класса А);
2. огнетушители с тонкораспыленной струей (ОВ(т)) - средний диаметр капель спектра распыления воды 150 мкм и менее (могут применяться для тушения очагов пожара классов А и В)

**Воздушно-эмульсионные (ОВЭ) с фторсодержащим зарядом:**

1. огнетушители с распыленной струей (ОВЭ(р)) - средний диаметр капель спектра распыления воды более 150 мкм (могут применяться только для тушения очагов пожара класса А);
2. огнетушители с тонкораспыленной струей (ОВЭ(т)) - средний диаметр капель спектра распыления воды 150 мкм и менее (могут применяться для тушения очагов пожара классов А и В).

**Воздушно-пенные (ОВП) с зарядом водного раствора пенообразующих добавок и специальным насадком, в котором за счет эжекции воздуха образуется и формируется струя воздушно-механической пены.**

В зависимости от кратности образуемого потока воздушно-механической пены воздушно-пенные огнетушители подразделяют на:

1. огнетушители с генератором пены низкой кратности - кратность пены от 5 до 20 вкл.: ОВП(н);
2. огнетушители с генератором пены средней кратности - кратность пены от 20 до 200 вкл.: ОВП(с);

В качестве поверхностно-активной основы заряда ОВП применяют пенообразователи общего или целевого назначения. Дополнительно заряд огнетушителя может содержать стабилизирующие добавки (для повышения огнетушащей способности, увеличения срока эксплуатации, снижения коррозионной активности заряда).

В зависимости от химической природы заряда воздушно-пенные огнетушители подразделяются на:

1. с углеводородным зарядом ОВП(У);
2. фторсодержащим зарядом ОВП(Ф).

Согласно действующему нормативному документу [1], различают два типа пенных огнетушителей: воздушно-пенные (ОВП) и химически-пенные (ОХП). Более современные нормативные документы, в том числе [2, 3, 4] исключают ОХП из приведенной классификации. Это может быть связано с требованием п. 5.14 [1]: «Химические пенные огнетушители и огнетушители, приводимые в действие путем их переворачивания, запрещается вводить в эксплуатацию. Они должны быть исключены из инструкций и рекомендаций по пожарной безопасности и заменены более эффективными огнетушителями, тип которых определяют в зависимости от возможного класса пожара и с учетом особенностей защищаемого объекта».

#### **Порошковые (ОП).**

Огнетушащие порошки в зависимости от классов пожара, которые ими можно потушить, делятся на:

1. порошки типа ABCЕ - основной активный компонент - фосфорно-аммонийные соли;

2. порошки типа ВСЕ - основным компонентом этих порошков могут быть бикарбонат натрия или калия; сульфат калия; хлорид калия; сплав мочевины с солями угольной кислоты и др.;

\* - порошки типа D - основной компонент - хлорид калия; графит и др.

В зависимости от назначения порошковые составы делятся на порошки общего назначения (типа АВСЕ, ВСЕ) и порошки специального назначения (которые тушат, как правило, не только пожар класса D, но и пожары других классов).

**Газовые**, которые подразделяются на:

- углекислотные (ОУ) - с зарядом двуокиси углерода.

- хладоновые (ОХ) - с зарядом огнетушащего вещества на основе галоидированных углеводородов.

**Комбинированные** - с зарядом двух различных огнетушащих веществ (например, порошок и раствор пенообразователя), которые находятся в разных емкостях огнетушителя.

По принципу вытеснения ОТВ огнетушители подразделяют на:

1. закачные (з). Заряд ОТВ и корпус огнетушителя постоянно находятся под давлением вытесняющего газа или паров огнетушащего вещества;
2. с баллоном сжатого или сжиженного газа (б). Избыточное давление в корпусе огнетушителя создается сжатым или сжиженным газом, содержащимся в баллоне, располагаемом внутри корпуса огнетушителя или снаружи;
3. С газогенерирующим элементом (г). Избыточное давление в корпусе огнетушителя создается в результате выделения газа в ходе

химической реакции между компонентами заряда специального элемента огнетушителя.

По значению рабочего давления вытесняющего газа огнетушители подразделяют на:

1. огнетушители низкого давления (рабочее давление ниже или равно 2,5 МПа при температуре окружающей среды  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ );
2. огнетушители высокого давления (рабочее давление выше 2,5 МПа при температуре окружающей среды  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ).

Рабочее давление - установившееся давление вытесняющего газа, достигнутое в корпусе огнетушителя, заряженного ОТВ до номинального значения и выдержанного при температуре окружающей среды  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  в течение 24 ч (берется из технических условий или из паспорта на огнетушитель).

Вытесняющий газ - сжатый или сжиженный газ, создающий избыточное давление в корпусе огнетушителя и используемый для подачи ОТВ из огнетушителя на очаг горения.

По возможности и способу восстановления технического ресурса все огнетушители подразделяют на:

- перезаряжаемые и ремонтируемые;
- неперезаряжаемые (одноразового пользования).

По назначению, в зависимости от вида заряженного ОТВ, огнетушители подразделяют:

- для тушения загорания твердых горючих веществ (класс пожара А);
- для тушения загорания жидких горючих веществ (класс пожара В);

- для тушения загорания газообразных горючих веществ (класс пожара С);
- для тушения загорания металлов и металлосодержащих веществ (класс пожара D);
- для тушения загорания электроустановок, находящихся под напряжением (класс пожара E).

Огнетушители могут быть предназначены для тушения нескольких классов пожара.

Устанавливается следующая структура обозначения огнетушителей, состоящая из пяти обязательных и двух дополнительных частей:

х (х) - X (х) - X - X (X)

Вид огнетушителя в зависимости от заряженного огнетушащего вещества (ОВ, ОВП, ОВЭ, ОП, 0V, ОX)

Вид струи водных и водопенных ОТВ (р/т или н/с)

Номинальная масса заряженного ОТВ, выраженная в килограммах (для порошковых и газовых огнетушителей), или объем заряженного ОТВ, выраженный в литрах (для водных и пенных огнетушителей). Количество ОТВ, заряжаемое в огнетушитель, устанавливаемое изготовителем как номинальное и указываемое в маркировке, должно быть выражено целым числом, кратным 5 (пяти)

Условное обозначение типа огнетушителя по принципу создания давления в его корпусе (з, б, г)

Класс пожара (А, В, С, Е), для тушения которого предназначен огнетушитель

Модель огнетушителя (01, 02 и т.д.)

Дополнительное, условное обозначение огнетушителя (при его наличии).  
Дополнительное сокращенное обозначение должно быть полностью расшифровано в наименовании огнетушителя

## 2. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГNETУШИТЕЛЕЙ

Количество, тип и ранг\* огнетушителей, необходимых для защиты конкретного объекта, устанавливают исходя из категории защищаемого помещения, величины пожарной нагрузки, физико-химических и пожароопасных свойств обращающихся горючих материалов, характера возможного их взаимодействия с ОТВ, размеров защищаемого объекта и т.д.

### 2.1. Выбор огнетушителей

Выбор типа и расчет необходимого количества огнетушителей в помещении осуществляется согласно Приложениям 1, 2 [5] в зависимости от огнетушащей способности огнетушителя, предельной площади помещения, а также класса пожара.

Эффективность применения огнетушителей в зависимости от класса пожара и заряженного ОТВ представлена в табл. 5 [2].

Таблица 5

| КЛАСС<br>ПОЖАРА | ОГNETУШИТЕЛИ |       |        |                  |        |        |        |                   |    |    |
|-----------------|--------------|-------|--------|------------------|--------|--------|--------|-------------------|----|----|
|                 | ОВ           |       | ОВЭ    |                  | ОВП    |        | ОВП(Ф) | ОП                | ОУ | ох |
|                 | ОВ(р)        | ОВ(т) | ОВЭ(р) | ОВЭ(т)           | ОВП(н) | ОВП(с) |        |                   |    |    |
| <b>A</b>        | ++           | ++    | +++    | +++              | ++^    | +      | ++     | ++ <sup>1)</sup>  | +  | +  |
| <b>B</b>        | -            | +     | +++    | +4-+             | ++     | ++     | +++    | +++               | +  | ++ |
| <b>C</b>        | -            | -     | -      | -                | -      | -      | -      | +++               | +  | +  |
| <b>D</b>        | -            | -     | -      | -                | -      | -      | -      | +++ <sup>2)</sup> | -  | -  |
| <b>E</b>        | -            | +3)   | -      | ++ <sup>3)</sup> | -      | -      | -      | ++                | ++ | ++ |

«+++» - огнетушители, наиболее эффективные при тушении пожара данного класса;

«++» - огнетушители, пригодные для тушения пожара данного класса;

«+» — огнетушители, недостаточно эффективные при тушении пожара данного класса;

«-» - огнетушители, непригодные для тушения пожара данного класса.

Для огнетушителей, заряженных порошком типа АВСЕ.

Для огнетушителей, заряженных специальным порошком и оснащенных успокоителем порошковой струи.

При условии соблюдения требований электробезопасности [3, 4].

Кроме огнетушителей, оснащенных металлическим диффузором для подачи углекислоты на очаг пожара.

Ранг огнетушителя представляет собой условное обозначение огнетушителя в зависимости от ранга модельного очага пожара, который им может быть потушен. Под рангом очага пожара понимается условное обозначение сложности модельного очага пожара. Все огнетушители подвергаются огневым испытаниям по тушению модельных пожаров классов А и В. Эти виды испытаний огнетушителей входят в состав приемочных, квалификационных, периодических и сертификационных испытаний. Ранг огнетушителя указывают на его маркировке. Модельные очаги пожаров класса С, D и E не стандартизованы. Огнетушители должны вводиться в эксплуатацию в полностью заряженном и работоспособном состоянии, с опечатанным узлом управления пускового (для огнетушителей с источником вытесняющего газа) или запорно-пускового (для закачных огнетушителей) устройства. Они должны находиться на отведенных им местах в течение всего времени эксплуатации.

При тушении пожара порошковыми огнетушителями необходимо применять дополнительные меры по охлаждению нагретых элементов оборудования или строительных конструкций.

Не следует использовать порошковые огнетушители для защиты оборудования, которое может выйти из строя при попадании порошка (некоторые виды электронного оборудования, электрические машины коллекторного типа и т.д.).

Порошковые огнетушители из-за высокой запыленности во время их работы и, как следствие, резко ухудшающейся видимости очага пожара и путей эвакуации, а также раздражающего действия порошка на органы дыхания не рекомендуется применять в помещениях малого объема (менее 40 м<sup>3</sup>).

Необходимо строго соблюдать рекомендованный режим хранения и периодически проверять эксплуатационные параметры порошкового заряда (влажность, текучесть, дисперсность).

Углекислотные огнетушители запрещается применять для тушения пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением выше 10 кВ.

Углекислотные огнетушители с содержанием паров воды в диоксиде углерода более 006% масс, и с длиной струи ОТВ менее 3 м запрещается применять для тушения электрооборудования, находящегося под напряжением выше 1000 В.

Углекислотный огнетушитель, оснащенный раструбом из металла, не должен использоваться для тушения пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением.

Порошковые и углекислотные огнетушители с насадками или раструбами, изготовленными из диэлектрических материалов, из-за возможного образования разрядов статического электричества не допускается применять на объектах безыскровой или слабой электризации.

На объектах с повышенной взрывопожарной опасностью и степенью электростатической искроопасности класса Э1 или Э2 не допускается применение порошковых и углекислотных огнетушителей с насадками или раструбами из диэлектрических материалов ввиду возможности накопления на них зарядов статического электричества.

Хладоновые огнетушители должны применяться в тех случаях, когда для эффективного тушения пожара необходимы огнетушащие составы, не

повреждающие защищаемое оборудование и объекты (вычислительные центры, радиоэлектронная аппаратура, музейные экспонаты, архивы и т.д.).

Запрещается применять огнетушители с зарядом на водной основе для ликвидации пожаров оборудования, находящегося под электрическим напряжением, для тушения сильно нагретых или расплавленных веществ, а также веществ, вступающих с водой в химическую реакцию, которая сопровождается интенсивным выделением тепла и разбрызгиванием горючего.

При возможности возникновения на защищаемом объекте значительного очага пожара (предполагаемый пролив горючей жидкости может произойти на площади более 1 м<sup>2</sup>) необходимо использовать передвижные огнетушители.

## **2.2. Комплектование защищаемых объектов огнетушителями**

Общественные и промышленные здания и сооружения должны иметь на каждом этаже не менее двух переносных огнетушителей.

Помещения категории Д (пониженная пожароопасность) допускается не оснащать огнетушителями, если их площадь не превышает 100 м<sup>2</sup>.

Помещения, оборудованные автоматическими установками пожаротушения, допускается обеспечивать огнетушителями на 50% от их расчетного количества.

Расчет необходимого количества огнетушителей следует вести по каждому помещению и объекту отдельно.

При наличии рядом нескольких небольших помещений одной категории пожарной

опасности количество необходимых огнетушителей определяют с учетом суммарной площади этих помещений.

Комплектование технологического оборудования огнетушителями осуществляют согласно требованиям технической документации на это оборудование или соответствующих

правил пожарной безопасности.

Комплектование импортного оборудования огнетушителями производят согласно условиям договора на его поставку, которые не должны противоречить требованиям российских нормативных документов.

При выборе огнетушителей следует учитывать соответствие их температурного диапазона применения и климатического исполнения условиям эксплуатации на защищаемом объекте.

Если на объекте возможны комбинированные очаги пожара, то предпочтение при выборе огнетушителя должно отдаваться более универсальному по области применения огнетушителю (из рекомендованных для защиты данного объекта) и имеющему более высокий ранг.

Два или более огнетушителей, имеющих более низкий ранг, не могут заменять огнетушитель с более высоким рангом, а лишь дополняют его (исключение может быть сделано только для воздушно-пенных и воздушно-эмульсионных огнетушителей).

На объекте должно быть определено лицо, ответственное за приобретение, сохранность и контроль состояния огнетушителей.

На время ремонта или перезарядки огнетушители заменяют на однотипные в том же количестве.

### **2.3. Размещение огнетушителей**

Огнетушители следует располагать на защищаемом объекте таким образом, чтобы они были защищены от воздействия прямых солнечных лучей, тепловых потоков, механических воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрация, агрессивная среда, повышенная влажность и т.д.). Они должны быть хорошо видны и легкодоступны в случае пожара.

Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, вдоль путей прохода, а также около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара.

Для размещения первичных средств пожаротушения в производственных и складских помещениях, а также на территории защищаемых объектов должны оборудоваться пожарные щиты (пункты).

Рекомендуется переносные огнетушители устанавливать на подвесных кронштейнах или в специальных шкафах. Огнетушители должны располагаться так, чтобы основные надписи и пиктограммы, показывающие порядок приведения их в действие, были хорошо видны и обращены наружу или в сторону наиболее вероятного подхода к ним.

Запускающее или запорно-пусковое устройство огнетушителя должно быть опломбировано одноразовой пломбой с указанием полной даты зарядки огнетушителя (пп. 475 - 477 [5]).

Огнетушители, имеющие полную массу менее 15 кг, должны быть установлены таким образом, чтобы их верх располагался на высоте не более 1,5 м от пола; переносные огнетушители, имеющие полную массу 15 кг и более, должны устанавливаться так, чтобы верх огнетушителя располагался на высоте не более 1,0 м. Они могут устанавливаться на полу с обязательной фиксацией от возможного падения при случайном воздействии.

Разбросанные или разделенные между собой пожароопасные участки помещения должны иметь индивидуальные средства пожаротушения.

Расстояние от двери до огнетушителя должно быть таким, чтобы не мешать ее полному открыванию.

Расстояние от возможного очага пожара до ближайшего огнетушителя не должно превышать 20 м для общественных зданий и сооружений; 30 м - для помещений категорий

А, Б и В; 40 м ~ для помещений категорий В и Г; 70 м - для помещений категории Д.

Огнетушители не должны устанавливаться в таких местах, где значения температуры выходят за температурный диапазон, указанный на огнетушителях.

Водные (если в заряде нет специальных добавок, понижающих температуру их применения) и пенные огнетушители, установленные вне помещений или в неотапливаемом помещении и не предназначенные для эксплуатации при отрицательных температурах, должны быть сняты на холодное время года (температура воздуха ниже 5 °С). В этом случае на пожарном щите должна быть помещена информация о месте нахождения огнетушителей в течение указанного периода и о месте нахождения ближайшего огнетушителя.

В помещениях, насыщенных производственным или другим оборудованием, заслоняющим огнетушители, должны быть установлены указатели их местоположения. Указатели должны быть выполнены по ГОСТ 12.4.026 и располагаться на видных местах на высоте 2,0 — 2,5 м от уровня пола с учетом условий их видимости.

## **2.4. Техническое обслуживание огнетушителей**

Техническое обслуживание огнетушителей должно проводиться в соответствии с разработанными инструкциями (пп. 5.35 - 5.38 [1]) уполномоченным лицом (п. 4.3.3 [2]) с использованием необходимых инструментов и материалов. Техническое обслуживание включает в себя периодические проверки, осмотры, ремонт, испытания и перезарядку огнетушителей.

Периодические проверки необходимы для контроля состояния огнетушителей, контроля места установки огнетушителей и надежности их

крепления, возможности свободного подхода к ним, наличия, расположения и читаемости инструкции по работе с огнетушителями.

Огнетушители, выведенные на время ремонта, испытания или перезарядки из эксплуатации, должны быть заменены резервными огнетушителями с аналогичными параметрами.

Перед введением огнетушителя в эксплуатацию он должен быть подвергнут первоначальной проверке, в процессе которой производят внешний осмотр (п. 4.3.5 [2]), проверяют комплектацию огнетушителя и состояние места его установки (заметность огнетушителя или указателя места его установки, возможность свободного подхода к нему), а также читаемость и доходчивость инструкции по работе с огнетушителем. Результат проверки заносят в паспорт огнетушителя и в журнал учета огнетушителей.

Ежеквартальная проверка включает в себя осмотр места установки огнетушителей и подходов к ним, а также проведение внешнего осмотра огнетушителей (п. 4.3.5 [2]).

Ежегодная проверка огнетушителей включает в себя внешний осмотр огнетушителей (п. 4.3.5 [2]), осмотр места их установки и подходов к ним. В процессе ежегодной проверки контролируют величину утечки вытесняющего газа из газового баллона или ОТВ из газовых огнетушителей. Производят вскрытие огнетушителей (полное или выборочное), оценку состояния фильтров, проверку параметров ОТВ и, если они не соответствуют требованиям соответствующих нормативных документов, производят перезарядку огнетушителей.

При повышенной пожарной опасности объекта (помещения категории А) или при постоянном воздействии на огнетушители неблагоприятных факторов (повышенная или пониженная температура окружающей среды, влажность воздуха более 90% (при 25 °С), коррозионно-активная среда, воздействие вибрации и др.) проверка огнетушителей и контроль ОТВ должны проводиться не реже одного раза в 6 месяцев.

Если в ходе проверки обнаружено несоответствие какого-либо параметра огнетушителя требованиям действующих нормативных документов, необходимо устранить причины выявленных отклонений параметров и перезарядить огнетушитель.

В случае, если величина утечки за год вытесняющего газа или ОТВ из газового огнетушителя превышает предельные значения, определенные в [3, 4], огнетушитель выводят из эксплуатации и отправляют в ремонт или на перезарядку.

Не реже одного раза в 5 лет каждый огнетушитель и баллон с вытесняющим газом должны быть разряжены, корпус огнетушителя полностью очищен от остатков ОТВ, произведен внешний и внутренний осмотр (п. 4.3.11 [2]), а также проведены испытания на прочность и герметичность корпуса огнетушителя, пусковой головки, шланга и запорного устройства.

В случае обнаружения механических повреждений или следов коррозии корпус и узлы огнетушителя должны быть подвергнуты испытанию на прочность досрочно.

Если гарантийный срок хранения заряда ОТВ истек или обнаружено, что заряд хотя бы по одному из параметров не соответствует требованиям технических условий, он подлежит замене.

Порошковые огнетушители при ежегодном техническом осмотре выборочно (не менее 3% от общего количества огнетушителей одной марки, но не менее 1 шт.) разбирают и производят проверку основных эксплуатационных параметров огнетушащего порошка (внешний вид, наличие комков или посторонних предметов, сыпучесть при пересыпании рукой, возможность разрушения небольших комков до пылевидного состояния при их падении с высоты 20 см, содержание влаги и дисперсность). В случае, если хотя бы по одному из параметров порошок не удовлетворяет требованиям

нормативной и технической документации, все огнетушители данной марки подлежат перезарядке.

Порошковые огнетушители, используемые для защиты транспортных средств, проверяют в полном объеме с интервалом не реже одного раза в 12 месяцев.

О проведенных проверках делают отметку в журнале учета огнетушителей.

## 2.5. Перезарядка огнетушителей

Все огнетушители должны перезарядаться в случае, если величина утечки газового ОТВ или вытесняющего газа за год превышает допустимое значение [3, 4], но не реже сроков, указанных в табл. 6 [2]. Сроки перезарядки огнетушителей зависят от условий их эксплуатации и от вида используемого ОТВ.

Таблица 6

| Вид используемого ОТВ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Срок (не реже)           |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | проверки параметров ОТВ  | перезарядки огнетушителя |
| Вода, вода с добавками                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 раз в год              | 1 раз в год*             |
| Пена                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 раз в год              | 1 раз в год*             |
| Порошок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 раз в год (выборочно)  | 1 раз в 5 лет            |
| Углекислота (диоксид углерода)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | взвешиванием 1 раз в год | 1 раз в 5 лет            |
| Хладен                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | взвешиванием 1 раз в год | 1 раз в 5 лет            |
| * Огнетушители с многокомпонентным стабилизированным зарядом из основе углеводородного или фторсодержащего пенообразователя, а также огнетушители, внутренняя поверхность корпуса которых защищена полимерным или эпоксидным покрытием или корпус огнетушителя изготовлен из нержавеющей стали, должны проверяться и перезарядаться с периодичностью, рекомендованной фирмой - изготовителем огнетушителей. |                          |                          |

О проведенной перезарядке огнетушителя делают соответствующую отметку на корпусе огнетушителя (при помощи этикетки или бирки, прикрепленной к огнетушителю), а также в его паспорте.

## **2.6. Документационное обеспечение технического обслуживания огнетушителей**

Каждый огнетушитель, установленный на объекте, должен иметь порядковый номер и специальный паспорт. Учет проверки наличия и состояния огнетушителей следует вести в журнале по рекомендуемой форме (приложение Г [2]).

Журнал учета огнетушителей на объекте должен содержать следующую информацию:

- марка огнетушителя, присвоенный ему номер, дата введения его в эксплуатацию, место его установки;
- параметры огнетушителя при первоначальном осмотре (масса, давление, марка заряженного ОТВ, заметки о техническом состоянии огнетушителя);
- дата проведения осмотра, замечания о состоянии огнетушителя;
- дата проведения технического обслуживания со вскрытием огнетушителя;
- дата проведения проверки или замены заряда ОТВ, марка заряженного ОТВ;
- наименование организации, проводившей перезарядку;
- дата поверки индикатора и регулятора давления, кем поверены;
- дата проведения испытания огнетушителя и его узлов на прочность, наименование организации, проводившей испытание; дата следующего планового испытания;
- состояние ходовой части передвижного огнетушителя, дата ее проверки, выявленные недостатки, намеченные мероприятия;

- должность, фамилия, имя, отчество и подпись ответственного лица.

О проведенном техническом обслуживании делается отметка в паспорте, на корпусе (с помощью этикетки или бирки) огнетушителя и производится запись в специальном журнале (приложение Г [2]).

На огнетушитель каждый раз при техническом обслуживании, сопровождающемся его вскрытием, наносят этикетку с четко читаемой и сохраняющейся длительное время надписью. Этикетка должна содержать информацию, приведенную в табл. 7 [2]. Этикетку с защитным полимерным покрытием и слоем клеящего вещества наносят на корпус огнетушителя.

Таблица 7

| Вид технического обслуживания                                          |                                                                              |                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Осмотр огнетушителя (проверен изнутри, снаружи) /дата: месяц, год/     | Проверка качества ОТВ / дата/: перезарядка ОТВ /марка ОТВ, дата перезарядки/ | Гидравлическое (пневматическое) испытание ' дата проведения, величина испытательного давления/ |
| Организация, проводившая техническое обслуживание: фамилия специалиста |                                                                              | Дата проведения следующего испытания огнетушителя                                              |

При проведении перезарядки порошкового огнетушителя кроме указанной таблички рекомендуется помещать внутрь огнетушителя дополнительную алюминиевую или полимерную пластинку (размером порядка 40x25 мм) с указанием марки заряженного порошка, даты перезарядки и организации, проводившей ее. Надписи на пластинке должны сохраняться не менее четырех лет; пластинка должна прочно крепиться за сифонную трубку или в другом удобном месте, она не должна мешать выходу порошка из огнетушителя при его применении.

## 2.7. Требования безопасности

При техническом обслуживании огнетушителей необходимо соблюдать требования безопасности, изложенные в нормативно-технической документации на данный тип огнетушителя.

Запрещается:

- эксплуатировать огнетушитель при появлении вмятин, вздутий или трещин на корпусе огнетушителя, на запорно-пусковой головке или на накидной гайке, а также при нарушении герметичности соединений узлов огнетушителя или при неисправности индикатора давления;

производить любые работы, если корпус огнетушителя находится под давлением вытесняющего газа или паров ОТВ;

- заполнять корпус закачного огнетушителя вытесняющим газом вне защитного ограждения и от источника, не имеющего предохранительного клапана, регулятора давления и манометра;

- наносить удары по огнетушителю или по источнику вытесняющего газа;

- производить гидравлические (пневматические) испытания огнетушителя и его узлов вне защитного устройства, предотвращающего возможный разлет осколков и травмирование обслуживающего персонала в случае разрушения огнетушителя;

- производить работы с ОТВ без соответствующих средств защиты органов дыхания, кожи и зрения;

- сбрасывать в атмосферу хладоны или сливать без соответствующей переработки пенообразователи.

Лица, работающие с огнетушителями при их техническом обслуживании и зарядке, должны соблюдать требования безопасности и личной гигиены, изложенные в нормативнотехнической документации на соответствующие огнетушители, огнетушащие вещества и источники вытесняющего газа.

При тушении пожара в помещении с помощью газовых передвижных огнетушителей (углекислотных или хладоновых) необходимо учитывать возможность снижения содержания кислорода в воздухе внутри помещения ниже предельного значения и использовать изолирующие средства защиты органов дыхания.

При тушении пожара порошковыми огнетушителями необходимо учитывать возможность образования высокой запыленности и снижения видимости очага пожара в результате образования порошкового облака (особенно в помещении небольшого объема).

При использовании огнетушителей для тушения электрооборудования под напряжением необходимо соблюдать безопасное расстояние от распыляющего сопла и корпуса огнетушителя до токоведущих частей в соответствии с рекомендациями производителя огнетушителей.

При тушении пожара с помощью воздушно-пенного, воздушно-эмульсионного или водного огнетушителя необходимо обесточить помещение и оборудование.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### *Расчет количества огнетушащего вещества.*

Выбрать огнетушащее вещество для тушения пожара внутри помещения с размерами  $L \times V \times H$ , где  $L$  – длина помещения, м;  $V$  – ширина помещения; м,  $H$  – высота помещения, м и рассчитать какое количество огнетушащего вещества необходимо для тушения пожара. внутри помещения с размерами  $L \times V \times H$ , где  $L$  – длина помещения, м;  $V$  – ширина помещения; м,  $H$  – высота помещения, м (Таблица 1).

1. Тушение углекислотой применяется при тушении пожаров в помещении и на открытых площадках, небольших возгораний, для тушения электроустановок. ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА УГЛЕКИСЛОТОЙ масса углекислоты (в кг) определяется то формуле:

$$G = 1,79 \cdot V \cdot \phi, \text{ кг}$$

где  $V$  - расчетный объем помещения,  $\text{м}^3$ ;

$\phi$  – коэффициент, равный 0,3 – 0,35.

2. Тушение пеной применяется для тушения помещений, производств, резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ), горючими жидкостями, на нефтепроводах. ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА ПЕНОЙ определяется количество пеногенераторов по формуле:

$$n = (3,5 \cdot V) / (q \cdot t),$$

где  $n$  – число генераторов;

3,5 – коэффициент разрушения пены;

$V$  – объем защищаемого помещения,  $\text{м}^3$ ;

$q$  – производительность генератора,  $\text{м}^3/\text{мин}$  (ГПС-600 равна  $36 \text{ м}^3/\text{мин}$ );

$t$  – расчетное время тушения пожара, принимается 10 мин.

3. Порошковое тушение применяется при тушении любых пожаров. Единственный способ тушения пожаров щелочных металлов и металлоорганических соединений. ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА ПОРОШКОМ расчетная масса огнетушащего вещества (в кг) определяется по формуле

$$G = V \cdot q, \text{ кг}$$

где  $V$  - объем наименьшего защищенного помещения,  $\text{м}^3$ ;

$q$  - удельный расход вещества,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (для хладона 114В2 - 0,2  $\text{кг}/\text{м}^3$ , для БФ-2 - 0,215  $\text{кг}/\text{м}^3$ ).

4. Тушение водой применяется для тушения многих видов пожаров, за исключением пожаров на объектах, находящихся под напряжением. Неэффективно при тушении нефтепродуктов. ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА ВОДОЙ определяется расход воды во внутреннем водопроводе по формуле:

$$Q = n \cdot q, \text{ л/с}$$

где  $n$  – количество стволов, [ $n=2$ ];

$q$  – расход воды на одну струю, л/с, [ $q=2,5$  л/с]

Таблица 1

Варианты заданий

| № варианта | Размеры помещения |    |     | Помещение или производство                                          |
|------------|-------------------|----|-----|---------------------------------------------------------------------|
|            | L                 | B  | H   |                                                                     |
| 1          | 5                 | 5  | 3   | Офисное помещение                                                   |
| 2          | 10                | 8  | 3,5 | Архив документов                                                    |
| 3          | 15                | 10 | 4   | Компьютерный класс                                                  |
| 4          | 20                | 12 | 4,5 | Производство с применением ЛВЖ                                      |
| 5          | 25                | 15 | 5   | Производство с использованием щелочных металлов                     |
| 6          | 12                | 8  | 4,5 | Щитовая                                                             |
| 7          | 18                | 6  | 4   | Склад для хранения горючих жидкостей                                |
| 8          | 28                | 10 | 4,5 | Производственное помещение с использованием твердых горючих веществ |

|    |    |    |     |                                                                         |
|----|----|----|-----|-------------------------------------------------------------------------|
| 9  | 30 | 15 | 5   | Производственное помещение с применением металлоорганических соединений |
| 10 | 16 | 8  | 4,8 | Склад для хранения строительных материалов                              |
| 11 | 12 | 12 | 6   | Помещение с электрооборудованием                                        |
| 12 | 30 | 15 | 5   | Склад для хранения древесины                                            |
| 13 | 10 | 10 | 4   | Помещение множительной техники                                          |
| 14 | 8  | 6  | 3   | Жилое помещение                                                         |
| 15 | 6  | 12 | 3,5 | Жилое помещение                                                         |

### Литература:

1. Белов СВ. и др. Безопасность жизнедеятельности. М; Высшая школа, 2014г. 616с.
2. Ройтман М. Я. Основы противопожарного нормирования в строительстве. М,: Высшая школа, 2013г. – 450с.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям: пожар и пожарная безопасность?
2. Назовите причины возникновения пожара?
3. Как пойдёт процесс развития горения после образования в помещении первичного очага возгорания?
4. В какой период может произойти обрушение элементов здания при повышенных термических нагрузках(пожарах)?
5. Как определяется пожаровзрывоопасность веществ и материалов для газовоздушных смесей и строительных материалов?
6. На какие категории делятся помещения по пожарной и взрывопожарной опасности?
7. Перечислите опасные факторы возникающие при пожаре?
8. Методы и системы тушения пожаров. Метод охлаждения.
9. Что такое поверхностный и объёмный методы тушения пожаров?
10. Что относится к первичным средствам пожаротушения и для чего их применяют?

***Основы первой помощи на учебно-тренажерном комплексе***

*методические указания по дисциплинам "Безопасность жизнедеятельности", «Пожарная безопасность и охрана труда»,  
«Техносферная безопасность»*

*для студентов всех направлений/специальностей*

Составители:

- Руденко М.Ф., д.т.н, профессор кафедры " Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология "
- Третьяк Л.П. , к.б.н., доцент кафедры " Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология "

Рецензент: Шипулина Ю.В., к.т.н., доцент кафедры " Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология "

Основы первой помощи на учебно-тренажерном комплексе: методические указания по дисциплинам "Безопасность жизнедеятельности", «Пожарная безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность» для студентов технических направлений/специальностей/АГТУ; Сост.:Третьяк Л.П. – Астрахань

Методические указания утверждены на заседании кафедры «16 ноября»2022 г, протокол № \_\_\_\_

## ОПИСАНИЕ

Многофункциональный интерактивный учебно-тренажерный комплекс представляет собой светодинамическую модульную сенсорную панель с интегрированным роботом-тренажером для обучения оказанию первой помощи. Робот-тренажер представляет собой анатомически правильную верхнюю часть торса манекена с головой с бесшовной лицевой маской, выполненной из армированного силикона, визуальную и тактильно передающую эффект кожи человека, что позволяет выполнить действия по выведению нижней челюсти и прижатию крыльев носа при проведении мероприятий по *СЛР(сердечно-легочной реанимации)*. Реализована функция "Виртуальный инструктор" - система голосового оповещения, сопровождающая процесс выполнения реанимационных мероприятий. Для исключения перекрестного заражения манекен снабжен индивидуальными учебными лицевыми масками с односторонним клапаном, предотвращающим возврат дыхания, и дополнительным комплектом санитарных салфеток для проведения искусственной вентиляции легких. Робот-тренажер имеет следующие режимы работы:

1. Состояние клинической смерти со светодинамической индикацией выполняемых мероприятий, 5 режимов:

- учебно-демонстрационный режим;
- режим реанимации одним спасателем (2:15);
- режим реанимации двумя спасателями (1:5);
- режим реанимации (2:30), рекомендованный Европейским Советом по реанимации (ERC);
- режим реанимации (30:2), рекомендованный Европейским Советом по реанимации (ERC).

2. Состояние клинической смерти с отключенной светодинамической индикацией выполняемых мероприятий, для проведения экзаменов и соревнований.

При правильном выполнении сердечно-легочной реанимации у манекена сужаются зрачки, появляется пульс на сонной артерии и спонтанное дыхание. Дополнительно реализован режим управления работой комплекса при помощи беспроводного сенсорного пульта дистанционного управления.

В конструкцию учебного оборудования интегрированы высокочувствительные сенсоры для управления комплексом при помощи интерактивного воздействия приемо-передающих устройств. На светодинамической сенсорной панели изображен человек и размещена двухцветная светодиодная индикация.

Каждому индикатору соответствует состояние одного из базовых параметров проведения реанимационных мероприятий (наличие пульса, достаточность воздушного потока при проведении ИВЛ, перелом ребер вследствие превышения усилий во время непрямого массажа сердца и др.). Зеленый свет индикатора сигнализирует о правильном выполнении действий, красный - о неправильном. Выбор режима и громкость "Виртуального инструктора" регулируются при помощи активных сенсоров, расположенных на лицевой панели комплекса.

На тренажерном комплексе расположен модуль интерактивного тестирования с накладными полноцветными фольями по следующим разделам оказания первой помощи:

- дорожно-транспортное происшествие;
- поражение электрическим током (напряжение до 1000 В);
- поражение электрическим током [напряжение выше 1000 В);
- поражение электрическим током при обрыве линии электропередачи;
- падение с опоры при ремонте электросети;
- попадание в зону замыкания фазы на землю;
- поражение электрическим током бытовым напряжением 220 В;
- ожог лица и глаз химическими веществами;
- отравление при попадании ядовитых веществ в желудок;
- химический ожог без повреждения целостности кожного покрова;
- химический ожог с повреждением целостности кожного покрова;
- отравление парами хлора;
- отравление угарным газом.

В зависимости от изучаемой темы выбирается соответствующая фолья, которая накладывается на лицевую панель модуля тестирования. Предусмотрено два режима работы: "Обучение" и "Контроль", которые выбираются при помощи элемента управления по контролю и обучению.

В режиме "Обучение" на накладной фолье подсвечивается алгоритм оказания первой помощи при определенном повреждении, который сопровождается подробным голосовым описанием специально разработанного программного обеспечения "Виртуальный учитель". В режиме "Контроль" имеется возможность самостоятельно построить алгоритм оказания первой помощи. В случае неправильного выбора последовательности действий загорается красная световая индикация и воспроизводится звуковой сигнал, в случае построения верного алгоритма - зеленая.

**ВНИМАНИЕ!** Робот-тренажер не предназначен для отработки прекардиального удара. По рекомендациям Института общей реаниматологии РАМН, правилам проведения реанимационных мероприятий, утвержденным Американской ассоциацией кардиологов (American Heart Association) и Европейским

*Советом по реанимации (European Resuscitation Council), применять на практике прекардиальный удар могут только квалифицированные специалисты-медики.*

## ОБЩИЙ ВИД ТРИНАЖЕРА



*Рис.1 Общий вид робота-тренажера*

## Работа с роботом-тренажером



Рис. 2 Многофункциональный интерактивный учебно-тренажерный комплекс: 1 - адаптер питания модуля тестирования и контроллера; 2 - контроллер; 3 - комплект фолей; 4 - элемент управления по обучению; 5- модуль тестирования; 6 - адаптер питания робота - тренажера, 7 - робот-тренажер

- 1) Убедиться в том, что оборудование находится в выключенном состоянии (положения выключателей манекена, модуля тестирования и контроллера находятся в положении «**Выкл.**»).
- 2) Подключить модуль тестирования 5 к сети 220В при помощи адаптера питания 1 (Рис. 2). Загорится индикатор зарядки.
- 3) Подключить робот-тренажер к сети 220 В при помощи адаптера питания 6 (Рис. 2).
- 4) Для работы с роботом-тренажером перевести выключатели манекена и контроллера в положение «**Вкл.**».
- 5) Связь между роботом-тренажером и электрическим контроллером осуществляется через радиоканал.
- 6) Положить на лицо робота-тренажера гигиеническую лицевую маску и/или санитарную одноразовую салфетку.
- 7) Оборудование готово к эксплуатации.

**ВНИМАНИЕ!** Перед применением гигиеническую лицевую маску необходимо протереть. Лицо предпочтительно, подвергать дезинфекции, совмещенной с предстерилизационной очисткой, используя положение методических указаний №МУ 287-113, средствами: Аламинол (Россия, № МУ-98-113), Велтолен (Россия, №

*МУ-231-ПЗ), Пероксимед (Россия, 01-19/43-11) или аналогичными, при температуре не выше +40°C.*

- 8) Оборудование имеет возможность работы от встроенных аккумуляторных батарей.
- 9) После окончания работы с оборудованием отключить адаптеры питания от сети.

**ВНИМАНИЕ!** *Запрещается выполнять упражнения на мобильном модуле тестирования во время подзарядки аккумуляторной батареи.*

### **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТРЕНАЖЕРА**

Функциональные возможности робота-тренажера обеспечивают изучение на практике следующих приемов СЛР:

#### **Обеспечение правильного положения головы пострадавшего**

- положить кисть на лоб;
- подвести другую кисть под шею и охватить ее пальцами;
- движением первой кисти книзу, второй кверху запрокинуть голову назад. Угол запрокидывания при этом должен составлять 15° -20° (Рис.3).



*Рис. 3 Обеспечение правильного положения головы пострадавшего*

При правильном выполнении данного приема на панели световой индикации электрического контроллера загорается зеленый световой индикатор «Правильное положение».

**ВНИМАНИЕ!** *Чрезмерное усилие при запрокидывании головы может привести к поломке робота-тренажера (что соответствует перелому шейного отдела позвоночника у реального человека).*

### **Расслабление поясного ремня пострадавшего**



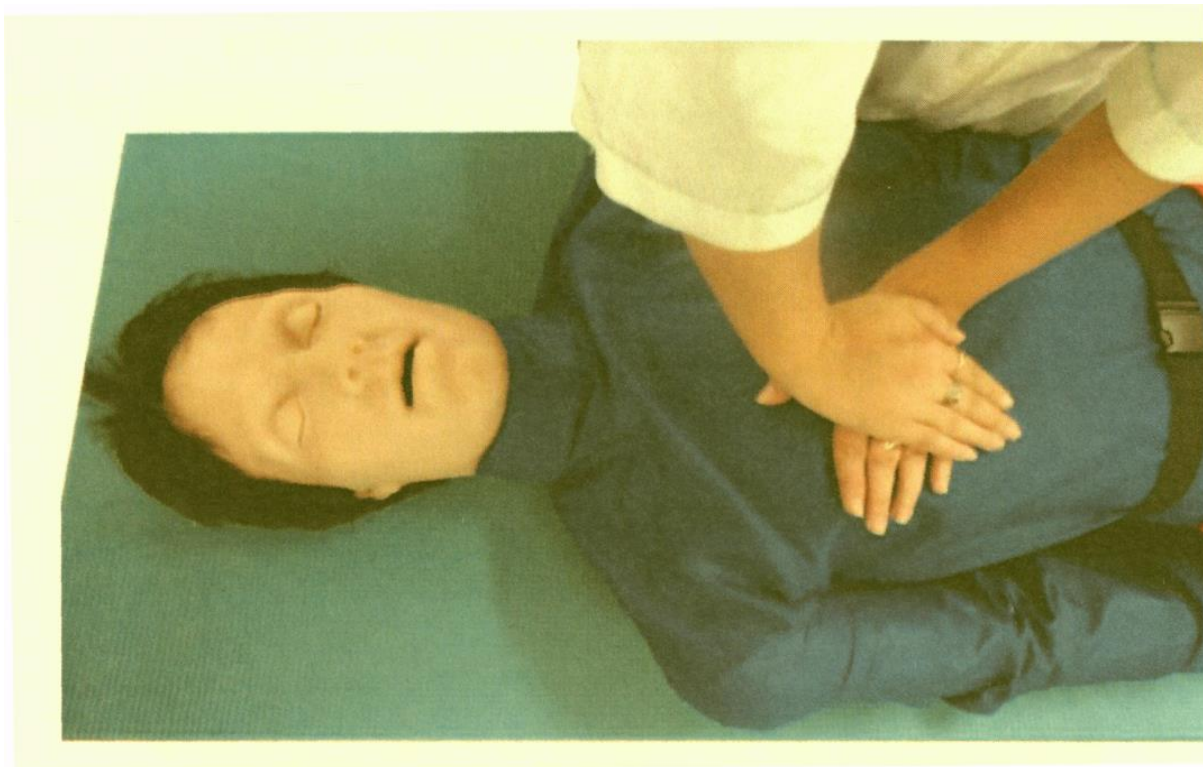
*Рис. 4 Расслабление поясного ремня пострадавшего*

При выполнении данного действия на панели световой индикации выносного электрического контроллера загорается зеленый световой индикатор.

### **Проведение непрямого массажа сердца пострадавшего**

Алгоритм действий:

- 1) Найти на ощупь конец мечевидного отростка грудины в грудной части робота-тренажера (рис. 5).
- 2) Расположить руки выше конца мечевидного отростка грудины, приблизительно на расстоянии 2-х диаметров пальцев руки (~3-4см). Ось основания кисти должна совпадать с осью грудины. Основание второй кисти должно находиться на тыльной стороне первой (соответственно оси основания этой кисти) под углом 90°. Пальцы кистей должны быть выпрямлены.
- 3) Выпрямить руки в локтевых суставах, расположить их вертикально под углом 90° к передней стенке грудной клетки. Глубина продавливания от 3 до 5 см. (с учетом роста, массы тела), прикладываемое усилие  $25 \pm 2$  кгс. Частота толчков (сжатий грудины) должна быть 80 раз в 1 минуту, то есть не менее двух толчков в одну секунду.



*Рис. 5 Проведение непрямого массажа сердца*

**ВНИМАНИЕ!** При проведении непрямого массажа сердца необходимо соблюдать частоту и ритм нажатий.

При правильном выполнении данного приема на панели световой индикации выносного электрического контроллера загорается зеленый световой индикатор «Положение рук».

При недостаточном усилии нажатия на грудину робота-тренажера световые сигналы не активируются.

При неправильном положении рук на груди или смещении рук во время выполнения массажного нажатия, на панели световой индикации выносного электрического контроллера мигает красный световой индикатор «Положение рук».

Если усилие при нажатии на грудину превышает 32 кг/с (смещение грудины вовнутрь по направлению к позвоночнику более чем 5 см), на панели световой индикации выносного электрического контроллера и активируются и начинают мигать 2 красных световых индикатора «Перелом рёбер».

### **Проведение ИВЛ способом «изо рта в рот»**

#### **Алгоритм действий:**

- 1) Зафиксировать голову манекена в правильном положении (Рис.6).
- 2) Расположить гигиеническую лицевую санитарную одноразовую салфетку

на лицевой части головы робота тренажера (Рис.6).



*Рис. 6 Положение гигиенической лицевой санитарной одноразовой салфетки*

3. Большим и указательным пальцами руки, зажать нос (Рис.7).



*Рис. 7 Положение рук при проведении ИВЛ*



*Рис. 8 Проведение ИВЛ*

4. Сделать глубокий вдох, прижать рот ко рту робота тренажера, обеспечить полную герметичность (Рис.8).

5. Сделать сильный, выдох воздуха в рот пострадавшему. Объём воздуха, получаемый пострадавшим при одном вдохе, должен быть не менее 400-500 см<sup>3</sup>.

При правильном выполнении данного приема на панели световой индикации выносного электрического контроллера загорается зеленый световой индикатор «Нормальный объем воздуха».

### **Контроль наличия пульса и состояния зрачков пострадавшего**

#### **Алгоритм действий:**

1. При помощи кнопок «Смена режима» на электрическом контроллере выбрать режим «Пульс». При этом загорится зеленый световой индикатор соответствующего режима работы робота тренажера и прозвучит звуковой сигнал. Для ввода выбранного режима следует нажать кнопку «Ввод».
2. На панели световой индикации выносного электрического контроллера загорается зеленый световой индикатор «Наличие пульса».
3. Проконтролировать состояние зрачка.
4. Подушечками пальцев определить пульсацию сонной артерии на передней поверхности шеи (Рис.9).



*Рис.9 Определение пульсации сонной артерии на передней поверхности шеи*

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРЕНАЖЕРА**

### **Учебно-демонстрационный режим**

Учебно-демонстрационный режим предназначен для демонстрации, изучения и отработки на практике отдельных реанимационных мероприятий, входящих в комплекс СЛР.

Для работы в учебно-демонстрационном режиме подготовьте тренажер-манекен к эксплуатации. При включении, тренажер-манекен перейдет в учебно-демонстрационный режим по умолчанию.

Для отработки отдельных приемов СЛР в учебно-демонстрационном режиме:

- Подготовить тренажер-манекен к работе.
- Приступить к выполнению изучаемого приема СЛР.

**ВНИМАНИЕ!** Для возврата тренажера-манекена в исходное состояние после отработки каждого приема СЛР, повторным нажатием кнопки «Пульс» выключить имитацию пульса, затем нажать кнопку «Сброс» на выносном электрическом контроллере либо на «виртуальном контроллере» в интерактивной анимационной программе.

### **Режим реанимации одним спасателем (2:15)**

Применяется для отработки реанимационных мероприятий **одним спасателем** в соотношении 2:15, т.е. после 2 приемов ИВЛ, следует 15 компрессионных толчков грудины.

Для работы в режиме реанимации 2:15 следует:

- Подготовить тренажер-манекен к работе.
- Нажать на выносном электрическом контроллере кнопку «Сброс», подождать 5 секунд.
- Обеспечить правильное положение головы тренажера (см. раздел «Функциональные возможности тренажера»).
- Расстегнуть пояс пострадавшему (см. раздел «Функциональные возможности тренажера»).

**ВНИМАНИЕ!** Приемы ИВЛ нужно проводить при правильном положении головы «пострадавшего» и расстегнутом ремне. При невыполнении данных требований, программа позволит проводить ИВЛ, но сообщит, что реанимация не проведена (данные световые индикаторы будут гореть красным).

- При помощи кнопок «Смена режима» на электрическом контроллере выбрать режим реанимации одним спасателем (2:15). При этом загорится зеленый световой индикатор соответствующего режима работы тренажера и прозвучит звуковой сигнал. Для ввода выбранного режима следует нажать кнопку «Ввод».

- В течение одной минуты выполнить реанимационные мероприятия (2 приема ИВЛ, затем 15 компрессионных толчков грудины), 5-6 циклов в течение одной минуты.

При правильном выполнении реанимационных мероприятий, по прошествии 1 минуты, звучит сигнал звукового сопровождения, появляется

пульс на сонной артерии. На панели световой индикации электрического контроллера мигает зеленый световой индикатор «Наличие пульса».

При неправильном выполнении реанимационных мероприятий, на панели световой индикации электрического контроллера загорается красный световой индикатор «Ошибка» и индикатор, соответствующий неправильно проведенному реанимационному приему.

### **Режим реанимации двумя спасателями (1:5)**

Применяется для отработки реанимационных мероприятий двумя спасателями в соотношении 1:5, т. е. один из оказывающих помощь делает 1 прием ИВЛ, затем другой, производит пять компрессионных толчков грудины.

**ВНИМАНИЕ!** Действия спасателей обязательно должны быть строго согласованы. Нельзя выполнять искусственный вдох одновременно с компрессионными толчками.

Для работы в режиме реанимации 1:5 следует:

- Подготовить тренажер-манекен к работе.
- Нажать на выносном электрическом контроллере кнопку «Сброс», подождать 5 секунд.
- Обеспечить правильное положение головы тренажёра (см. раздел «Функциональные возможности тренажера»).
- Расстегнуть пояс пострадавшему (см. раздел «Функциональные возможности тренажера»).

**ВНИМАНИЕ!** Приемы ИВЛ нужно проводить при правильном положении головы ((пострадавшего) и расстегнутом ремне. При невыполнении данных требований, программа позволит проводить ИВЛ, но сообщит, что реанимация не проведена (данные световые индикаторы будут гореть красным).

- При помощи кнопок «Смена режима» на электрическом контроллере выбрать режим реанимации двумя спасателями (1:5). При этом загорится зеленый световой индикатор соответствующего режима работы и прозвучит звуковой сигнал. Для ввода выбранного режима следует нажать кнопку «Ввод».

- В течение одной минуты выполнить реанимационные мероприятия (1 приема ИВЛ, затем 5 компрессионных толчков грудины), 10 циклов в течение одной минуты.

При правильном выполнении реанимационных мероприятий, по прошествии 1 минуты, звучит сигнал звукового сопровождения, появляется пульс на сонной артерии. На панели световой индикации электрического контроллера мигает зеленый световой индикатор «Наличие пульса».

При неправильном выполнении реанимационных мероприятий, на панели световой индикации электрического контроллера загорается красный

световой индикатор «Ошибка» и индикатор, соответствующий неправильно проведенному реанимационному приему.

### **Режим реанимации (2:30), рекомендованный Европейским Советом по реанимации (ERC)**

Применяется для отработки реанимационных мероприятий в соотношении 2:30, т.е. после 2 приемов ИВЛ следует 30 компрессионных толчков грудины.

**ВНИМАНИЕ!** Данный режим применяется в случае невозможности определения времени нахождения пострадавшего в состоянии клинической смерти

Для работы в режиме реанимации 2:30 следует:

- Подготовить тренажер-манекен к работе.
- Нажать на выносном электрическом контроллере кнопку «Сброс», подождать 5 секунд.
- Обеспечить правильное положение головы тренажёра (см. раздел «Функциональные возможности тренажера»).
- Расстегнуть пояс пострадавшему (см. раздел «Функциональные возможности тренажера»).

**ВНИМАНИЕ!** Приемы ИВЛ нужно проводить при правильном положении головы «пострадавшего» и расстегнутом ремне. При невыполнении данных требований, программа позволит проводить ИВЛ, но сообщит, что реанимация не проведена (данные световые индикаторы будут гореть красным).

- При помощи кнопок «Смена режима» на электрическом контроллере выбрать режим реанимации (2:30). При этом загорится зеленый световой индикатор соответствующего режима работы индикатора и прозвучит звуковой сигнал. Для ввода выбранного режима следует нажать кнопку «Ввод».

- В течение одной минуты выполнить реанимационные мероприятия (2 приема ИВЛ, затем 30 компрессионных толчков грудины), 2 цикла в течение одной минуты.

При правильном выполнении реанимационных мероприятий, по прошествии 1 минуты, звучит сигнал звукового сопровождения, появляется пульс на сонной артерии. На панели световой индикации электрического контроллера мигает зеленый световой индикатор «Наличие пульса».

При неправильном выполнении реанимационных мероприятий, на панели световой индикации электрического контроллера загорается красный световой индикатор «Ошибка» и индикатор, соответствующий неправильно проведенному реанимационному приему.

### Режим реанимации (30:2), рекомендованный Европейским Советом по реанимации (ERC)

Применяется для отработки реанимационных мероприятий в соотношении 30:2, т.е. после 30 компрессионных толчков следует 2 приема ИВЛ.

**ВНИМАНИЕ!** Данный режим применяется в случае, если пострадавший находится в состоянии клинической смерти не более 1 мин., или оно наступило на Ваших глазах

Для работы в режиме реанимации 30:2 следует:

- Подготовить тренажер-манекен к работе.
- Нажать на выносном электрическом контроллере кнопку «Сброс», подождать 5 секунд.
- Обеспечить правильное положение головы тренажёра (см. раздел «Функциональные возможности тренажера»).
- Расстегнуть пояс пострадавшему (см. раздел «Функциональные возможности тренажера»).

**ВНИМАНИЕ!** Приемы ИВЛ нужно проводить при правильном положении головы «пострадавшего» и расстегнутом ремне. При невыполнении данных требований, программа позволит проводить ИВЛ, но сообщит, что реанимация не проведена (данные световые индикаторы будут гореть красным).

- При помощи кнопок «Смена режима» на выносном электрическом контроллере выбрать режим реанимации одним спасателем (30:2). При этом загорится зеленый световой индикатор соответствующего режима работы индикатора и прозвучит звуковой сигнал. Для ввода выбранного режима следует нажать кнопку «Ввод».

- В течение одной минуты выполнить реанимационные мероприятия (30 компрессионных толчков грудины, затем 2 приема ИВЛ), 2 цикла в течение одной минуты.

При правильном выполнении реанимационных мероприятий, по прошествии 1 минуты, звучит сигнал звукового сопровождения, появляется пульс на сонной артерии. На панели световой индикации электрического контроллера мигает зеленый световой индикатор «Наличие пульса».

При неправильном выполнении реанимационных мероприятий, на панели световой индикации электрического контроллера загорается красный световой индикатор «Ошибка» и индикатор, соответствующий неправильно проведенному реанимационному приему.

### Экзаменационный режим «Эксперт»

Для проведения обучения, максимально приближенного к реальности, и оценки эффективности приобретенных навыков введен дополнительный режим «Эксперт», позволяющий проводить СЛР без визуализации

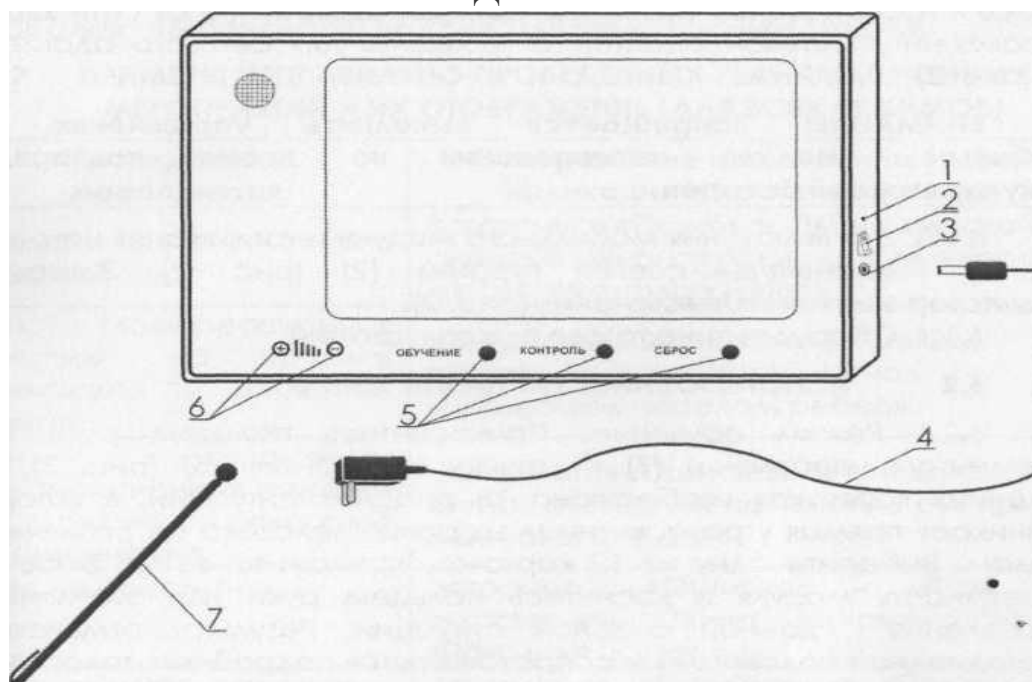
выполняемых действий с последующей выдачей заключения о ходе выполнения упражнения. Для того чтобы перевести манекен - тренажёр в данный режим:

1. Выберите один из пяти режимов при помощи кнопок «Смена режима».
2. Нажмите дважды кнопку «Ввод» на контроллере.

После звукового сигнала, гаснут светодиоды показывающие работу датчиков на манекене.

При проведении реанимационных мероприятий, в случае если была совершена ошибка, то звучит сигнал «Ошибка. Вы не прошли тест» и загорается соответствующий индикатор ошибки.

### РАБОТА С МОДУЛЕМ ТЕСТИРОВАНИЯ



*Рис. 10 Органы управления модуля тестирования*

Органы управления модуля тестирования

- 1.Индикатор зарядки.
- 2.Кнопка включения (выключения) питания.
- 3.Разъем для подключения сетевого адаптера.
- 4.Сетевой адаптер.
- 5.Элементы управления работой модуля.
- 6.Сенсорный блок управления уровнем громкости.
- 7.Элемент управления по контролю и обучению.

### ПОДКЛЮЧЕНИЕ И ЗАРЯДКА ИЗДЕЛИЯ

1 Подготовить модуль к работе (см. пункт «Работа с роботом-тренажером»).

2 Для зарядки модуля тестирования следует подключить его к сети 220В с помощью сетевого адаптера, входящего в комплект поставки. Для этого соедините сетевой адаптер питания (4) с разъемом для сетевого адаптера (3) и вставьте вилку сетевого адаптера в розетку (220В) (рис. 3). Время зарядки аккумуляторной батареи - **не менее 5 часов**. После окончания зарядки индикатор зарядки гаснет. Далее отключите сетевой адаптер (4) от сети 220В и отсоедините сетевой адаптер от разъема для сетевого адаптера (рис.2).

**ВНИМАНИЕ!** Запрещается выполнять упражнения на мобильном модуле тестирования во время подзарядки аккумуляторной батареи.

3. Для включения мобильного модуля тестирования нажмите кнопку включения/выключения питания (2) (рис. 2). Загорится индикатор включения/выключения (рис. 2).

4. Оборудование готово к эксплуатации.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

### Режим обучение.

Прикоснитесь пальцем руки или элементом управления (7) к датчику «Обучение» (5) (рис. 3). На сменных карточках изображено 18 опасных ситуаций, в которых возникает прямая угроза жизни и здоровью человека по различным темам. Выберите одну из 12 карточек, приложите ее на рабочую поверхность модуля и коснитесь пальцем руки или элементом управления к данной опасной ситуации. Результат отмечается светодиодной подсветкой и сопровождается подробным голосовым описанием «Виртуального учителя», который повествует о данном повреждении и способах оказания первой помощи. Уровень громкости «Виртуального учителя» регулируется отдельным сенсорным блоком управления (7) (рис. 2).

### Режим контроль.

Прикоснитесь пальцем руки или элементом управления к датчику «Контроль» (6) (рис. 2). При этом выбранная ситуация выделяется светодиодной подсветкой. Учащийся должен составить правильный алгоритм действий по оказанию первой помощи, представленных на карточке. В случае правильного ответа - загорается светодиодная

подсветка зеленого цвета по периметру модуля, а в случае неправильного - красного цвета.

### **Переход между режимами**

Смена режима осуществляется прикосновением датчика «Сброс» (6) и выбором соответствующего режима (рис. 2).

На боковой панели мобильного модуля предусмотрен разъем для подключения наушников (4) для удобства индивидуального обучения (рис. 2).

Подключение/отключение наушников производить при выключенном модуле или находящемся в режиме ожидания (моргает светодиод сброс). При коммутации наушников в процессе эксплуатации возможны случайные разовые срабатывания сенсоров, не приводящие к поломке модуля.

### **ПРИМЕРЫ НЕПРАВИЛЬНО ПРОВЕДЕННЫХ РЕАНИМАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И ИХ ОТОБРАЖЕНИЕ (ДЛЯ ВСЕХ РЕЖИМОВ)**

| <b>Проведенные мероприятия</b>                                          | <b>Отображение на панели световой индикации и настенном табло</b>                              |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сделано 3 приема ИВЛ, вместо 2                                          | Загорается «Ошибка». Звучит звуковой сигнал «Неверная последовательность массажа сердца и ИВЛ» |
| При компрессионных нажатиях на грудину приложено излишнее усилие        | Загорается «Ошибка» и «Перелом ребер». Звучит звуковой сигнал «Произошёл перелом ребер».       |
| При выполнении компрессионных нажатий на грудину произошло смещение рук | Загорается «Ошибка». Звучит звуковой сигнал «Неверное положение рук при массаже сердца»        |
| Пояс не расстегнут                                                      | Загорается «Ошибка» и «Пояс не расстегнут». Звучит звуковой сигнал «Пояс не расстегнут»        |
| Неправильное положение головы                                           | Загорается «Ошибка» и «Положение головы». Звучит звуковой сигнал «Неверное положение головы»   |

### ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

| Наименование<br>неисправностей,<br>внешнее проявление и<br>дополнительные<br>признаки                           | Вероятная причина                                                      | Способ устранения                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| При включенном выносном электрическом контроллере не загорается световая индикация «ПОЛОЖЕНИЕ ГОЛОВЫ» и «ПОЯС». | Аккумуляторная батарея выносного электрического контроллера разряжена. | Зарядить аккумуляторную батарею выносного электрического контроллера (см. раздел 5. «Подготовка к эксплуатации»). |
| При застегнутом поясе горит зеленый сигнал                                                                      | Ослаб пояс                                                             | Подтянуть пояс и закрепить пряжкой                                                                                |

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**  
(ТЕСТЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ИТОГОВОЙ ПРОВЕРКИ  
ЗНАНИЙ)

ТЕСТЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ  
**1.1. ПЕРВАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОСТРОЙ  
СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ И ИНСУЛЬТЕ**

**Вариант № 1**

**1. Причинами сердечной недостаточности могут быть:**

- 1) ревматические поражения сердечной мышцы, пороки сердца, инфаркт миокарда, физическое перенапряжение, нарушение обмена веществ и авитаминозы
- 2) внутреннее и наружное кровотечение, повреждение опорно-двигательного аппарата, переутомление, тепловой и солнечный удары
- 3) тяжелые повреждения, сопровождающиеся кровопотерей, размозжение мягких тканей, раздробление костей, обширные термические ожоги
- 4) недостаточно полноценное питание, нервно-психические расстройства, отсутствие регулярных занятий физической культурой

**2. При недостатке кислорода все живые ткани постепенно погибают. Особенно чувствителен к недостатку кислорода головной мозг. Через сколько минут без кислорода клетки мозга начинают необратимо погибать?**

- 1) через 10-12 минут
- 2) через 8-10 минут
- 3) через 5-7 минут
- 4) через 3-4 минуты

**3. Одной из основных причин инсульта может быть гипертоническая болезнь. Что это за болезнь?**

- 1) разрыв патологически измененного кровеносного сосуда головного мозга
- 2) это понижение артериального давления крови
- 3) заболевание, характеризующееся повышением артериального давления крови
- 4) пониженный уровень кислорода в крови человека

**4. Признаками остановки сердца являются следующие:**

- 1) потеря сознания, отсутствие дыхания, снижение температуры тела, полное расслабление всех мышц
- 2) асимметрия зрачков, одышка, отсутствие пульса на подколенной артерии
- 3) отсутствие пульса на сонной артерии, резкое повышение температуры тела
- 4) потеря сознания, отсутствие дыхания, отсутствие пульса на сонной артерии, полное расслабление всех мышц

**5. Укажите последовательность проведения экстренной, реанимационной помощи:**

- 1) положить пострадавшего на спину на ровную поверхность, произвести прекардиальный удар в область грудины, приступить к непрямому массажу сердца, произвести искусственную вентиляцию легких, вызвать «скорую помощь»
- 2) вызвать «скорую помощь», произвести прекардиальный удар в область грудины, производить искусственную вентиляцию легких
- 3) приступить к непрямому массажу сердца, произвести искусственную вентиляцию легких, вызвать «скорую помощь»
- 4) измерить артериальное давление, положить пострадавшему под язык валидол или нитроглицерин, произвести искусственную вентиляцию лёгких, вызвать «скорую помощь»

**Вариант № 2**

**1. Какова цель нанесения прекардиального удара?**

- 1) как можно сильнее сотрясти грудную клетку, что может стать толчком к запуску остановившегося сердца
- 2) восстановить самостоятельное дыхание пострадавшего
- 3) воздействовать на головной мозг с целью восстановления координации движений
- 4) расслабить мышцы грудной клетки, чтобы восстановить нормальное кровообращение

**2. Внезапное прекращение деятельности мозга или отдельных его частей из-за острого нарушения кровообращения или кровоизлияния — это:**

- 1) инфаркт
- 2) инсульт
- 3) острая сердечная недостаточность
- 4) судорога мозга

### **3. Каковы правильные действия по нанесению прекардиального удара в области грудины?**

- 1) прекардиальный удар, короткий и достаточно резкий, наносится в точку, расположенную на грудины выше мечевидного отростка на 2-3 см, ребром сжатой в кулак ладони, локоть руки, наносящей удар, должен быть направлен вдоль тела пострадавшего, сразу после удара следует выяснить, возобновилась ли работа сердца
- 2) прекардиальный удар наносится ладонью в точку, расположенную на грудины выше мечевидного отростка на 2-3 см и на 2 см влево от центра грудины, локоть руки, наносящей удар, должен быть направлен поперек тела пострадавшего, удар должен быть скользящим
- 3) прекардиальный удар наносится ребром сжатой в кулак ладони в точку, расположенную на грудины выше мечевидного отростка на 2-3 см и на 2 см влево от центра грудины, после первого удара сделать второй удар
- 4) прекардиальный удар наносится ребром сжатой в кулак ладони в точку, расположенную на грудины ниже мечевидного отростка на 2-3 см и на 2 см вправо от центра грудины, после первого удара сделать второй удар, затем проверить, возобновилась ли работа сердца

### **4. Пострадавшему необходимо сделать непрямой массаж сердца. Какова последовательность ваших действий?**

- 1) положить пострадавшего на ровную твердую поверхность, встать на колени с левой стороны от пострадавшего параллельно его продольной оси, на область сердца положить разом две ладони, при этом пальцы рук должны быть разжаты, поочередно надавливать, на грудину сначала правой, потом левой ладонью
- 2) положить пострадавшего на ровную твердую поверхность, встать на колени с левой стороны от пострадавшего параллельно его продольной оси, в точку проекции сердца на грудины положить ладони, пальцы должны быть приподняты, большие пальцы должны смотреть в разные стороны, давить на грудь только прямыми руками, используя вес тела, ладони не отрывать от грудины пострадавшего, каждое следующее движение производить после того, как грудная клетка вернется в исходное положение
- 3) положить пострадавшего на кровать или на диван и встать от него с левой стороны, в точку проекции сердца на грудины положить ладони, давить на грудину руками с полусогнутыми пальцами поочередно ритмично, через каждые 2-3 секунды

4) положить пострадавшего на ровную твердую поверхность, встать на колени с правой стороны от пострадавшего параллельно его продольной оси, на область сердца положить разом две ладони, при этом пальцы рук должны быть разжаты, поочередно надавливать на грудину сначала левой, потом правой ладонью

**5. Из приведенных примеров выберите тот, при котором необходимо проводить пострадавшему искусственную вентиляцию легких:**

- 1) отсутствует сердцебиение и дыхание
- 2) отсутствуют координация движения и речь
- 3) фиксируется пониженное артериальное давление
- 4) фиксируется пониженная температура тела

## **1.2. ПЕРВАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИЯХ**

### **Вариант № 1**

**1. Самым надежным способом остановки кровотечения в случае повреждения крупных артериальных сосудов рук и ног является:**

- 1) наложение давящей повязки
- 2) пальцевое прижатие
- 3) наложение жгута
- 4) максимальное сгибание конечности

**2. Найдите ошибку, допущенную при перечислении назначения повязки:**

- 1) предохраняет рану от воздействия воздушной среды
- 2) предохраняет рану от загрязнения
- 3) закрывает рану
- 4) уменьшает боль

**3. Какой метод можно использовать для остановки кровотечения из сосудов кисти или предплечья? Выберите правильный вариант ответа:**

- 1) поместить в локтевой сустав валик из скатанной материи, согнуть руку в локтевом суставе и зафиксировать предплечье к плечу
- 2) максимально отвести плечи пострадавшего назад и зафиксировать их за спиной широким бинтом
- 3) согнуть руку в локтевом суставе и зафиксировать предплечье к плечу
- 4) наложить давящую повязку на рану, затем поднять руку вверх и ждать приезда «скорой помощи»

**4. Способ остановки кровотечения приданием возвышенного положения поврежденной конечности главным образом применяется при:**

- 1) поверхностных ранениях в случае венозного кровотечения
- 2) любых ранениях конечности
- 3) смешанном кровотечении
- 4) одновременной травме живота и возникновении кровотечения на конечности

**5. В чём заключается оказание первой медицинской помощи при незначительных открытых ранах?**

- 1) промыть рану содовым раствором и обработать её спиртом
- 2) промыть рану перекисью водорода (раствором марганцовки) и обработать её йодом, заклеить рану бактерицидным пластырем или наложить стерильную повязку
- 3) смазать рану вазелином или кремом, наложить повязку
- 4) промыть рану водой и обработать её спиртом, наложить кровоостанавливающий жгут или закрутку

**Вариант № 2**

**1. Что называется раной?**

- 1) повреждение, характеризующееся нарушением целостности кожных покровов, слизистых оболочек, глубоких тканей
- 2) выхождение крови из поврежденных кровеносных сосудов
- 3) опасное для жизни осложнение тяжелых повреждений
- 4) возникновение гематомы в результате падения

**2. Тёмно-красный или бордовый цвет крови является признаком:**

- 1) артериального кровотечения
- 2) венозного кровотечения
- 3) капиллярного кровотечения
- 4) паренхиматозного кровотечения

**3. Что такое асептика?**

- 1) система профилактических мероприятий, направленных против возможности попадания микроорганизмов в рану, ткани, органы, полости тела пострадавшего при оказании ему помощи

- 2) профилактические мероприятия по удалению ранящего предмета из тела человека
- 3) обездвижение травмированных участков тела подручными средствами
- 4) своевременное введение обезболивающего препарата пострадавшему

**4. Нарушение целостности кожных покровов, слизистых оболочек, глубжележащих тканей и поверхности внутренних органов в результате механического или иного воздействия, — это:**

- 1) разрыв связок
- 2) растяжение мышц
- 3) рана
- 4) повреждение

**5. Укажите признаки травматического шока у пострадавшего:**

- 1) покраснение кожи, повышение температуры тела, повышенное артериальное давление
- 2) серость лица, вялость, заторможенность, низкое артериальное давление, частый и слабый пульс, липкий, холодный пот
- 3) повышенная возбудимость пострадавшего, беспокойство, резкая потеря зрения, потеря слуха
- 4) учащенное дыхание, снижение температуры тела человека, резкое сужение зрачков, редкий и слабый пульс, наличие кровотечения

### **1.3. ПЕРВАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ТРАВМАХ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

#### **Вариант № 1**

**1. При оказании первой помощи в случае перелома опорно-двигательного аппарата запрещается:**

- 1) проводить иммобилизацию поврежденных конечностей
- 2) вставлять на место обломки костей и вправлять на место вышедшую кость
- 3) останавливать кровотечение
- 4) проводить искусственную вентиляцию лёгких

**2. Какова последовательность оказания первой медицинской помощи при ушибах?**

- 1) да место ушиба наложить холод и тугую повязку, обеспечить покой пострадавшему и доставить его в медицинское учреждение

- 2) на место ушиба приложить теплую грелку, обеспечить покой поврежденной конечности и доставить пострадавшего в медицинское учреждение
- 3) на место ушиба нанести йодистую сетку, обеспечить покой пострадавшему и доставить его в медицинское учреждение
- 4) иммобилизовать место ушиба с помощью подручного материала, дать пострадавшему обезболивающее средство, напоить его горячим чаем или кофе

### **3. Какова последовательность оказания первой медицинской помощи при растяжениях?**

- 1) нанести йодистую сетку на поврежденное место, обеспечить покой поврежденной конечности, придать ей возвышенное положение и доставить пострадавшего в медицинское учреждение
- 2) наложить тугую повязку на поврежденное место, обеспечить покой поврежденной конечности, опустив ее как можно ниже к земле, и доставить пострадавшего в медицинское учреждение
- 3) приложить холод и наложить тугую повязку на поврежденное место, обеспечить покой поврежденной конечности, придать ей возвышенное положение и доставить пострадавшего в медицинское учреждение
- 4) сделать массаж в месте растяжения, приложить тепло к месту растяжения, придать возвышенное положение поврежденной конечности

### **4. Признаками перелома являются:**

- 1) тошнота и рвота, нарушение функции конечности, ее деформация и подвижность
- 2) нарушение функции конечности, сильная боль при попытке движения ею, деформация и некоторое ее укорочение, подвижность костей в необычном месте
- 3) временная потеря зрения и слуха, появление сильной боли при попытке движения конечностью
- 4) покраснение кожных покровов, повышение температуры тела, болевые ощущения при движении конечностью

### **5. Укажите последовательность оказания первой медицинской помощи при закрытых переломах:**

- 1) дать обезболивающее средство, провести иммобилизацию, на место перелома наложить холод, доставить пострадавшего в лечебное учреждение
- 2) дать обезболивающее средство, сделать перевязку, доставить пострадавшего в лечебное учреждение

- 3) на место перелома наложить тугую повязку, дать обезболивающее средство, доставить пострадавшего , в лечебное учреждение
- 4) наложить на место перелома асептическую повязку, дать обезболивающее средство, положить пострадавшего на бок

### **Вариант № 2**

#### **1. Укажите последовательность оказания первой медицинской помощи пострадавшему при переломе ребер:**

- 1) придать пострадавшему возвышенное положение, дать успокаивающее средство, наложить тугую повязку на грудную клетку
- 2) наложить на грудную клетку асептическую повязку, дать обезболивающее средство, положить пострадавшего на бок
- 3) дать обезболивающее средство, наложить тугую повязку на грудную клетку, придать пострадавшему возвышенное положение в положении сидя (полулёжа) и доставить пострадавшего в медицинское учреждение
- 4) приложить холод к месту перелома, сделать йодистую сетку на грудную клетку, положить пострадавшего на носилки и в таком положении доставить его в медицинское учреждение

#### **2. Какие основные правила оказания первой помощи нужно соблюдать при травмах опорно-двигательного аппарата?**

- 1) покой; обеспечение неподвижности поврежденной части тела; холод; приподнятое положение поврежденной части тела
- 2) отсутствие внешнего физического раздражителя; тепло на травмированное место; обеспечение неподвижности поврежденной части тела
- 3) своевременное наложение кровоостанавливающего жгута; проведение антисептики; контроль артериального давления
- 4) покой; своевременное наложение тугой повязки; быстрое доставление пострадавшего в медицинское учреждение

#### **3. При каких травмах рекомендуется переносить пострадавшего в положении лёжа на спине?**

- 1) при травмах головы, верхних конечностей
- 2) при шоке и значительной кровопотере
- 3) с травмами костей таза и брюшной полости
- 4) с травмами головы, позвоночника, конечностей, если пострадавший в сознании

**4. При каких травмах рекомендуется переносить пострадавшего в положении полусидя, с ногами, согнутыми в коленях (под колени положить валик-опору)?**

- 1) при травмах головы, верхних конечностей
- 2) при травмах мочеполовых органов, брюшной полости, грудной клетки и кишечной непроходимости
- 3) раненых без сознания, если нет другого выхода
- 4) с травмами головы, позвоночника

**5. При любой травме, за исключением открытого перелома, целесообразно прикладывать лед. Для чего это делается?**

- 1) позволяет остановить сильное кровотечение, уменьшить опухоль
- 2) помогает облегчить боль и предупреждает травматический шок
- 3) помогает облегчить боль и уменьшить опухоль
- 4) останавливается капиллярное кровотечение и предупреждаются воспалительные процессы

#### **1.4. ПЕРВАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЕ, ТРАВМЕ ГРУДИ, ТРАВМЕ ЖИВОТА**

##### **Вариант № 1**

**1. Укажите правильность и последовательность оказания первой медицинской помощи пострадавшему при повреждении живота с внутренним кровотечением:**

- 1) дать пострадавшему обезболивающие таблетки, поддерживать проходимость дыхательных путей, дать теплое питье, вызвать «скорую помощь»
- 2) пострадавшего уложить на носилки на спину, положить холод на живот, срочно доставить в лечебное учреждение
- 3) уложить пострадавшего в постель, дать успокоительное средство и немного холодного питья (вода, соки), вызвать «скорую помощь»
- 4) немного покормить пострадавшего теплым бульоном для поддержания сил, дать успокоительное, наложить на рану тугую повязку, доставить пострадавшего в лечебное учреждение

**2. Если у пострадавшего появились признаки травмы головы или позвоночника, нельзя до приезда «скорой помощи»:**

- 1) поддерживать проходимость дыхательных путей
- 2) держать голову и позвоночник пострадавшего в неподвижном состоянии
- 3) снимать одежду, переносить пострадавшего в постель, делать промывание желудка
- 4) останавливать наружное кровотечение, поддерживать нормальную температуру тела пострадавшего

**3. Один из признаков сотрясения головного мозга – это:**

- 1) покраснение кожи в области ушиба, подташнивание
- 2) увеличение лимфатических узлов, тошнота и рвота
- 3) появление сыпи на руках и ногах, припухлость и кровоподтёк в месте ушиба
- 4) потеря сознания, головокружение, нарушение речи, слуха и зрения

**4. Выберите из предложенных самое опасное последствие черепно-мозговой травмы человека:**

- 1) контузия головного мозга либо разрушение его вещества
- 2) внутреннее кровотечение в области головы
- 3) повреждение костей черепа, провалы памяти
- 4) инфаркт миокарда либо инсульт

**5. Когда возникает открытый пневмоторакс?**

- 1) при любых травмах грудной клетки
- 2) при сильных ушибах грудной клетки
- 3) при проникающих ранениях
- 4) при повреждениях внутренних кровеносных сосудов грудной клетки во время удара

**Вариант № 2**

**1. Как подразделяются травмы тазовой области человека?**

- 1) переломы, кровотечения, вывихи
- 2) растяжения, пневмотораксы
- 3) ушибы, сдавливания, переломы, ранения
- 4) отеки и кровоподтеки, посинение тела в области таза

**2. В каком порядке следует оказывать первую медицинскую помощь при переломе костей таза?**

- 1) уложить пострадавшего на спину на твердый щит (доски, фанеру); под колени пострадавшего положить скатанное одеяло или пальто так, чтобы

нижние конечности были согнуты в коленях или разведены в стороны; дать обезболивающее средство; немедленно обратиться к врачу

2) уложить пострадавшего на носилки; на область таза наложить стерильную тугую повязку; дать обезболивающее средство; немедленно вызвать «скорую помощь»

3) уложить пострадавшего на носилки на спину со склоненной набок головой; наложить на поврежденное место холод; дать пострадавшему обезболивающее

средство; доставить пострадавшего в медицинское учреждение

4) обеспечить пострадавшему покой; наложить на место перелома тепло и шины из подручного материала; дать теплое питье и обезболивающее средство; вызвать «скорую помощь»

### **3. Как укладывают пострадавшего при переломах позвоночника в грудном и поясничном отделах?**

1) на твердый щит на спину

2) на твердую поверхность на бок

3) животом вниз на твердый щит

4) придать пострадавшему удобное полусидячее положение на носилках

### **4. Какие последствия могут возникнуть при травмах живота?**

1) возникновение наружного артериального кровотечения, повышение артериального давления и температуры тела человека, диарея

2) выраженное нарушение функций дыхания и кровообращения, разрывы внутренних органов, острый перитонит, шок

3) возникновение гематом, понижение артериального давления и температуры тела человека, боли в животе

4) нарушение работы желудочно-кишечного тракта, возникновение обширного капиллярного кровотечения, непроходимость кишечника

### **5. Что могут вызвать повреждения спинного мозга и нервов?**

1) паралич, потерю чувствительности или двигательной функции

2) нарушение аппетита и слуха, повышение артериального давления

3) нарушение работы кровеносной системы, понижение артериального давления

4) побледнение кожных покровов, полное расслабление всех мышц, понижение температуры тела

## **ТАБЛИЦЫ ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ**

Выставляется оценка «отлично» за все правильные ответы на вопросы задания, за четыре правильных ответа – «хорошо» и т.д. За выполнение задания с выбором ответа выставляется 1 балл при условии, если обведен только один номер верного ответа. Если обведены два и более ответов, в том числе правильный, то ответ не засчитывается.

| Номер задания | Вариант | Вопросы |   |   |   |   |
|---------------|---------|---------|---|---|---|---|
|               |         | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
|               |         | 1       |   |   |   |   |
| 1.1           | 1       | 1       | 3 | 3 | 4 | 1 |
|               | 2       | 1       | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 1.2           | 1       | 3       | 4 | 1 | 1 | 2 |
|               | 2       | 1       | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 1.3           | 1       | 2       | 1 | 3 | 2 | 1 |
|               | 2       | 3       | 1 | 4 | 2 | 3 |
| 1.4           | 1       | 2       | 3 | 4 | 1 | 3 |
|               | 2       | 3       | 1 | 3 | 2 | 1 |

## ТЕСТЫ ДЛЯ ИТОГОВОЙ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

## Блок 1

- 1) область знаний изучающая опасные факторы, угрожающие человеку, закономерности их появления, воздействия на человеческий организм, а также способы защиты от этих факторов называется:
  - охраной окружающей среды
  - инженерной экологией
  - **безопасностью жизнедеятельности**
  - социальной экологией
- 2) Болезни человека и животных, вызываемые паразитическими грибами, называются:
  - **микозами**
    - токсикозами
    - лейкозами
    - лимфоцитозами
- 3) Рикетсии относятся к вредным и опасным производственным факторам
  - психофизиологическим
  - физическим
  - **биологическим**
  - химическим
- 4) При утоплении после извлечения пострадавшего из воды сразу же следует:
  - **вытянуть его язык изо рта и очистить рот и нос**
  - приступить к проведению искусственного дыхания
  - приступить к проведению непрямого массажа сердца
  - запрокинуть голову, положить под плечи валик
- 5) Ограниченная полость в тканях, наполненная кровью, образующаяся при травме, вследствие неравномерного раздвигания ушибленных тканей тела человека пропитываемой кровью, называется:
  - кровоподтеком
  - **гематомой**
  - ушибом
  - раной
- 6) Тяжесть термического ожога при котором на коже образуются пузыри, заполненные жидкостью, является:
  - тяжелой
  - **средней**
  - легкой
  - крайне-тяжелой
- 7) Головная боль, отдышка, учащенное сердцебиение, звон в ушах, головокружение, стук в висках являются признаками отравления:

- кислотами и щелочами
- техническими жидкостями
- ядовитыми грибами
- **вредными газами**

8) Растяжения чаще всего бывают в \_\_\_\_\_ суставах

- **голеностопном и лучезапястном**
- локтевом и коленном
- тазобедренном и плечевом
- плечевом и локтевом

## Блок 2

9) При загорании телевизора первоначальные действия (2 варианта ответа)

- проветривание помещения
- **тушение очага пожара первичными средствами пожаротушения**
- **обесточивание всей электрической сети дома**
- выдергивание вилки шнура электропитания из сетевой розетки

10) Гетеротрофные организмы, вызывающие у людей различные виды микозов, называются \_\_\_\_\_ (напишите слово)

Ответ: **ГРИБАМИ**

11) Приспособление для сдавления мягких тканей конечности с целью временной остановки кровотечения или временного отключения конечности от общего кровотока называется кровоостанавливающим \_\_\_\_\_ (напишите слово)

Ответ: **ЖГУТОМ**

12) К множественным травмам относится (2 варианта):

**повреждения печени и кишечника**

- перелом ключицы и повреждение легких
- перелом и ожог руки
- **перелом бедра и предплечья**

13) Обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров называется пожарной \_\_\_\_\_ (вставьте пропущенное слово)

Ответ: **БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

14) Подъем уровня грунтовых вод, вызванный повышением уровня горизонта воды в реках при сооружении водохранилищ и плотин, заполнение русла рек, потерями воды из водопроводной, канализационной сетей и т.д. называется \_\_\_\_\_ (напишите слово)

Ответ: **ПОДТОПЛЕНИЕМ**

### Блок 3

#### Задача кейса 1.

##### Задание:

Укажите последовательность первой медицинской помощи при переохлаждении организма:

- согреть в ванне с теплой водой 4
- дать горячее питье 3
- поместить пострадавшего в теплое помещение 1
- растереть тело водкой 2

#### Задача кейса 2.

##### Задание:

Установите соответствие между характеристиками:

1. кратковременные атмосферные осадки в виде дождя (иногда мокрого снега), отличающиеся большой интенсивностью до 100 мм/час, выпадающие из кучево-дождевых облаков.
  2. жидкие атмосферные осадки в виде мелких капель диаметром не более 0,5 мм, очень медленно выпадающих из слоистых или слоисто-кучевых облаков или тумана
  3. атмосферные осадки, выпадающие при отрицательной температуре в виде твердых прозрачных шариков льда диаметром 1-3 мм
    - а. ливень
    - б. ледяная крупа
    - в. ледяной дождь
    - г. морось
- 1а2г3в**

#### Задача кейса 3.

##### Задание:

Укажите последовательность действий при паническом страхе

- попытаться расслабиться с помощью медленного дыхания 2
- осознать, что это всего лишь панический приступ, не опасный для жизни 1
- постараться не сосредотачиваться на возникших телесных ощущениях 3
- оставаться в том же месте и не пытаться «убежать» 4

#### Задача кейса 4

##### Задание:

установите соответствие между характеристиками и видами туманов

1. туманы, образующиеся в однородных воздушных массах
2. туманы, образующиеся на границах атмосферных фронтов

3. туманы, образующиеся за счет дыма лесных пожаров, выбросов промышленных предприятий
- городские
  - фронтальные
  - сухие
  - внутримассовые
- 1г2б3в**

### Задача кейса 5

#### Задание:

Установите соответствие между указанными группами инфекционных заболеваний и названиями заболеваний, относящихся к этим группам:

- антропонозы
- зоонозы
  - холера
  - дизентерия
  - ящур
  - базальный бактериоз
  - туляремия
  - сибирская язва
  - корь

**Ответ: 1bag; 2fec**

### Задача кейса 6

#### Задание:

Установите последовательность действий в процессе оказания первой медицинской помощи при возникновении симптомов дизентерии

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| - вызвать скорую помощь       | 4 |
| - изолировать больного        | 1 |
| - дать обильное питье         | 3 |
| - обеспечить постельный режим | 2 |

### Задача кейса 7

#### Задание:

Укажите последовательность действий человека, попавшего в зону лесного пожара:

- |                                                                    |   |
|--------------------------------------------------------------------|---|
| - выходить из леса в направлении перпендикулярном направлению огня | 4 |
| - пригнуться к земле                                               | 1 |
| - накрыть рот и нос мокрой тканью                                  | 2 |
| - определить направление ветра и распространения огня              | 3 |

### Задача кейса 8

**Задание:**

Установите соответствие между характеристиками лесных пожаров и их типами:

1. лесной пожар при котором сгорает живой напочвенный покров, лесная подстилка, мертвый опад, а также хвойный подрост и подлесок. Скорость движения пожара по ветру 0,25-5 км/ч. Температура горения 700 С иногда выше.
2. лесной пожар, охватывающий напочвенный покров, лесную подстилку и полог древостоя. Скорость распространения 5-70 км/ч. Температура горения от 900 С до 1200С.
3. Лесной пожар при котором прогорает торф или подстилка до минерального горизонта почвы или до влажных слоев. Скорость распространения до 1 км в сутки
  - a. Верховой
  - b. Низовой
  - c. Почвенный
  - d. Крупный

**Ответ: 1a, 2b, 3c**

## **РАСЧЕТ ЗОН ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ**

*Методические указания для лабораторных и практических работ  
по курсу*

*«Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и  
охрана труда», «Техносферная безопасность»  
для студентов всех направлений и специальностей*

Составитель: Шипулина Ю.В., к.т.н., доцент; Руденко М.Ф., д.т.н., профессор; Третьяк Л.П., к.б.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Рецензент: Саинова В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Методические указания для лабораторных и практических работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность» (для студентов технических специальностей и направлений) / Ю.В. Шипулина, М.Ф. Руденко, Л.П. Третьяк; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: АГТУ

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

**Цель работы:** изучение методов расчета зон химического заражения.

**Задачи работы:**

1. Изучение химически опасных объектов.
2. Расчет зон химического заражения.

### **Химически опасные объекты экономики**

В современной жизни человека используется большое количество различных химических веществ. Химические вещества используются на предприятиях химической, нефтехимической и других родственных видов промышленности. Для производства пенопластов, полиуретана, поролона, необходимых в автомобиле- и самолетостроении применяется фосген. Синильная кислота используется при производстве искусственных мехов, оргстекла. Оба эти соединения применялись в первой мировой войне как отравляющие вещества. Весьма ядовиты также сероводород, аммиак, хлор, водород, фтористый водород, формальдегид и многие другие вещества, которые в огромных количествах используются в химическом синтезе и технологических процессах. На складах химических, нефтехимических и других комбинатов хранятся сотни тонн потенциально токсических продуктов. Кроме того, большое их количество транспортируется в железнодорожных цистернах, по магистральным трубопроводам. И, несмотря на принимаемые меры безопасности, аварийные ситуации, сопровождаемые разливом или выбросом в атмосферу ядовитых паров, нередки.

#### ***К химически опасным объектам относятся:***

- предприятия химической, нефтеперерабатывающей промышленности;
- предприятия пищевой, мясо-молочной промышленности, хладокомбинаты, продовольственные базы, имеющие холодильные установки, в которых в качестве хладагента используется аммиак;

- водоочистные и другие очистные сооружения, использующие в качестве дезинфицирующего вещества хлор;
- железнодорожные станции, имеющие пути отстоя подвижного состава со СДЯВ;
- железнодорожные станции выгрузки и погрузки СДЯВ (сильнодействующие ядовитые вещества);
- склады и базы с запасом ядохимикатов и др. веществ для дезинфекции, дезинсекции и дератизации. Попадание АХОВ в окружающую среду может произойти при производственных и транспортных авариях, при стихийных бедствиях. Причинами аварий на производстве, использующем химические вещества, чаще всего бывают нарушение правил транспортировки и хранения, несоблюдение правил техники безопасности, выход из строя агрегатов, механизмов, трубопроводов, неисправность средств транспортировки, разгерметизация емкостей хранения, превышение нормативных запасов. **В результате аварии или катастроф на ХОО (химически-опасных объектах) возникает очаг химического заражения (ОХЗ).** В очаге химического заражения или зоне химического заражения (ЗХЗ) может оказаться само предприятие и прилегающая к нему территория. В соответствии с этим **выделяют 4 степени опасности химических объектов:**

- I степень — в зону возможного заражения попадают более 75000 чел;
- II степень — в зону возможного химического заражения попадают 40000—75000 чел;
- III степень — менее 40000 чел;
- IV степень — зона возможного химического заражения не выходит за границы объекта.

Последствия аварий на АОХО определяются как степенью опасности ХО, так и токсичностью и опасностью самих химических веществ. **По показателям токсичности и опасности химические вещества делят на 4 класса:**

- 1-й — чрезвычайно опасные;
- 2-й — высокоопасные
- 3-й умеренноопасные
- 4-й — малоопасные

По характеру воздействия на организм АОВХ делятся на следующие группы:

I. Вещества удушающего действия:

- 1) с выраженным прижигающим эффектом (хлор и др.);
- 2) со слабым прижигающим действием (фосген и др.).

II. Вещества общедовитого действия (синильная кислота, цианиды, угарный газ и др.).

III. Вещества удушающего и общедовитого действия:

- 1) с выраженным прижигающим действием (акрилонитрил, азотная кислота, соединения фтора и др.);
- 2) со слабым прижигающим действием (сероводород, сернистый ангидрид, оксиды азота и др.).

IV. Нейротропные яды (фосфорорганические соединения, сероуглерод, тетраэтилсвинец и др.).

V. Вещества нейротропного и удушающего действия (аммиак, гидразин и др.).

VI. Метаболические яды (дихлорэтан, оксид этилена и др.).

VII. Вещества, извращающие обмен веществ (диоксин, бензофураны и др.)-

Кроме того, все АОВХ делятся на **быстродействующие и медленнодействующие**. При поражении быстродействующими картина отравления развивается быстро, а при поражении медленнодействующими до проявления картины отравления проходит несколько часов т.н. латентный или скрытый период.

Возможность более или менее продолжительного заражения местности зависит от **стойкости** химического вещества. Стойкость и способность заражать поверхности зависит от температуры кипения вещества. К **нестойким** относятся АОВХВ с температурой кипения ниже  $130^{\circ}$ , а к **стойким** — вещества с температурой кипения выше  $130^{\circ}\text{C}$ . Нестойкие АОВХВ заражают местность на минуты или десятки минут. Стойкие сохраняют свойства, а следовательно и поражающее действие, от нескольких часов до нескольких месяцев.

С позиций продолжительности поражающего действия и времени наступления поражающего эффекта АОВХВ условно делятся на 4 группы:

- нестойкие с быстронаступающим действием (синильная кислота, аммиак, оксид углерода);
  - нестойкие замедленного действия (фосген, азотная кислота);
- стойкие с быстронаступающим действием (фосфорорганические соединения, анилин);
  - стойкие замедленного действия (серная кислота, тетраэтилсвинец, диоксин).

### **Термины и определения**

АХОВ (аварийное химическое опасное вещество) — это химическое вещество, применяемое в народном хозяйстве, которое при выливе или выбросе может приводить к загрязнению воздуха на уровне поражающих концентраций.

Зона заражения АХОВ — территория, на которой концентрация АХОВ достигает значений, опасных для жизни людей.

Расчет зоны химического заражения состоит из двух частей: 1 — прогнозирование, т.е. определение глубины и площади химического заражения, 2 — оценка обстановки, т.е. определение времени подхода облака к объекту и продолжительности его воздействия.

Под аварией понимается нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей, хранилищ, транспортных средств, приводящее к выбросу АХОВ в атмосферу в количествах, которые могут вызвать массовое поражение людей и животных.

Под разрушением химически опасного объекта следует понимать результат катастроф и стихийных бедствий, приведших к полной разгерметизации всех емкостей и нарушению технологических коммуникаций.

Химически опасный объект народного хозяйства – объект, при аварии или разрушении которого, могут произойти массовые поражения людей, животных и растений сильнодействующими ядовитыми веществами.

Первичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1-3 мин) перехода в атмосферу части АХОВ из емкости при ее разрушении.

Вторичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Пороговая токсодоза – ингаляционная токсодоза, вызывающая начальные симптомы поражения.

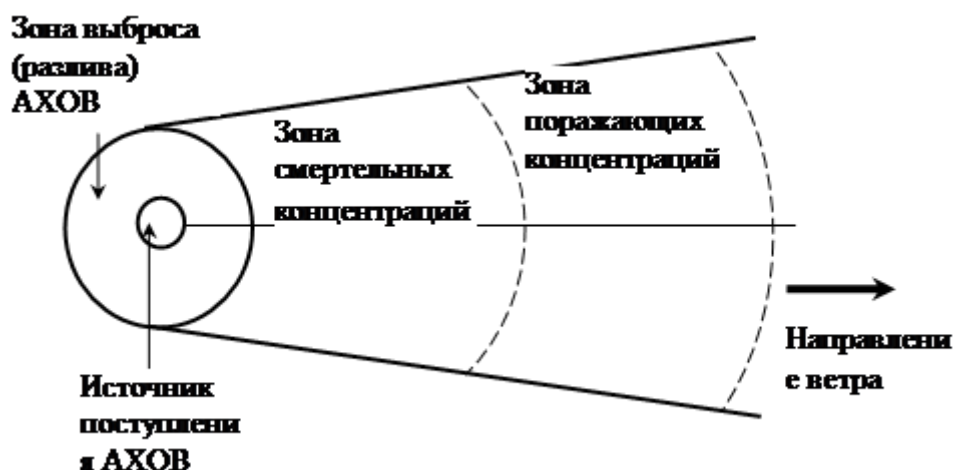


Рис. 1 – Составляющие зоны химического заражения

В зоне химического заражения могут быть выделены составляющие ее зоны (рис.1) — зона смертельных токсодоз (зона чрезвычайно опасного заражения), зона поражающих токсодоз (зона опасного заражения) и зона дискомфорта (пороговая зона, зона заражения).

На внешней границе зоны смертельных токсодоз 50% людей получают смертельную токсодозу. На внешней границе поражающих токсодоз 50% людей получают поражающую токсодозу. На внешней границе дискомфортной зоны люди испытывают дискомфорт, начинается обострение хронических заболеваний или появляются первые признаки интоксикации.

В очаге химического заражения происходят массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений.

При авариях на химически опасных объектах может действовать комплекс поражающих факторов: непосредственно на объекте аварии — токсическое воздействие АХОВ, ударная волна при наличии взрыва, тепловое воздействие и воздействие продуктами сгорания при пожаре; вне объекта аварии — в районах распространения зараженного воздуха только токсическое воздействие как результат химического заражения окружающей среды. Основным поражающим фактором является токсическое воздействие АХОВ.

Под эквивалентным количеством АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы количеством АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Площадь зоны фактического заражения АХОВ – площадь территории, зараженной АХОВ в опасных для жизни пределах.

Площадь зоны возможного заражения АХОВ – площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра может перемещаться облако АХОВ.

На снижение концентрации АХОВ значительное влияние оказывает степень вертикальной устойчивости атмосферы (СВУА). Существует три степени устойчивости приземного слоя воздуха:

1. Инверсия – это такое состояние приземного слоя воздуха, при котором температура поверхности почвы меньше температуры воздуха на высоте 2 м от поверхности земли (когда нижние слои воздуха холоднее верхних слоев). Она препятствует рассеиванию воздуха по высоте и создает наиболее благоприятные условия для сохранения высоких концентраций АХОВ.
2. Изотермия – такое состояние приземного слоя воздуха, при котором температура поверхности почвы ориентировочно равна температуре воздуха на высоте 2 м от поверхности земли. Она характеризуется тем, что температура воздуха в пределах 20-30 м от земной поверхности почти одинакова. Изотермия так же, как инверсия, способствует длительному застою АХОВ на местности, в лесу, в жилых кварталах городов и населенных пунктов.
3. Конвекция – такое состояние приземного слоя воздуха, при котором температура поверхности почвы больше температуры воздуха на высоте 2 м от поверхности земли. При конвекции нижний слой воздуха нагрет сильнее верхнего слоя, и перемещение слоев воздуха происходит по вертикали с одних высот на другие. Воздух более теплый перемещается вверх, а более холодный и более плотный – вниз. Конвекция вызывает сильное рассеивание облака зараженного воздуха, и концентрация АХОВ в воздухе быстро снижается.

### Методические рекомендации для решения задач

1. Определить расстояние от места аварии до объекта, на котором оценивается химическая обстановка ( $L$ , м), табл. 9.

2. Определить степень вертикальной устойчивости атмосферы (СВУА), табл. 9.

3. Определить коэффициент, оценивающий условия хранения АХОВ ( $K_1$ ). Его можно рассчитать по формуле

$$K_1 = \frac{c_p \cdot \Delta T}{\Delta H_{исп}}$$

где  $c_p$  – удельная теплоемкость жидкого АХОВ, кДж/кг град;

$\Delta T$  – разность температур испарения до и после разрушения резервуара с жидкостью, °С;

$\Delta H_{исп}$  – удельная теплота испарения АХОВ, кДж/кг.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

4. Определить коэффициент, оценивающий физико-химические свойства сильнодействующих ядовитых веществ ( $K_2$ ):

$$K_2 = 8,1 \cdot 10^{-6} \cdot P \cdot \sqrt{M_v},$$

где  $P$  – давление насыщенного пара, мм рт.ст.;

$M_v$  – молекулярный вес вещества.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

5. Определить коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ ( $K_3$ ).

Таблица 1 – Значения поправочных коэффициентов  $K_1$ - $K_3$ ,  $K_7$  для некоторых веществ

| Наименование вещества            | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_7$           |                 |        |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|--------|
|                                  |       |       |       | -20 °С          | 0 °С            | +20 °С |
| Аммиак (под давлением)           | 0,18  | 0,025 | 0,04  | $\frac{0,3}{1}$ | $\frac{0,6}{1}$ | 1      |
| Аммиак (изотермическое хранение) | 0,01  | 0,025 | 0,04  | 1               | 1               | 1      |

| Наименование вещества | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_7$                    |                          |        |
|-----------------------|-------|-------|-------|--------------------------|--------------------------|--------|
|                       |       |       |       | -20 °C                   | 0 °C                     | +20 °C |
| Синильная кислота     | 0     | 0,026 | 3,0   | 0                        | 0,4                      | 1      |
| Окислы азота          | 0     | 0,04  | 0,4   | 0                        | 0,4                      | 1      |
| Сернистый ангидрид    | 0,11  | 0,049 | 0,33  | $\frac{\text{нет}}{0,5}$ | $\frac{0,2}{1}$          | 1      |
| Сероводород           | 0,27  | 0,042 | 0,36  | $\frac{0,5}{1}$          | $\frac{0,8}{1}$          | 1      |
| Сероуглерод           | 0     | 0,021 | 0,013 | 0,2                      | 0,4                      | 1      |
| Фосген                | 0,05  | 0,061 | 1     | $\frac{\text{нет}}{0,3}$ | $\frac{\text{нет}}{0,7}$ | 1      |
| Хлор                  | 0,18  | 0,052 | 1     | $\frac{0,3}{1}$          | $\frac{0,6}{1}$          | 1      |
| Хлорпирин             | 0     | 0,002 | 30    | 0,1                      | 0,3                      | 1      |

Числитель – первичное облако, знаменатель – вторичное облако.

6. Определить коэффициент, учитывающий скорость ветра ( $K_4$ ).

Данный коэффициент представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Значение поправочного коэффициента  $K_4$  в зависимости от скорости ветра

| Скорость ветра<br>$V_B$ , м/с | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 15   |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_4$                         | 1,00 | 1,30 | 1,67 | 2,00 | 2,34 | 2,67 | 3,00 | 3,34 | 3,67 | 4,00 | 5,68 |

7. Определить коэффициент СВУА для первичного облака ( $K_5$ ):

- для инверсии – 1,0;
- для изотермии – 0,23;
- для конвекции – 0,08.

8. Определить коэффициент, учитывающий время, прошедшее с момента начала аварии ( $K_6$ ).

Таблица 3 – Значение поправочного коэффициента  $K_6$  в зависимости от времени прошедшего с момента аварии

| Na, ч | 1    | 2    | 3    | 4    | Более 4-х  |
|-------|------|------|------|------|------------|
| $K_6$ | 1,00 | 1,74 | 2,41 | 3,13 | $Na^{0,8}$ |

9. Определить коэффициент, учитывающий температуру воздуха ( $K_7$ ) при 0 °C (для сжатых газов  $K_7 = 1$ ).

Таблица 4 – Значение поправочного коэффициента  $K_7$ 

| Химическое вещество | Значение коэффициента $K_7$ |                   |        |
|---------------------|-----------------------------|-------------------|--------|
|                     | -20 °C                      | 0 °C              | +20 °C |
| Аммиак              | $\frac{0,3}{1}$             | $\frac{0,6}{1}$   | 1      |
| Синильная кислота   | 0,2                         | 0,4               | 1      |
| Окислы азота        | 0,2                         | 0,4               | 1      |
| Сернистый ангидрид  | $\frac{0,1}{0,5}$           | $\frac{0,2}{1}$   | 1      |
| Фосген              | $\frac{0,05}{0,3}$          | $\frac{0,1}{0,7}$ | 1      |
| Хлор                | $\frac{0,3}{1}$             | $\frac{0,6}{1}$   | 1      |

Числитель – первичное, знаменатель – вторичное облако.

10. Определить коэффициент СВУА для вторичного облака ( $K_8$ ).

Данный коэффициент ( $K_8$ ), зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным: 0,081 при инверсии; 0,133 при изотермии; 0,235 при конвекции.

11. Определить количество выброшенного АХОВ ( $Q_0$ , табл. 9):

- для резервуара со сжатым газом или жидким веществом:

$$Q_0 = d \cdot V (т),$$

- для газопроводов:

$$Q_0 = \frac{n \cdot d \cdot V}{100}$$

где  $n$  – процентное содержание АХОВ, %;

$d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup>: аммиак  $d = 0,372$  т/м<sup>3</sup>;

окислы азота  $d = 0,647$  т/м<sup>3</sup>;

сернистый ангидрид  $d = 1,414$  т/м<sup>3</sup>;

синильная кислота  $d = 0,332$  т/м<sup>3</sup>;

хлор  $d = 1,553$  т/м<sup>3</sup>;

фосген  $d = 0,665$  т/м<sup>3</sup>.

$V$  – объем хранилища, секции, м<sup>3</sup>.

12. Определить количество АХОВ в первичном облаке, (т):

$$Q_{\text{э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0$$

13. Определить количество АХОВ во вторичном облаке, (т):

$$Q_{\text{э2}} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}$$

где  $h$  – толщина слоя жидкости (при разливе из резервуара принимается равной 0,05 м или  $h = H - 0,2$ , где  $H$  – высота поддона или обваловки).

14. Определить наибольшие ( $\Gamma'$ ) и наименьшие ( $\Gamma''$ ) размеры первичного и вторичного облака в зависимости от скорости переноса облака заражающих веществ и количества АХОВ в облаке.

Таблица 5 – Глубина зон возможного заражения первичным ( $\Gamma_1$ ) или вторичным ( $\Gamma_2$ ) облаком АХОВ (км)

| Скорость ветра, м/с | Эквивалентное количество АХОВ, т |      |      |      |      |      |       |       |       |
|---------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|                     | 0,01                             | 0,05 | 0,1  | 0,5  | 1    | 3    | 5     | 10    | 20    |
| 1 и менее           | 0,38                             | 0,85 | 1,25 | 3,16 | 4,75 | 9,18 | 12,53 | 19,20 | 29,56 |
| 2                   | 0,26                             | 0,59 | 0,84 | 1,92 | 2,84 | 5,35 | 7,20  | 10,83 | 16,44 |
| 3                   | 0,22                             | 0,48 | 0,68 | 1,53 | 2,17 | 3,99 | 5,34  | 7,96  | 11,94 |
| 4                   | 0,19                             | 0,42 | 0,59 | 1,33 | 1,88 | 3,28 | 4,36  | 6,46  | 9,62  |
| 5                   | 0,17                             | 0,38 | 0,53 | 1,19 | 1,68 | 2,91 | 3,75  | 5,53  | 8,19  |
| 6                   | 0,15                             | 0,34 | 0,48 | 1,09 | 1,53 | 2,66 | 3,43  | 4,88  | 7,20  |
| 7                   | 0,14                             | 0,32 | 0,45 | 1,00 | 1,42 | 2,46 | 3,17  | 4,49  | 6,48  |
| 8                   | 0,13                             | 0,30 | 0,42 | 0,94 | 1,33 | 2,30 | 2,97  | 4,20  | 5,92  |
| 9                   | 0,12                             | 0,28 | 0,40 | 0,88 | 1,25 | 2,17 | 2,80  | 3,96  | 5,60  |
| 10                  | 0,12                             | 0,26 | 0,38 | 0,84 | 1,19 | 2,06 | 2,66  | 3,76  | 5,31  |
| 11                  | 0,11                             | 0,25 | 0,36 | 0,80 | 1,13 | 1,96 | 2,53  | 3,58  | 5,06  |
| 12                  | 0,11                             | 0,24 | 0,34 | 0,76 | 1,08 | 1,88 | 2,42  | 3,43  | 4,85  |
| 13                  | 0,10                             | 0,23 | 0,33 | 0,74 | 1,04 | 1,80 | 2,37  | 3,29  | 4,66  |
| 14                  | 0,10                             | 0,22 | 0,32 | 0,71 | 1,00 | 1,74 | 2,24  | 3,17  | 4,49  |
| 15 и более          | 0,10                             | 0,22 | 0,31 | 0,69 | 0,97 | 1,68 | 2,17  | 3,07  | 4,34  |

| Скорость ветра, м/с | Эквивалентное количество АХОВ, т |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 30                               | 50    | 70    | 100   | 300   | 500   | 700   | 1000  | 2000  |
| 1 и менее           | 38,13                            | 52,67 | 65,23 | 81,91 | 166   | 231   | 288   | 363   | 572   |
| 2                   | 21,02                            | 28,73 | 35,35 | 44,09 | 87,79 | 121   | 150   | 189   | 295   |
| 3                   | 15,18                            | 20,59 | 25,21 | 31,30 | 61,47 | 84,50 | 104   | 130   | 202   |
| 4                   | 12,18                            | 16,43 | 20,05 | 24,80 | 48,18 | 65,92 | 81,17 | 101   | 157   |
| 5                   | 10,33                            | 13,88 | 16,89 | 20,82 | 40,11 | 54,67 | 67,15 | 83,60 | 129   |
| 6                   | 9,06                             | 12,14 | 14,79 | 18,13 | 34,67 | 47,09 | 56,72 | 71,70 | 110   |
| 7                   | 8,14                             | 10,87 | 13,17 | 16,17 | 30,73 | 41,63 | 50,93 | 63,16 | 96,30 |
| 8                   | 7,42                             | 9,90  | 11,98 | 14,68 | 27,75 | 37,49 | 45,79 | 56,70 | 86,20 |
| 9                   | 6,86                             | 9,12  | 11,03 | 13,50 | 25,39 | 34,24 | 41,76 | 51,60 | 78,30 |

| Скорость<br>ветра, м/с | Эквивалентное количество АХОВ, т |      |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                        | 0,01                             | 0,05 | 0,1   | 0,5   | 1     | 3     | 5     | 10    | 20    |
| 10                     | 6,50                             | 8,50 | 10,23 | 12,54 | 23,49 | 31,61 | 38,50 | 47,53 | 71,90 |
| 11                     | 6,20                             | 8,01 | 9,61  | 11,74 | 21,91 | 29,44 | 35,81 | 44,15 | 66,62 |
| 12                     | 5,94                             | 7,67 | 9,07  | 11,06 | 20,58 | 27,61 | 35,55 | 41,30 | 62,20 |
| 13                     | 5,70                             | 7,37 | 8,72  | 10,48 | 19,45 | 26,04 | 31,62 | 38,90 | 58,44 |
| 14                     | 5,50                             | 7,10 | 8,40  | 10,04 | 18,46 | 24,69 | 29,95 | 36,81 | 55,20 |
| 15 и более             | 5,31                             | 6,86 | 8,11  | 9,70  | 17,60 | 23,50 | 28,48 | 34,98 | 52,37 |

15. Определить полную глубину  $\Gamma$  (км) заражения первичным или вторичным облаком:

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5 \Gamma''$$

где  $\Gamma'$  – наибольший,  $\Gamma''$  – наименьший из размеров  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

Полученное значение сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс  $\Gamma_{\text{п}}$ .

16. Определить предельно-допустимое значение глубины переноса облака зараженного воздуха

$$\Gamma_{\text{п}} = Na \cdot V_{\text{п}},$$

где  $Na$  – время от начала аварии, ч;

$V_{\text{п}}$  – скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч.

Таблица 6 – Скорость переноса облака химических веществ в зависимости от скорости ветра, км/ч

| $V_{\text{в}}, \text{ м/с}$  | 1         | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| $V_{\text{п}}, \text{ км/ч}$ | инверсия  |    |    |    |    |    |    |    |
|                              | 5         | 10 | 16 | 21 | -  | -  | -  | -  |
|                              | изотермия |    |    |    |    |    |    |    |
|                              | 6         | 12 | 18 | 24 | 29 | 35 | 41 | 47 |
|                              | конвекция |    |    |    |    |    |    |    |
|                              | 7         | 14 | 21 | 28 | -  | -  | -  | -  |

17. За окончательную глубину  $\Gamma_{\text{тах}}$  (км) берется большее из значений  $\Gamma$  и  $\Gamma_{\text{п}}$ .

18. Определить площадь возможного заражения первичным (вторичным) облаком ( $S_{\text{в}}$ ):

$$S_{\text{в}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma_{\text{max}}^2 \cdot \varphi$$

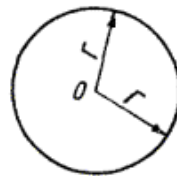
где  $S_{\text{в}}$  – площадь зоны возможного заражения СДЯВ, км<sup>2</sup>;

$\Gamma_{\text{max}}$  – глубина зоны заражения, км;

$\varphi$  – угловые размеры зоны возможного заражения, град.

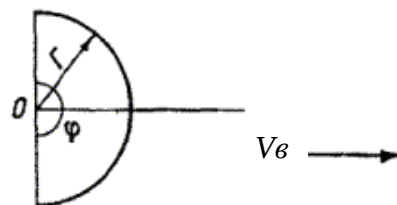
На топографических картах и схемах зона возможного заражения имеет вид окружности, полуокружности или сектора:

а) При скорости ветра  $V_{\text{в}}$  по прогнозу меньше 0,5 м/с зона заражения имеет вид окружности



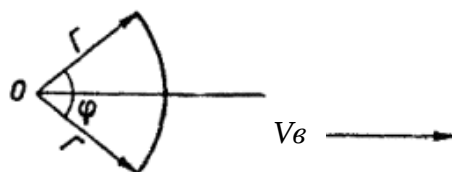
Точка «0» соответствует источнику заражения; угол  $\varphi = 360^\circ$ ; радиус окружности равен  $\Gamma$ .

б) При скорости ветра  $V_{\text{в}}$  по прогнозу 0,6-1 м/с зона заражения имеет вид полуокружности



Точка «0» соответствует источнику заражения; угол  $\varphi = 180^\circ$ ; радиус полуокружности равен  $\Gamma$ ; биссектриса угла совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.

в) При скорости ветра  $V_{\text{в}}$  по прогнозу больше 1 м/с зона заражения имеет вид сектора



Точка «0» соответствует источнику заражения; при  $V_{\text{в}} = 1,1-2$  м/с,  $\varphi = 90^\circ$ ; при  $V_{\text{в}} > 2$  м/с,  $\varphi = 45^\circ$ ; радиус сектора равен  $\Gamma$ ; биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.

19. Определить площадь фактического заражения первичным (вторичным) облаком:

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma_{\text{max}}^2 \cdot Na^{0,2}$$

где  $K_8$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным: 0,081 при инверсии; 0,133 при изотермии; 0,235 при конвекции;

$Na$  – время, прошедшее после начала аварии, ч.

20. Определить время подхода зараженного воздуха к объекту, ч:

$$t_{\text{подх}} = \frac{L}{V_{\Pi}}$$

Здесь расстояние от источника заражения до заданного объекта  $L$  измеряется в км.

21. Определить время поражающего действия АХОВ, ч:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}$$

22. Определить число погибших при выбросе облака АХОВ:

$$N_{\text{пог}} = N_{\text{см}} \cdot Q_0$$

где  $N_{\text{см}}$  – средняя удельная смертность людей при воздействии АХОВ, чел/т;

$Q_0$  – количество выброшенного АХОВ, т.

Таблица 7 – Средняя удельная смертность людей для некоторых АХОВ ( $N_{\text{см}}$ )

| № | Наименование вещества    | $N_{\text{см}}$ , чел/т |
|---|--------------------------|-------------------------|
| 1 | Хлор, фосген, хлорпикрин | 0,5                     |
| 2 | Сероводород              | 0,2                     |

|   |                                   |      |
|---|-----------------------------------|------|
| 3 | Сернистый ангидрид                | 0,12 |
| 4 | Аммиак, окислы азота              | 0,05 |
| 5 | Сероуглерод                       | 0,02 |
| 6 | Метилизоцианат, синильная кислота | 12,5 |

При обеспечении людей противогазами можно значительно снизить смертность от поражения АХОВ (таблица 8). Для определения возможных потерь людей (в %) при попадании объекта в зону химического заражения необходимо знать обеспеченность их средствами индивидуальной защиты (противогазами) и условия их защиты.

Таблица 8 – Возможные потери людей в очаге заражения, %

| Условия защиты     | Обеспеченность противогазами, % |    |    |    |    |    |      |
|--------------------|---------------------------------|----|----|----|----|----|------|
|                    | 0                               | 20 | 40 | 50 | 70 | 90 | 100  |
| Открытая местность | 90-100                          | 75 | 50 | 50 | 35 | 18 | 5-10 |
| Укрытия, здания    | 50                              | 40 | 30 | 27 | 18 | 9  | 4    |

Структура потерь: легкая степень – 25 %; средняя степень – 40 %; смертельное поражение – 35 %.

23. Определить (и записать) наиболее целесообразные действия по защите людей.

### Задание

Пользуясь методическими рекомендациями для решения задач, представленными в п. 3, сделать расчет по варианту, выданному преподавателем (таблица 9).

Расчет по работе «РАСЧЕТ ЗОН ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ» состоит в определении:

- количества АХОВ в первичном облаке;
- количества АХОВ во вторичном облаке;
- полной глубины заражения первичным или вторичным облаком;
- окончательной глубины заражения первичным или вторичным облаком;
- площади возможного заражения;
- площади фактического заражения;
- времени подхода зараженного воздуха к объекту;
- времени поражающего действия АХОВ;
- числа погибших человек при выбросе облака АХОВ;
- числа погибших (в %), при определенной обеспеченности их средствами индивидуальной защиты (противогазами);

Так же необходимо предложить действия по защите людей.

Таблица 9 – Исходные данные для расчета зон химического заражения

| Вариант | Место аварии         | Наименование химического вещества | Количество химического вещества, $Q_0$ , кг | Расстояние до объекта, L, м | Степень вертикальной устойчивости атмосферы (СВУА) | Скорость ветра, $V_v$ , м/с | Время, прошедшее после аварии, $N_a$ , ч | Обеспеченность противогАЗами, п, % |
|---------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| 1       | 2                    | 3                                 | 4                                           | 5                           | 6                                                  | 7                           | 8                                        | 9                                  |
| 1       | Водоочистная станция | хлор                              | 2000                                        | 1000                        | изотермия                                          | 3                           | 1                                        | 70                                 |
| 2       | Водоочистная станция | хлор                              | 3000                                        | 1500                        | изотермия                                          | 7                           | 1                                        | 100                                |
| 3       | Водоочистная станция | хлор                              | 4000                                        | 2000                        | инверсия                                           | 4                           | 2                                        | 90                                 |
| 4       | Водоочистная станция | хлор                              | 1000                                        | 1200                        | конвекция                                          | 1,5                         | 3                                        | 50                                 |
| 5       | Хладокомбинат        | аммиак                            | 30000                                       | 1500                        | изотермия                                          | 4                           | 2                                        | 90                                 |
| 6       | Хладокомбинат        | аммиак                            | 10000                                       | 1000                        | инверсия                                           | 3                           | 1                                        | 70                                 |
| 7       | Хладокомбинат        | аммиак                            | 50000                                       | 2000                        | изотермия                                          | 3                           | 5                                        | 90                                 |
| 8       | Хладокомбинат        | аммиак                            | 20000                                       | 1200                        | изотермия                                          | 6                           | 1                                        | 50                                 |
| 9       | Хладокомбинат        | аммиак                            | 40000                                       | 900                         | инверсия                                           | 2                           | 3                                        | 70                                 |
| 10      | Склад                | синильная кислота                 | 800                                         | 2000                        | изотермия                                          | 8                           | 1                                        | 70                                 |
| 11      | Склад                | синильная кислота                 | 500                                         | 1000                        | изотермия                                          | 7                           | 2                                        | 90                                 |
| 12      | Склад                | сернистый ангидрид                | 1000                                        | 5000                        | изотермия                                          | 5                           | 3                                        | 50                                 |
| 13      | Склад                | окислы азота                      | 500                                         | 1000                        | изотермия                                          | 4                           | 1                                        | 40                                 |
| 14      | Склад                | фосген                            | 500                                         | 1000                        | изотермия                                          | 3                           | 2                                        | 90                                 |
| 15      | Водоочистная станция | хлор                              | 1000                                        | 500                         | изотермия                                          | 1,8                         | 1                                        | 40                                 |
| 16      | Водоочистная станция | хлор                              | 2000                                        | 800                         | конвекция                                          | 3                           | 2                                        | 50                                 |
| 17      | Водоочистная станция | хлор                              | 3000                                        | 1300                        | инверсия                                           | 4                           | 3                                        | 70                                 |
| 18      | Водоочистная станция | хлор                              | 4000                                        | 1500                        | инверсия                                           | 4                           | 4                                        | 90                                 |
| 19      | Хладокомбинат        | аммиак                            | 25000                                       | 1500                        | изотермия                                          | 2                           | 1                                        | 50                                 |

| Вариант | Место аварии  | Наименование химического вещества | Количество химического вещества, $Q_0$ , кг | Расстояние до объекта, L, м | Степень вертикальной устойчивости атмосферы (СВУА) | Скорость ветра, $V_v$ , м/с | Время, прошедшее после аварии, $N_a$ , ч | Обеспеченность противогАЗами, п, % |
|---------|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| 1       | 2             | 3                                 | 4                                           | 5                           | 6                                                  | 7                           | 8                                        | 9                                  |
| 20      | Хладокомбинат | аммиак                            | 15000                                       | 2000                        | инверсия                                           | 3                           | 2                                        | 70                                 |
| 21      | Хладокомбинат | аммиак                            | 35000                                       | 2500                        | конвекция                                          | 1,5                         | 3                                        | 90                                 |
| 22      | Склад         | окислы азота                      | 700                                         | 500                         | инверсия                                           | 3                           | 1                                        | 40                                 |
| 23      | Склад         | сернистый ангидрид                | 1200                                        | 3000                        | изотермия                                          | 5                           | 3                                        | 50                                 |
| 24      | Склад         | сернистый ангидрид                | 900                                         | 4000                        | инверсия                                           | 3                           | 1                                        | 70                                 |
| 25      | Склад         | фосген                            | 450                                         | 2000                        | изотермия                                          | 6                           | 2                                        | 90                                 |

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие объекты относятся к химически опасным объектам экономики?
2. Что такое зона химического заражения?
3. Назовите степени опасности химических объектов
4. По показателям токсичности и опасности химические вещества делят на какие классы?
5. По характеру воздействия на организм АОВХ делятся на какие группы?
6. Что такое стойкость химического вещества?
7. Что такое АОВХ? Как они делятся?
8. Что такое токсодоза? Какие токсодозы бывают?
9. Что такое СВУА? Виды. Характеристики.
10. Какие действия применяют по защите людей от поражения АОВХ?

### Библиографический список

1. Яковлев, С.Ю. Основы оценки устойчивости химически опасных объектов (на примере хлорного хозяйства) / С.Ю. Яковлев, Н.В. Исакевич // Управление безопасностью природно-промышленных систем. - Апатиты: КНЦ РАН, 2003. - Вып. IV. - С.21-28.
2. Рыженко, А.А. Оценка риска для химически опасного объекта / А.А. Рыженко, С.Ю. Яковлев, Н.В. Исакевич // Управление безопасностью природно-промышленных систем: сб. науч. тр. - Апатиты: КНЦ РАН, 2008.- Вып. VII. - С.100-104
3. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «Токси», вторая редакция) // Согласовано Госгортехнадзором России 19.11.1998 г. № 02-35/1551. - 83 с.

# **ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ**

**(оценка радиационной обстановки при авариях, катастрофах на радиационно-опасных объектах и при ядерном взрыве)**

**Методические указания  
для лабораторных и практических работ  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**

**(для студентов всех специальностей и направлений)**

**Составители:**

к.т.н., доцент Шипулина Ю.В., Баранова М.Б.

**Рецензент:**

д.т.н., профессор Руденко М.Ф.

Методические указания для практических работ по дисциплине  
«Безопасность жизнедеятельности» (для студентов всех  
специальностей и направлений) / Ю.В. Шипулина; Астрахан. гос.  
техн. ун-т. – Астрахань: АГТУ

Методические указания утверждены на заседании кафедры  
«Безопасность жизнедеятельности и гидромеханика»

© Астраханский государственный технический университет

## Введение

С развитием цивилизации человечество все чаще сталкивается с разнообразным воздействием ионизирующих излучений на организм человека и негативными результатами такого воздействия. Широко известны неблагоприятные последствия первых атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, испытаний ядерного оружия. Общественности нашей страны известны многочисленные аварии при работе радиохимических предприятий, случавшиеся на территории нашей страны. Особое место в памяти человечества занимает крупнейшая авария на Чернобыльской АЭС. В настоящее время большой проблемой являются поиски эффективных способов утилизации и захоронения радиоактивных отходов. Значительное внимание уделяется и вопросам действия на организм человека источников ионизирующих излучений, не связанных с ядерной энергетикой и ядерным оружием, как естественного, так и антропогенного происхождения.

Традиционная энергетика все менее удовлетворяет энергетические потребности людей. В связи с перспективой исчерпания ископаемых источников углеводородного сырья, особое место начинает занимать атомная энергетика, тем более что перспективы теоретически более безопасной термоядерной энергетики продолжают оставаться туманными уже свыше сорока лет, а сколько-нибудь эффективных способов использования альтернативных источников энергии нет, и они вряд ли появятся в ближайшем будущем.

Развитые страны (в том числе имеющие хорошие экологические традиции), имеющие доступ к ядерным технологиям, постоянно пускают в строй новые АЭС. Так, в США 8-20 % потребности в энергии обеспечивается за счет АЭС, в Японии – до 45-50 %, во Франции эта цифра увеличивается до 70-80 %. Чем более зависима развитая страна от внешних источников углеводородов, тем более активной сторонницей АЭС она является. Для сравнения, доля АЭС в энергетике России только 16 %.

В такой перспективе необходимо знание рисков, связанных с воздействием ионизирующих излучений на природную и техногенную среду и умение их предотвратить или свести до минимума. Это предполагает хорошее знание природы ионизирующих излучений, особенностей их биологического действия и мер защиты.

### 1. Термины, понятия, определения

*Активность (А)* - мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени:

$$A = \frac{dN}{dt} \quad (1)$$

где  $dN$  - ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени  $dt$ .

Единицей активности является беккерель (Бк).

Использовавшаяся ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет  $3,7 \times 10^{10}$  Бк.

*Активность удельная (объемная)* - отношение активности  $A$  радионуклида в веществе к массе  $m$  (объему  $V$ ) вещества:

$$A_m = \frac{A}{m}; \quad A_v = \frac{A}{V} \quad (2)$$

Единица удельной активности - беккерель на килограмм, Бк/кг. Единица объемной активности - беккерель на метр кубический, Бк/м<sup>3</sup>.

*Вещество радиоактивное* - вещество в любом агрегатном состоянии, содержащее радионуклиды.

*Дезактивация* - удаление или снижение радиоактивного загрязнения с какой-либо поверхности или из какой-либо среды.

*Доза поглощенная (D)* - величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу:

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (3)$$

где  $dE$  - средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме, а  $dm$  - масса вещества в этом объеме.

Энергия может быть усреднена по любому определенному объему, и в этом случае средняя доза будет равна полной энергии, переданной объему, деленной на массу этого объема. В единицах СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм (Дж  $\times$  кг<sup>(-1)</sup>), и имеет специальное название - грей (Гр). Использовавшаяся ранее внесистемная единица рад равна 0,01 Гр.

Грей (Гр) – поглощенная доза излучения, переданная массе облучаемого вещества в 1 кг и измеряемая энергией в 1 Дж любого ионизирующего излучения.

*Доза в органе или ткани (D<sub>T</sub>)* - средняя поглощенная доза в определенном органе или ткани человеческого тела:

$$D_t = \frac{1}{m_t} \int_{m_t} D \cdot dm \quad (4)$$

где  $m$  - масса органа или ткани, а  $D$  - поглощенная доза в элементе  $T$  массы

dm.

*Доза эквивалентная* ( $H_{T,R}$ ) - поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения,  $W_R$ :

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R} \quad (5)$$

где  $D$  - средняя поглощенная доза в органе или ткани  $T$ , а  $W_{T,R}$  - взвешивающий коэффициент для излучения  $R$ .

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения.

$$H_t = \sum_R H_{T,R} \quad (6)$$

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Зиверт – эквивалентная доза любого вида излучения, поглощенная в 1 кг биологической ткани, создающая такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения (НРБ-99). Внесистемной единицей эквивалентной дозы является бэр – энергия любого вида излучения, поглощенная в 1 г ткани, при которой наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе в 1 рад фотонного излучения.

*Доза эффективная* ( $E$ ) - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты (Таблица 1):

$$E = \sum_T W_T * H_T \quad (7)$$

где  $H$  - эквивалентная доза в органе или ткани  $T$ , а  $W_T$  -  $T$  взвешивающий коэффициент для органа или ткани  $T$ .

Единица эффективной дозы - зиверт (Зв).

Таблица 1.

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы ( $W_T$ ) - множители эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации:

|        |      |
|--------|------|
| Гонады | 0,20 |
|--------|------|

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| Костный мозг (красный)      | 0,12  |
| Толстый кишечник            | 0,12  |
| Легкие                      | 0,12  |
| Желудок                     | 0,12  |
| Мочевой пузырь              | 0,05  |
| Грудная железа              | 0,05  |
| Печень                      | 0,05  |
| Пищевод                     | 0,05  |
| Щитовидная железа           | 0,05  |
| Кожа                        | 0,01  |
| Клетки костных поверхностей | 0,01  |
| Остальное                   | 0,05* |

\* При расчетах учитывать, что "Остальное" включает надпочечники, головной мозг, экстраторакальный отдел органов дыхания, тонкий кишечник, почки, мышечную ткань, поджелудочную железу, селезенку, вилочковую железу и матку. В тех исключительных случаях, когда один из перечисленных органов или тканей получает эквивалентную дозу, превышающую самую большую дозу, полученную любым из двенадцати органов или тканей, для которых определены взвешивающие коэффициенты, следует приписать этому органу или ткани взвешивающий коэффициент, равный 0,025, а оставшимся органам или тканям из рубрики "Остальное" приписать суммарный коэффициент, равный 0,025.

*Доза эквивалентная ( $H_T(\tau)$ ) или эффективная ( $E(\tau)$ ) ожидаемая при внутреннем облучении - доза за время  $\tau$ , прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм:*

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+T} H_T(t) dt \quad (8)$$

$$E(\tau) = \sum_T W_T * H_T(\tau) \quad (9)$$

где  $t$  - момент поступления, а  $H_T(t)$  - мощность эквивалентной дозы  $0$  к моменту времени  $t$  в органе или ткани  $T$ .

Когда  $\tau$  не определено, то его следует принять равным 50 годам для взрослых и  $(70-t_0)$  - для детей.

*Доза эффективная (эквивалентная) годовая* - сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год.

Единица годовой эффективной дозы - зиверт (Зв).

*Доза предотвращаемая* - прогнозируемая доза вследствие радиационной аварии, которая может быть предотвращена защитными мероприятиями.

*Загрязнение радиоактивное* - присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем уровни, установленные НРБ-99.

*Захоронение отходов радиоактивных* - безопасное размещение радиоактивных отходов без намерения последующего их извлечения.

*Источник ионизирующего излучения* - (в рамках данного документа - источник излучения) радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение, на которые распространяется действие НРБ-99.

*Источник излучения природный* - источник ионизирующего излучения природного происхождения, на который распространяется действие НРБ-99.

*Источник излучения техногенный* - источник ионизирующего излучения специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности.

*Контроль радиационный* - получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

*Мощность дозы* - доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час).

*Население* - все лица, включая персонал вне работы с источниками ионизирующего излучения.

*Облучение* - воздействие на человека ионизирующего излучения.

*Облучение аварийное* - облучение в результате радиационной аварии.

*Облучение медицинское* - облучение пациентов в результате медицинского обследования или лечения.

*Облучение потенциальное* - облучение, которое может возникнуть в результате радиационной аварии.

*Облучение природное* - облучение, которое обусловлено природными источниками излучения.

*Облучение профессиональное* - облучение персонала в процессе его работы с техногенными источниками ионизирующего излучения.

*Облучение техногенное* - облучение от техногенных источников как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов.

*Объект радиационный* - организация, где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения.

*Отходы радиоактивные* - не предназначенные для дальнейшего использования вещества в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает уровни, установленные настоящими Нормами и Правилами.

*Персонал* - лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

*Предел дозы (ПД)* - величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

*Радиационная авария* - потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

*Радиационная безопасность населения* - состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

*Риск радиационный* - вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

*Уровень вмешательства* - уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия.

*Эффекты излучения детерминированные* - клинически выявляемые вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше - тяжесть эффекта зависит от дозы.

*Эффекты излучения стохастические* - вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

*Радиационная обстановка* - ситуация, сложившаяся в результате радиационного заражения местности, оказывающая влияние на деятельность объектов экономики, сил ГОЧС и населения.

*Радиационная обстановка характеризуется* масштабом заражения (размерами зон - их длина и ширина) и степенью радиационного заражения

местности (уровнями радиации), являющимися основными показателями опасности радиационного заражения для людей.

*Целью оценки радиационного заражения* является определение возможного влияния радиационной обстановки на работоспособность рабочих, служащих и личного состава формирования ГОЧС, населения, позволяющие своевременно принять меры защиты людей в условиях радиационной защиты местности.

*Оценка радиационной обстановки* включает: определение масштабов и степени радиационного заражения местности; анализ их влияния на деятельность объекта экономики, сил ГОЧС и населения; выбор наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключается радиационное поражение людей.

Радиационная обстановка, которая выявлена и оценена методом прогнозирования, называется *предполагаемой* или *прогнозируемой обстановкой*.

Обстановка, выявляемая по данным разведки, называется *фактической радиационной обстановкой*.

*Радиационная авария* - это нарушение предела допустимой эксплуатации, при котором произошел выход радиоактивного вещества и ионизирующего излучения за границы, предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации, в количествах, превышающих установленные для эксплуатации значения.

## **2. Виды ионизирующих излучений**

Когда говорят об ионизирующих излучениях, то в первую очередь имеют в виду  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -излучения.

$\alpha$ -излучение – поток положительно заряженных частиц (ядер атомов гелия), движущихся со скоростью около 20000 км/с. В настоящее время известно около 40 естественных и более 200 искусственных  $\alpha$ -активных ядер,  $\alpha$ -распад характерен для тяжелых элементов (урана, тория, полония, плутония).

Пробег  $\alpha$ -частиц радиоактивных элементов в воздухе не превышает 11см, а в мягких тканях человека он измеряется микронами.

Проходя через слой вещества,  $\alpha$ -частицы испытывают упругое рассеяние на электронах и ядрах атомов и неупругие столкновения с орбитальными электронами.

Бета-излучение состоит из бета-частиц (электронов или позитронов), которые испускаются при  $\beta$ -распаде радиоактивных изотопов. Бета-частицы создают на своем пути в воздухе в несколько сот раз меньше ионов, чем  $\alpha$ -частицы.  $\beta$ -частицы, испускаемые атомными ядрами при радиоактивных превращениях, имеют различную энергию, поэтому и пробег их в веществе неодинаков. Ослабление потока  $\beta$ -частиц веществом происходит постепенно. Слой вещества, равный длине пробега  $\beta$ -частиц, имеющих максимальную

энергию, полностью затормозит все  $\beta$ -частицы, испускаемые данными радионуклидами. Наиболее высокоэнергетические  $\beta$ -частицы могут пройти слой алюминия до 5 мм. Ионизирующая способность их меньше, чем  $\alpha$ -частицы.

Гамма-излучение, испускаемое атомными ядрами при радиоактивных превращениях, обладает энергией от нескольких тысяч до нескольких миллионов электрон-вольт. Распространяется оно, как и рентгеновское излучение, в воздухе со скоростью света. Ионизирующая способность  $\gamma$ -излучения значительно меньше, чем  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц.  $\gamma$ -Излучение – это электромагнитное излучение высокой энергии.

Биологическое действие различных ионизирующих излучений зависит от их природы (Таблица 2).

Таблица 2.

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы ( $W_R$ ) - используемые в радиационной защите множители поглощенной дозы, учитывающие относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов

|                                                       |    |  |
|-------------------------------------------------------|----|--|
| Фотоны любых энергий                                  | 1  |  |
| Электроны и мюоны любых энергий                       | 1  |  |
| Нейтроны с энергией менее 10 кэВ                      | 5  |  |
| от 10 кэВ до 100 кэВ                                  | 10 |  |
| от 100 кэВ до 2 МэВ                                   | 20 |  |
| от 2 МэВ до 20 МэВ                                    | 10 |  |
| более 20 МэВ                                          | 5  |  |
| Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи | 5  |  |
| Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра          | 20 |  |

Примечание: Все значения относятся к излучению, падающему на тело, а в случае внутреннего облучения - испускаемому при ядерном превращении.

### 3. Источники ионизирующих излучений

#### 3.1. Естественные источники ионизирующих излучений

Естественными источниками ионизирующих излучений в окружающей среде являются космическая радиация и земная радиация.

Магнитное поле Земли создает мощную, но не абсолютную защиту от галактической космической радиации, состоящей из высокоэнергетичных протонов, ионов гелия, электронов и фотонов. Часть высокоэнергетичных (40 – 100 МэВ) космических лучей прорывается через магнитные поля и постоянно бомбардирует верхние слои атмосферы. Большинство их, сталкиваясь с атомами азота, кислорода, углерода атмосферы, взаимодействует с ядрами этих атомов, рождая множество новых частиц, образующих вторичное космическое излучение. Так как эти частицы тоже обладают энергией в десятки МэВ, то, сталкиваясь с другими ядрами, они порождают новые потоки излучений, образуя каскад вторичных космических лучей.

Часть нейтронов захватывается ядрами азота, образуя радиоактивный углерод  $C^{14}$ . На уровне моря вторичные космические лучи в виде потока нейтронов, электронов и других частиц составляют около 30% от всего облучения биосферы.

Все живое на Земле постоянно находится под действием излучений от рассеянных в окружающей среде радионуклидов. Одни из них постоянно образуются в атмосфере и на поверхности Земли в результате ядерных реакций, осуществляемых космическими лучами. Так, захват нейтрона атомом азота ведет к образованию радиоактивного углерода  $C^{14}$ . За счет ядерных столкновений образуются радионуклиды  $H^3$  (тритий),  $Be^7$  (радиоактивный изотоп бериллия),  $Na^{22}$  и  $Na^{24}$  (радиоактивные изотопы натрия).  $C^{14}$  и  $H^3$  обычно не принимаются во внимание ввиду очень мягкого излучения этих изотопов. Радиоактивные бериллий и натрий дают высокоэнергетичные  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения, то есть участвуют во внешнем облучении живых организмов. Однако их образуется настолько мало, что удельный вклад в общую облученность оказывается ничтожным.

Иначе обстоит дело с естественными радионуклидами, такими, как уран, торий и радиоактивный изотоп калия ( $K^{40}$ ), и продуктами их распада. Уран-238 образует целую серию продуктов распада (таблица 3): уран  $U^{238}$ , радий  $Ra^{226}$ , радон  $Rn^{222}$ , радиоактивный изотоп свинца  $Pb^{210}$  и др.

Таблица 3

Свойства урана-238 и некоторых продуктов его распада.

| Радионуклид       | Время полураспада      | Энергия излучений, МэВ |               |            |
|-------------------|------------------------|------------------------|---------------|------------|
|                   |                        | $\alpha$ -             | $\beta$ -     | $\gamma$ - |
| Уран $U^{238}$    | $4,51 \cdot 10^9$ года | 4,15 – 4,2             | -             | -          |
| Уран $U^{234}$    | $2,47 \cdot 10^5$ года | 4,72                   | -             | 0,053      |
| Радий $Ra^{226}$  | 1602 года              | 4,78                   | -             | 0,186      |
| Радон $Rn^{222}$  | 3,8 дня                | 5,49                   | -             | 0,51       |
| Свинец $Pb^{210}$ | 21 год                 | 3,72                   | 0,016 – 0,061 | 0,047      |

Длительно живущие элементы – уран, радий, свинец-210 – составляют значительную часть земного излучения. Радон всегда присутствует в приземном воздухе, вызывая облучение поверхности тела и легких при вдыхании.

То же можно сказать и о втором широко распространенном естественном радионуклиде – тории ( $\text{Th}^{232}$ ), имеющем время полураспада  $1,41 \cdot 10^{10}$  года. При распаде радиоактивного тория образуются радий-228, торий-228, радон-220.

Наконец, третий, самый распространенный естественный радионуклид – это радиоактивный  $\text{K}^{40}$ , постоянно сопровождающий природный, стабильный калий, имеет время полураспада  $1,26 \cdot 10^9$  лет и испускающий при распаде  $\beta$ =(1,38 МэВ) и  $\gamma$ =(1,46 МэВ) лучи (Баранов В.И., 1983). Концентрация этих радионуклидов в окружающих нас породах варьирует в широких пределах (таблица 4).

Таблица 4

## Концентрация радионуклидов в земных породах.

| Тип пород           | Концентрация, Ки |                  |                   | Поглощенная доза на высоте 1 м от поверхности, мкрад/ч |
|---------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------------------------------------------|
|                     | $\text{K}^{40}$  | $\text{U}^{238}$ | $\text{Th}^{232}$ |                                                        |
| Изверженные породы: |                  |                  |                   |                                                        |
| гранит              | 27               | 1,6              | 2,2               | 12                                                     |
| диорит              | 19               | 0,62             | 0,88              | 6,2                                                    |
| базальт             | 6,5              | 0,31             | 0,3               | 2,3                                                    |
| Осадочные породы:   |                  |                  |                   |                                                        |
| известняк           | 2                | 0,75             | 0,19              | 2                                                      |
| карбонат            | -                | 0,72             | 0,21              | 1,7                                                    |
| песчаник            | 10               | 0,5              | 0,3               | 3,2                                                    |
| сланец              | 19               | 1,2              | 1,2               | 7,9                                                    |

Степень, глубина и форма воздействия ионизирующих излучений на любой объект зависит, прежде всего, от величины поглощенной энергии излучения. Любой радионуклид распадается со своей вполне определенной скоростью; эта скорость распада пропорциональна числу ядер радионуклида.

На людей возможно прежде всего воздействие следующих природных источников ионизирующего излучения:

- внешнее гамма-излучение;
- ингаляционное поступление изотопов радона и их короткоживущих дочерних продуктов (Таблица 5);

- ингаляционное поступление долгоживущих природных радионуклидов уранового и ториевого семейств с производственной пылью.

Внешнее бета-излучение и пероральное поступление радионуклидов создают незначительный вклад в суммарную дозу и могут не учитываться.

Таблица 5

## Концентрация радона в различных помещениях

| Тип помещения и условия вентиляции                                      | Концентрация радона, Бк/л |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Хорошо вентилируемые служебные помещения с воздушным кондиционированием | 0,00222-0,01295           |
| Квартиры в кирпичных домах с воздушным кондиционированием               | 0,00037-0,00703           |
| Квартиры деревянных домов                                               | 0,00111-0,0629            |
| Невентилируемые квартиры                                                |                           |
| Кирпичные дома:                                                         |                           |
| нижние этажи                                                            | 0,0555-0,1073             |
| верхние этажи                                                           | 0,0259-0,037              |
| Каменные дома:                                                          |                           |
| Дома из шлаковых панелей                                                |                           |
| Подвальные этажи с плохой вентиляцией                                   | 0,1332-0,2886             |

### 3.2. Искусственные источники ионизирующих излучений

В настоящее время основным источником радиоактивного загрязнения окружающей среды является атомная промышленность.

Урановая промышленность занимается добычей, переработкой, обогащением урана и приготовлением ядерного топлива. Основным сырьем для этого топлива является  $U^{235}$ . В природном уране содержится лишь 0,7% этого изотопа. На каждом из этапов производства урановой промышленности возможно загрязнение окружающей среды, на рудниках – радионуклидами семейства  $U^{235}$ ,  $Rn^{222}$  и дочерними продуктами его распада. Жидкие отходы гидрометаллургических урановых заводов, содержащие радиоактивные вещества, в частности  $Ra^{226}$ , могут попасть в ближайшие реки и озера. При добыче руды и ее первоначальной обработке не происходит образования, то есть увеличения количества радионуклидов. Идет лишь извлечение естественно находящихся радиоактивных веществ на поверхность Земли. Часть их остается в отвалах первично обработанной руды на месте ее добычи. В этом районе фон естественной радиоактивности повышается. При размалывании руды образуется небольшое количество радиоактивной пыли, поступающей в воздух и, как правило, полностью оседающей на

расположенной поблизости от рудника территории (десятки километров). Так как добыча и первоначальная обработка руды происходят в горных районах, удаленных от населенных мест, то местное повышение радиоактивности не вносит ощутимого вклада в облученность населения. Радиоактивные отбросы, как правило, засыпают землей. Захоронение на глубину в 1 м в 2 раза снижает количество поступающего в воздух радона.

Второй этап – выделение урана из руды – происходит на урановых обогатительных заводах. Дробление руды, промывание, извлечение урана кислотой и его химическое осаждение характерно для любой горнорудной промышленности и при соблюдении правил санитарной безопасности, автоматизации производства, и обработки жидких стоков не угрожают радиоактивным загрязнением окружающей среды. Особое внимание должно быть уделено правильному удалению и хранению отбросов переработанной руды.

Только около 1% всей руды утилизируется заводом, а 99% выбрасывается в отвалы. Эти отвалы, хотя и обеднены ураном, как правило, богаты дочерними продуктами его распада: радием-226, свинцом-210 и другими радиоактивными элементами, выделяющими при своем распаде газообразный радон.

Концентраты урана, полученные на обогатительных заводах, поступают на специальные химические заводы, где получают чистый металлический уран (или его окись) и обогащают изотопом – ураном-235. На обогатительных заводах фторид урана  $UF_6$  перегоняют через каскады газодиффузионных ячеек или газовых центрифуг, где возможны утечки фторида урана.

При производстве тепловыделяющих элементов вероятность загрязнения окружающей среды также не исключена.

При работе атомных электростанций основное внимание с точки зрения загрязнения окружающей среды привлекают газообразные и летучие продукты распада, такие, как изотопы криптона, ксенона, йода, тритий и элементы с наведенной активностью –  $Ar^{41}$ ,  $C^{14}$ ,  $N^{16}$ ,  $S^{35}$ .

Большинство образующихся радиоактивных благородных газов (изотопы ксенона и криптона) имеют короткий период полураспада (ксенон-135 – 9,2 ч, ксенон-133 – 5,3 дня, ксенон-138 – 17 мин, криптон-88 – 2,8 ч, криптон-87 – 76 мин). Однако попадание этих элементов в атмосферу не представляет опасности по двум причинам: как благородные газы они не вступают в метаболизм и не накапливаются в тканях живых организмов и по мере распространения в атмосфере, быстро распадаясь, теряют свою радиоактивность. Только один изотоп – криптон-85 – принадлежит к долгоживущим радионуклидам: его период полураспада 10,7 лет. Накапливаясь в атмосфере, он повышает естественный фон облучения.

Образование газов с наведенной радиоактивностью происходит различно в реакторах с разными системами охлаждения. Так, например, в реакторах с газовым охлаждением при использовании  $CO_2$  идет ядерная

реакция внеплоивных элементов  $O^{16} \rightarrow N^{16}$  с образованием радиоактивного короткоживущего азота (период полураспада 7,3 с) с жестким  $\gamma$ -излучением. Оно вносит значительный вклад в  $\gamma$ -поле работающих турбин реактора, снижаемое соответствующей физической защитой.

Из образующихся во время работы реактора газообразных нуклидов наибольшее внимание привлекает радиоактивный изотоп водорода – тритий  $H^3$ . Некоторое его количество образуется в процессе деления урана, а также благодаря воздействию нейтронов на изотопы лития, бора и тяжелый изотоп водорода – дейтерий. Особенно много его образуется в реакторах, работающих на тяжелой (дейтериевой) воде. Графит, используемый в качестве регулятора во многих системах реакторов, содержит примеси лития, который тоже служит источником трития. Из-за трудностей в фиксации и относительно большого периода его полураспада (12,4 лет) тритий попадает в окружающую реактор среду и распространяется в атмосфере, водах морей и океанов.

При делении урана и при радиоактивном распаде продуктов деления в работающем реакторе атомных электростанций постоянно образуется ряд легколетучих радиоактивных изотопов йода:  $I^{131}$  (период полураспада 8 дней),  $I^{132}$  (2,3 ч),  $I^{134}$  (53 мин),  $I^{135}$  (6,7 ч) и  $I^{129}$  ( $1,6 \cdot 10^7$  лет). Из этих изотопов долгоживущий  $I^{129}$  образуется в столь малом количестве, что не обнаруживается во внешней среде. Не представляют опасности и остальные изотопы благодаря ничтожно малому времени их существования. Исключение составляет лишь  $I^{131}$ . Попадая в газообразные отходы, он быстро распространяется на местности вблизи реактора и благодаря химической активности быстро включается в пищевые цепи – через молоко попадает в организм человека. Фильтры, устанавливаемые на пути газообразных отходов, захватывают основную часть образующегося йода, снижая его поступление в окружающую реактор среду.

При нормальной работе реакторов в них образуется 20% газообразных и летучих веществ. В условиях обеспечения защиты в атмосферу попадает незначительный процент этих веществ. Однако их утечки все же имеют место. Считается, что 0,1 – 1% вырабатываемого в реакторе радиоактивного иттрия все же попадает в атмосферу. В большей степени это относится к  $^{41}Ar$  и другим инертным газам.

Мощным источником загрязнения служить авария при работе ядерного реактора. В активной зоне реакторов сосредоточены большие количества радиоактивных веществ, откуда они могут быть выброшены только при аварии.

Аварии могут быть вызваны разрушением контура теплоносителя, расплавлением активной зоны, избытком радиоактивности, что может привести к полному разрушению реактора. Окружающая среда при этом загрязняется продуктами деления урана.

Наиболее тяжелая по своим последствиям авария на 4 блоке Чернобыльской АЭС в 1986 году по своим глобальным последствиям является

крупнейшей экологической катастрофой в истории человечества. Суммарный выброс радиоактивных продуктов в атмосферу оценивается в 77 кг (при взрыве ядерной бомбы над Хиросимой в атмосферу было выброшено лишь около 740 г радионуклидов). Искусственными радионуклидами была загрязнена территория нынешней СНГ площадью 10000 км<sup>2</sup>. Зона загрязнения затронула 14 областей нашей страны. В состав радиоактивных осадков вошло около 30 радионуклидов с периодом полураспада от 11 дней до 24100 лет. Площадь погибших сосновых лесов составила 600 га, пораженных – 15000 га. Радионуклидами были загрязнены бассейны рек Дона, Дуная, Днестра, Волги. Один из атмосферных путей переноса радиоактивных веществ достиг черноморского побережья Кавказа (Батуми и Поти). Радиоактивными облаками была покрыта значительная часть Европы, особенно пострадали Польша, Румыния, Финляндия, Швеция, Венгрия. В пострадавших районах резко повысилась заболеваемость анемией, сердечно-сосудистыми, легочными болезнями, уменьшились показатели рождаемости.

Источником радиоактивного загрязнения окружающей среды может служить и радиохимическая промышленность (речь идет о предприятиях по переработке и регенерации ядерного топлива). На эти предприятия поступают отработанные тепловыделяющие элементы атомных электростанций. Подобные предприятия периодически сбрасывают радиоактивные сточные воды и в окружающей среде накапливаются радиоактивные загрязнения. Особую проблему представляет собой очистка выходящих газов от  $I^{131}$ , некоторое количество которого все же попадает в атмосферу.

Во время работы атомной электростанции, получающей энергию за счет деления атомов урана, среди продуктов деления и ядерных реакций в стержнях накапливается плутоний-239 – чрезвычайно ценное ядерное горючее. Именно поэтому отработанные стержни поступают на специализированные заводы для извлечения и очистки плутония-239 и превращения его в новое ядерное горючее для реакторов.

При этих процедурах такие летучие и газообразные нуклиды, как йод, тритий, криптон, ксенон и другие, выделяются в окружающее пространство и, пройдя ряд поглотителей и фильтров, все же в некотором количестве поступают через заводские трубы в атмосферу. Долгоживущий криптон-85 – основной компонент в радиоактивном загрязнении внешней среды. Тритий в значительной мере растворяется в так называемых жидких отходах, содержащих основную массу радиоактивных отходов, и только около 7% попадает непосредственно в атмосферу. Однако при сгущении жидких отходов происходит дополнительное поступление трития в окружающую среду.

Очень незначительная часть радиоактивных нуклидов, образующихся при производстве атомной энергии и переработке ядерного горючего, попадает в окружающую среду при нормальной работе АЭС. Основная же часть после регенерации урана и плутония концентрируется, образуя

высокорadioактивные отходы производства (их общий объем в настоящее время составляет свыше 10000 м<sup>3</sup>).

Radioактивные отходы регенерирующих заводов содержат радионуклиды с длительным периодом полураспада. Среди них – рубидий-87 (период полураспада –  $6,1 \cdot 10^{10}$  лет), стронций-90 (28 лет), цезий-137 (30 лет), церий-144, европий-155, рутений-106, марганец-54 (около 1 года). Количественно преобладают стронций-90, цезий-137, рутений-106 и церий-144. Их концентрируют, заключают в контейнеры и помещают на длительное хранение.

Хранение радиоактивных отходов – одна из сложнейших проблем ядерной промышленности. В настоящее время эти отходы в разных странах и на различных заводах хранят по-разному. Обычно после концентрации их помещают в бетон или битум. Часто используется захоронение в отработанных соляных шахтах. Многие заводы производят захоронение радиоактивных отходов на большую глубину в специально выбранных породах, находящихся в областях с низкой сейсмической активностью и свободных от циркулирующих подземных вод (radioактивные отходы изолированы от подземных вод толстым непроницаемым слоем глины).

Высокорadioактивные отходы перед захоронением включают в специальные расплавы, затвердевающие при охлаждении (например, фосфатное стекло). Низкоактивные жидкие отходы, зачастую сбрасываемые предприятиями в водоемы, играют существенную роль в местном радиоактивном загрязнении территорий вокруг практикующих такие сбросы предприятий. С точки же зрения глобального радиоактивного загрязнения биосферы на всех стадиях промышленного производства атомной энергии (при отсутствии серьезных аварий) только 3 радионуклида – тритий, криптон-85 и радиоизотопы йода могут быть потенциально опасными.

Наибольшую опасность несет тритий. Это относительно долгоживущий изотоп: период его полураспада равен 12 годам. Следовательно, он будет накапливаться в атмосфере. К 2000 году содержание трития в атмосфере Земли составило порядка  $2,664 \cdot 10^{12}$  Бк. Поскольку тритий обладает химическими свойствами обыкновенного водорода, он легко образует воду, содержащую тритий, что, в свою очередь, приводит к равномерному его распределению в атмосфере, в морях и океанах, а также в живых организмах, содержащих много воды и достаточно водорода во всех химических компонентах. Молекулы воды, содержащие тритий, ничем химически не отличаются от обычной воды. Это делает невозможной очистку воды от трития, создает огромные трудности в очистке от трития выходных газов. Но эти же свойства трития приводят к тому, что он не концентрируется в тканях организмов. В целом же облучение населения от трития, поступающего в окружающую среду, составляет около 80 мкГр/год, то есть около 1% от естественного фона облучения.

Второй радионуклид, вызывающий глобальное загрязнение атмосферы, – криптон-85. Он образуется в сравнительно больших количествах

(приблизительно  $1,48 \cdot 10^{14}$  Бк и на тонну регенерируемого топлива) и почти полностью выбрасывается в атмосферу при регенерации ядерного топлива. Испуская сравнительно мягкие  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения, этот изотоп облучает в основном кожу и альвеолы легких. Облучение человека криптоном-85 составляет 0,001 мГр/год, а на поверхность тела – 0,2 мГр/год.

Особого внимания заслуживает возможность облучения людей в связи с широким использованием ионизирующих излучений в современной медицине. В принципе существует 3 вполне самостоятельных разновидности применения радиации в медицине, основанных на использовании тех или иных свойств излучений и предназначенных для конкретных целей с медицинской точки зрения. Их можно классифицировать следующим образом:

1. Использование радиации для диагностики заболевания – рентгенологическая диагностика;
2. Введение некоторым больным радиоактивных изотопов. Область использования радиоактивных веществ для диагностики или лечения называют радиоизотопной медициной.
3. Использование радиации не только для диагностики заболевания, но и его лечения. Этот метод называют радиационной терапией или радиационной онкологией.

В целом от медицинских облучений население ежегодно получает дозы, достигающие 20% естественного фона. Каждое диагностическое «просвечивание» дает на исследуемый орган облучение, начиная от дозы, равной годовой дозе от естественного фона (примерно 0,001 Гр), до превышающей его в 50 раз (до 0,05 Гр). Особое значение имеют дозы, получаемые критическими тканями, такими, как гонады (повышение вероятности генетического повреждения потомства) или кроветворные ткани, такие, как костный мозг.

С другой стороны, необходимо отметить роль антропогенных источников радионуклидов, не связанных с непосредственным их использованием (как в медицине или в ядерной промышленности), радиоактивном загрязнении окружающей среды. Любое минеральное сырье (угли, горючие сланцы, нефть, газ) в тех или иных количествах содержат примеси естественных радионуклидов. При переработке сырья радионуклиды попадают в продукцию, твердые и жидкие отходы. Часть возгоняется и поступает в атмосферу в качестве мелких фракций аэрозоля. В результате хозяйственной деятельности в окружающую среду ежегодно поступает  $3,7 \cdot 10^{15}$  Бк тория и урана, причем 50% этого потока практически не контролируется. В таких отраслях промышленности, как черная цветная металлургия, производство керамики, огнеупоров естественные радионуклиды являются сопутствующими примесями, содержание которых обычно близко к фоновым. Однако в некоторых видах сырья (фосфаты, циркониевые и вольфрамовые концентраты) суммарная активность может

превышать 70 КБк/кг. Неконтролируемые потоки от предприятий неядерной промышленности могут образовывать «ветви рассеивания» в том случае, если большая часть содержащихся в сырье радионуклидов поступает в атмосферу или водотоки и «ветви концентрирования». Обогащаться радионуклидами могут как целевая продукция данного производства, так и отходы. Так, для предприятий по добыче и производству свинца установлено, что при использовании низкоактивных руд с активностью по изотопам свинца на уровне 13,5 Бк/кг удельная активность выплавленного свинца составляет 370 Бк/кг.

Рассеиванием радионуклидов в окружающей среде сопровождаются все высокотемпературные процессы переработки минерального сырья. К ним относятся металлургические процессы, а также производство тугоплавких материалов.

Еще одной отраслью, формирующей «ветвь рассеивания» естественных радионуклидов является теплоэлектроэнергетика. Угли различных месторождений всегда содержат изотопы калия, урана, тория. Поэтому сжигание их в крупных масштабах приводит к сильному локальному загрязнению объектов окружающей среды этими радионуклидами.

#### **4. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки при авариях, катастрофах на радиационно-опасных объектах и при ядерном взрыве**

Для достижения успешных действий формирований ГОЧС объекта экономики и организации защиты населения, территорий очень важно своевременно обнаружить радиоактивное заражение, определить масштабы и характер, правильно оценить степень их опасности для людей и объекта. Это достигается умелым и непрерывным ведением радиационной разведки. На основании данных разведки производится оценка радиационной обстановки в зоне ЧС.

Оценку радиационной обстановки на объектах экономики проводят для определения масштаба радиационного заражения и характера радиационного поражения людей, принятия на основе анализа и выводов решения на проведение АС и ДНР в зоне радиоактивного заражения.

Радиационная обстановка может быть выявлена и оценена **методами прогнозирования и по данным разведки**. Выявление радиационной обстановки осуществляется: постами радиационного наблюдения и разведгруппами, звеньями разведки формирования ГОЧС объекта. Они устанавливают время начала радиационного заражения, измеряют уровни радиации на местности и определяют границы зон радиационного заражения.

Контроль радиационной обстановки, являющийся составной частью общего контроля состояния окружающей среды, заключается в проведении радиоэкологического мониторинга - наблюдения, оценки и прогнозирования радиационной обстановки и на основании его результатов определения

необходимости нормализации обстановки и принятия мер по защите населения и территорий. Контроль радиационной обстановки осуществляется постоянно на всей территории страны, особое внимание при этом уделяется районам расположения радиационно опасных объектов и в первую очередь атомных станций (АС).

Контроль организуется и проводится структурными подразделениями федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации (Росгидромет) во взаимодействии с другими подразделениями наблюдения и контроля РСЧС всех уровней, заинтересованными министерствами и ведомствами, а также постами наблюдения отдельных объектов экономики и радиационно-опасных объектов.

Оценка радиационной обстановки методом прогнозирования производится в управлениях, отделах (штабах) по делам ГОЧС города, области, края и т. п. Исходными данными для прогнозирования радиационной обстановки, например, при ядерных взрывах являются: мощность, вид, координаты эпицентра и время взрыва, направление и скорость среднего ветра. Оценка и выявление радиационной обстановки по прогнозу сводится к определению длины и ширины зон радиоактивного заражения и к нанесению их на карту. При этом также рассчитываются время выпадения осадков, ожидаемые уровни радиации на объектах и в тех или иных населенных пунктах. Выявление и оценка радиационной обстановки методом прогнозирования дает только приближенные характеристики о радиационной обстановке. Однако этот метод обладает преимуществом - быстротой получения данных о возможном радиоактивном заражении. Он позволяет заблаговременно, до выпадения РВ на местности, принять меры по защите людей, установить и уточнить задачи радиационной разведки, проводимой на местности.

#### **4.1. Оценка радиационной обстановки при аварии на атомной электростанции (АЭС)**

При эксплуатации АЭС могут возникнуть и аварийные режимы. В практике рассматривают проектную, гипотетическую, радиационную аварии на АС (АЭС, АТЭЦ, АСТ).

В ходе решения задач по оценке обстановки: *приведение измеренных уровней радиации* на местности к различному времени после аварии на АЭС производится по формуле:

$$P_t = K_{\text{пер}} \cdot P_{\text{изм}} \quad (10)$$

где  $P_{\text{изм}}$  - уровень радиации, измеренный в момент времени  $t_{\text{изм}}$  после аварийного выброса радиоактивного вещества;  $P_t$  - уровень радиации в момент времени  $t$ , на который пересчитывается измеренный уровень радиации;  $K_{\text{пер}} = (t/t_0)^{-0,4}$  находится по табл.7 по  $t$  и  $t_{\text{изм}}$ .

Доза радиации на заданный промежуток времени ( $t_k - t_n$ ) определяется по формуле:

$$D = \int_{T_n}^{T_k} P_t \cdot dt = \int_{T_n}^{T_k} P_0 (t/t_0)^{-n} \cdot dt \quad (11)$$

где  $P_n$  и  $P_k$  - уровни радиации в начале ( $t_n$ ) и в конце ( $t_k$ ) облучения.

По этой формуле рассчитывается доза радиации за промежуток времени ( $t_k - t_n$ ).

Применительно к ЧАЭС, например,  $n=0,4$  и расчет ведут с учетом коэффициента ослабления (табл.8).

Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности при аварии на АЭС находится по табл.6 по отношению:  $P_1/(D_{\text{зад}} K_{\text{осл}})$  и времени  $t_n$ .

Таблица 6

Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности при аварии (разрушении) АЭС  $T_{\text{доп}}$ , ч, мин

| $P_1/D_{\text{зад}}K_{\text{осл}}$ | Время, прошедшее с момента аварии до начала облучения |      |       |       |       |       |       |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                    | $t_n$ , ч                                             |      |       |       |       |       |       |
|                                    | 1                                                     | 2    | 3     | 4     | 6     | 8     | 12    |
| 0,2                                | 7,30                                                  | 8,35 | 10,00 | 11,30 | 12,30 | 14,00 | 16,00 |
| 0,3                                | 4,50                                                  | 5,35 | 6,30  | 7,10  | 8,00  | 9,00  | 10,30 |
| 0,4                                | 3,30                                                  | 4,00 | 4,35  | 5,10  | 5,50  | 6,30  | 7,30  |
| 0,5                                | 2,45                                                  | 3,05 | 3,35  | 4,05  | 4,30  | 5,00  | 6,00  |
| 0,6                                | 2,15                                                  | 2,35 | 3,00  | 3,20  | 3,45  | 4,10  | 4,50  |
| 0,7                                | 1,50                                                  | 2,10 | 2,30  | 2,40  | 3,10  | 3,30  | 4,00  |
| 0,8                                | 1,35                                                  | 1,50 | 2,10  | 2,25  | 2,45  | 3,00  | 3,30  |
| 0,9                                | 1,25                                                  | 1,35 | 1,55  | 2,05  | 2,25  | 2,40  | 3,05  |
| 1,0                                | 1,15                                                  | 1,30 | 1,40  | 1,55  | 2,10  | 2,20  | 2,45  |

При этом измеренный в момент времени  $t_{\text{изм}}$  уровень радиации  $P_{\text{изм}}$  по табл.7 пересчитывается на 1 ч:  $P_1 = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}}$ .  $K_{\text{пер}}$  определяется по табл.7 при  $t = 1$  ч и  $t_{\text{изм}}$ .

Таблица 7

**Коэффициент для пересчета уровней радиации на различное время  $t$  после выброса  
РВ при аварии (разрушении) АЭС**       $K_{\text{ПЕР}}=(t_{\text{ИЗМ}}/t_{\text{ПЕР}})^{-0,4}$ ;       $P_t=K_{\text{ПЕР}} P_{\text{ИЗМ}}$

| Время после<br>выброса $t_{\text{пер}}$<br>(ч, мин) | Время измерения уровня радиации, произошедшее с момента выброса РВ, $t_{\text{изм}}$ , (ч, мин). |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                     | 0,30                                                                                             | 1,00 | 1,30 | 2,00 | 2,30 | 3,00  | 3,30 | 4,00 | 4,30 | 5,00 | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10   | 12   |
| 0,30                                                | 1                                                                                                | 1,32 | 1,55 | 1,74 | 1,88 | 2,051 | 2,16 | 2,30 | 2,42 | 2,51 | 2,69 | 2,84 | 3,04 | 3,16 | 3,3  | 3,57 |
| 1,00                                                | 0,76                                                                                             | 1    | 1,18 | 1,32 | 1,43 | 0,5   | 1,64 | 1,74 | 1,83 | 1,9  | 2,04 | 2,15 | 2,3  | 2,4  | 2,5  | 2,7  |
| 1,30                                                | 0,64                                                                                             | 0,85 | 1    | 1,12 | 1,21 | 1,32  | 1,39 | 1,48 | 1,56 | 1,62 | 1,73 | 1,83 | 1,96 | 2,04 | 2,12 | 2,3  |
| 2,00                                                | 0,58                                                                                             | 0,76 | 0,89 | 1    | 1,09 | 1,18  | 1,25 | 1,32 | 1,39 | 1,45 | 1,55 | 1,63 | 1,75 | 1,82 | 1,9  | 2,05 |
| 2,30                                                | 0,53                                                                                             | 0,7  | 0,82 | 0,92 | 1    | 1,08  | 1,15 | 1,22 | 1,28 | 1,33 | 1,43 | 1,51 | 1,61 | 1,68 | 1,75 | 1,89 |
| 3,00                                                | 0,49                                                                                             | 0,64 | 0,76 | 0,85 | 0,92 | 1     | 1,06 | 1,12 | 1,18 | 1,23 | 1,32 | 1,39 | 1,49 | 1,55 | 1,61 | 1,74 |
| 3,30                                                | 0,46                                                                                             | 0,61 | 0,72 | 0,8  | 0,27 | 0,95  | 1    | 1,06 | 1,12 | 1,16 | 1,24 | 1,31 | 1,41 | 1,46 | 1,52 | 1,65 |
| 4,00                                                | 0,44                                                                                             | 0,57 | 0,68 | 0,76 | 0,82 | 0,89  | 0,94 | 1    | 1,05 | 1,1  | 1,17 | 1,24 | 1,32 | 1,38 | 1,44 | 1,55 |
| 4,30                                                | 0,41                                                                                             | 0,54 | 0,64 | 0,72 | 0,78 | 0,84  | 0,89 | 0,95 | 1    | 1,04 | 1,11 | 1,17 | 1,26 | 1,31 | 1,36 | 1,47 |
| 5,00                                                | 0,4                                                                                              | 0,52 | 0,62 | 0,69 | 0,75 | 0,81  | 0,86 | 0,91 | 0,96 | 1    | 1,07 | 1,13 | 1,21 | 1,26 | 1,31 | 1,42 |
| 6,00                                                | 0,37                                                                                             | 0,49 | 0,58 | 0,64 | 0,7  | 0,76  | 0,8  | 0,85 | 0,9  | 0,93 | 1    | 1,05 | 1,13 | 1,18 | 1,23 | 1,32 |
| 7,00                                                | 0,35                                                                                             | 0,46 | 0,55 | 0,61 | 0,66 | 0,72  | 0,76 | 0,81 | 0,85 | 0,89 | 0,95 | 1    | 1,07 | 1,12 | 1,16 | 1,26 |
| 8,00                                                | 0,33                                                                                             | 0,43 | 0,51 | 0,57 | 0,62 | 0,67  | 0,71 | 0,75 | 0,8  | 0,83 | 0,88 | 0,93 | 1    | 1,04 | 1,09 | 1,17 |
| 9,00                                                | 0,32                                                                                             | 0,42 | 0,49 | 0,55 | 0,6  | 0,65  | 0,68 | 0,73 | 0,77 | 0,79 | 0,85 | 0,9  | 0,96 | 1    | 1,04 | 1,13 |
| 10,00                                               | 0,3                                                                                              | 0,4  | 0,47 | 0,53 | 0,57 | 0,62  | 0,66 | 0,7  | 0,73 | 0,76 | 0,82 | 0,86 | 0,92 | 0,96 | 1    | 1,08 |
| 11,00                                               | 0,24                                                                                             | 0,38 | 0,45 | 0,5  | 0,54 | 0,6   | 0,62 | 0,67 | 0,69 | 0,73 | 0,78 | 0,83 | 0,88 | 0,92 | 0,96 | 1,04 |
| 12,00                                               | 0,23                                                                                             | 0,37 | 0,44 | 0,49 | 0,53 | 0,57  | 0,61 | 0,64 | 0,68 | 0,7  | 0,75 | 0,8  | 0,85 | 0,89 | 0,92 | 1    |
| 13,00                                               | 0,22                                                                                             | 0,36 | 0,4  | 0,47 | 0,5  | 0,56  | 0,58 | 0,62 | 0,64 | 0,68 | 0,73 | 0,78 | 0,82 | 0,86 | 0,9  | 0,97 |
| 14,00                                               | 0,21                                                                                             | 0,35 | 0,39 | 0,46 | 0,49 | 0,54  | 0,56 | 0,61 | 0,62 | 0,66 | 0,71 | 0,76 | 0,8  | 0,84 | 0,87 | 0,94 |
| 15,00                                               | 0,21                                                                                             | 0,34 | 0,38 | 0,45 | 0,47 | 0,53  | 0,55 | 0,6  | 0,61 | 0,64 | 0,69 | 0,74 | 0,78 | 0,82 | 0,85 | 0,91 |
| 16,00                                               | 0,2                                                                                              | 0,34 | 0,37 | 0,44 | 0,46 | 0,51  | 0,53 | 0,6  | 0,6  | 0,63 | 0,68 | 0,72 | 0,76 | 0,79 | 0,83 | 0,89 |
| 17,00                                               | 0,2                                                                                              | 0,32 | 0,36 | 0,42 | 0,45 | 0,5   | 0,52 | 0,6  | 0,58 | 0,61 | 0,66 | 0,7  | 0,74 | 0,78 | 0,81 | 0,87 |
| 18,00                                               | 0,2                                                                                              | 0,31 | 0,35 | 0,42 | 0,44 | 0,49  | 0,51 | 0,55 | 0,56 | 0,6  | 0,64 | 0,69 | 0,72 | 0,76 | 0,8  | 0,85 |
| 19,00                                               | 0,2                                                                                              | 0,31 | 0,34 | 0,41 | 0,43 | 0,48  | 0,5  | 0,54 | 0,55 | 0,59 | 0,63 | 0,67 | 0,71 | 0,74 | 0,77 | 0,83 |
| 20,00                                               | 0,2                                                                                              | 0,3  | 0,34 | 0,4  | 0,42 | 0,47  | 0,49 | 0,53 | 0,54 | 0,57 | 0,62 | 0,66 | 0,69 | 0,73 | 0,76 | 0,82 |
| 21,00                                               | 0,2                                                                                              | 0,3  | 0,33 | 0,4  | 0,41 | 0,46  | 0,48 | 0,52 | 0,53 | 0,56 | 0,61 | 0,64 | 0,68 | 0,71 | 0,74 | 0,8  |

Таблица 8

Средние значения коэффициентов ослабления излучения укрытиями и транспортными средствами ( $K_{осл}$ )

| Наименование укрытий и транспортных средств                                   | $K_{осл}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Открытое расположение на местности</b>                                     | 1         |
| <b>Фортификационные сооружения</b>                                            |           |
| Открытые траншеи, окопы, щели                                                 | 3         |
| Дезактивированные (или открытые на зараженной местности) траншеи, окопы, щели | 20        |
| Перекрытые щели                                                               | 50        |
| <b>Транспортные средства</b>                                                  |           |
| Автомобили и автобусы                                                         | 2         |
| Железнодорожные платформы                                                     | 1,5       |
| Крытые вагоны                                                                 | 2         |
| Пассажирские вагоны                                                           | 3         |
| <b>Промышленные и административные здания</b>                                 |           |
| Производственные одноэтажные здания (цехи)                                    |           |
| Производственные и административные трехэтажные здания                        | 7         |
| <b>Жилые каменные дома</b>                                                    |           |
| Одноэтажные                                                                   | 6         |
| Подвал                                                                        |           |
| Двухэтажные                                                                   |           |
| Подвал                                                                        | 10        |
| Трехэтажные                                                                   | 40        |
| Подвал                                                                        | 15        |
| Пятиэтажные                                                                   | 100       |
| Подвал                                                                        | 20        |
| <b>Жилые деревянные дома</b>                                                  | 400       |
| Одноэтажные                                                                   | 27        |
| Подвал                                                                        | 400       |
| Двухэтажные                                                                   |           |
| Подвал                                                                        | 2         |
| <b>В среднем для населения</b>                                                | 7         |
| Городского                                                                    | 8         |
| Сельского                                                                     | 12        |
|                                                                               | 8         |
|                                                                               | 4         |

Время аварийного выброса радиоактивного вещества определяется по двум измерениям уровня радиации  $P_1$  и  $P_2$  и интервалу времени между ними. При этом из табл.9 по отношению  $P_2/P_1$  и интервалу находится время после аварийного выброса радиоактивного вещества до второго измерения уровня радиации ( $t_2$ ). Время аварийного выброса радиоактивного вещества получается как разность при вычитании из местного времени второго замера (по часам) времени  $t_2$ , определенного по табл.9.

Таблица 9

**Время, прошедшее после выброса РВ при аварии (разрушении) АЭС  
до второго измерения уровня радиации  $t_2$ , ч, мин.**

| Отношение<br>измеренных<br>уровней<br>радиации<br>$P_2/P_1$ | Время между измерениями уровней радиации,<br>$\Delta t$ , ч, мин. |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                             | 0,30                                                              | 1,00 | 1,30  | 2,00  | 2,30  | 3,00  | 3,30  | 4,00  | 4,30  | 5,00  | 5,30  | 6,00  | 6,30  | 7,00  | 7,30  |
| 0,95                                                        | 4,06                                                              | 8,18 | 12,30 | 16,36 | 20,48 | 24,54 | 29,06 | 33,12 | 37,18 | 41,30 | 45,42 | 43,48 | 54,00 | 58,06 | 62,12 |
| 0,90                                                        | 2,12                                                              | 4,18 | 6,30  | 8,36  | 10,48 | 12,24 | 15,06 | 17,18 | 19,24 | 21,36 | 23,42 | 25,54 | 28,06 | 30,12 | 32,24 |
| 0,85                                                        | 1,30                                                              | 3,00 | 4,30  | 5,24  | 7,30  | 8,24  | 10,30 | 12,00 | 13,30 | 15,00 | 16,30 | 18,00 | 19,30 | 21,00 | 22,30 |
| 0,80                                                        | 1,12                                                              | 2,18 | 3,30  | 4,42  | 5,48  | 7,00  | 8,12  | 9,24  | 10,30 | 11,42 | 12,54 | 14,00 | 15,12 | 16,24 | 17,30 |
| 0,75                                                        | 1,00                                                              | 1,54 | 2,54  | 3,54  | 4,54  | 5,48  | 6,48  | 7,48  | 8,48  | 9,42  | 10,42 | 11,42 | 12,42 | 13,36 | 14,36 |
| 0,70                                                        | 0,48                                                              | 1,42 | 2,30  | 3,24  | 4,12  | 5,06  | 5,54  | 6,48  | 7,36  | 8,30  | 9,18  | 10,12 | 11,00 | 11,42 | 12,42 |
| 0,65                                                        | 0,48                                                              | 1,30 | 2,18  | 3,00  | 3,48  | 4,30  | 5,18  | 6,06  | 6,48  | 7,36  | 8,18  | 9,06  | 9,54  | 10,36 | 11,24 |
| 0,60                                                        | 0,42                                                              | 1,24 | 2,06  | 2,48  | 3,30  | 4,12  | 4,54  | 5,30  | 6,12  | 6,54  | 7,36  | 8,18  | 9,00  | 9,42  | 10,24 |
| 0,55                                                        | 0,36                                                              | 1,18 | 1,54  | 2,36  | 3,12  | 3,54  | 4,30  | 5,12  | 5,48  | 6,24  | 7,06  | 7,42  | 8,24  | 9,00  | 9,42  |
| 0,50                                                        | 0,36                                                              | 1,12 | 1,48  | 2,24  | 3,00  | 3,36  | 4,18  | 4,54  | 5,30  | 6,06  | 6,42  | 7,18  | 7,54  | 8,30  | 9,06  |
| 0,45                                                        | 0,36                                                              | 1,12 | 1,42  | 2,24  | 2,54  | 3,30  | 4,00  | 4,36  | 5,12  | 5,48  | 6,24  | 6,54  | 7,30  | 8,30  | 8,42  |
| 0,40                                                        | 0,36                                                              | 1,06 | 1,42  | 2,12  | 2,48  | 3,18  | 3,54  | 4,30  | 5,00  | 5,36  | 6,06  | 6,42  | 7,12  | 7,48  | 8,18  |

Значения  $t_2$ , представленные в табл.9, рассчитаны по формуле:

$$t_2 = \Delta t / \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{2,5} \right] \quad (12)$$

Формула получена в результате преобразования зависимости (1) спада уровня радиации.

#### **4.2. Определение режима радиационной защиты рабочих и служащих**

Вследствие аварий, катастроф на радиационно-опасных объектах или при применении противником ядерного оружия объекты экономики страны могут оказаться на радиоактивно зараженной местности (при ядерном взрыве в зонах: умеренного, сильного, опасного и чрезвычайно опасного радиационного заражения). В этих условиях работа объектов экономики, действия рабочих и служащих строго регламентируются и подчиняются определенному режиму радиационной защиты.

Под *режимом радиационной защиты рабочих и служащих* объектов экономики, населения, личного состава формирований ГОЧС понимается порядок работы и применения средств, способов защиты в зонах радиоактивного заражения, исключающие радиоактивное облучение людей выше допустимых норм и сокращающие до минимума вынужденную остановку производства.

Режимы радиационной защиты рабочих и служащих объектов экономики при ядерном взрыве рассчитываются заблаговременно для конкретных условий (защитных свойств производственных, жилых зданий и используемых защитных сооружений) и различных возможных уровней радиации на территории объекта.

В настоящее время для случая ядерного взрыва разработаны и рекомендуются 8 типовых режимов для различных категорий населения:

1-3-й режимы - для неработающего населения;

4-7-й режимы - для рабочих и служащих ОЭ;

8-й режим - для личного состава формирований ГОЧС.

При этом режимы радиационной защиты рабочих и служащих включают три основных этапа, которые должны выполняться в строгой последовательности (табл.10):

первый этап: продолжительность времени прекращения работы объекта и пребывания рабочих и служащих ОЭ в защитных сооружениях;

второй этап: продолжительность работы ОЭ с использованием для отдыха рабочих и служащих защитных сооружений;

третий этап: продолжительность работы объекта с ограничением пребывания людей на открытой РЗ местности до 1-2 часов в сутки.

Таблица 10

## Типовые режимы № 5

радиационной защиты рабочих и служащих на объектах экономики, проживающих в каменных домах с  $K_{осл}=10$  и использующих ПРУ с  $K_{осл}=50...100$

| Зона заражения | Уровень радиации на 1 ч после взрыва, Р/ч | Условное наименование режима защиты | Общая продолжительность соблюдения режима защиты, сут. | Последовательность соблюдения режима защиты                              |                                                                            |                                                                                                                                   |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                           |                                     |                                                        | I. Продолжительность пребывания в ПРУ (время прекращения работы объекта) | II. Продолжительность работы объекта с использованием для отдыха ПРУ, сут. | III. Продолжительность работы объекта с ограничением пребывания людей на открытой местности в течение каждых суток до 1-2 ч, сут. |
| А              | 25                                        | 5-А-1                               | 0,5                                                    | до 2ч                                                                    | —                                                                          | 0,4                                                                                                                               |
|                | 50                                        | 5-А-2                               | 1                                                      | 4ч                                                                       | —                                                                          | 0,8                                                                                                                               |
|                | 80                                        | 5-А-3                               | 2                                                      | 5ч                                                                       | —                                                                          | 1,8                                                                                                                               |
| Б              | 100                                       | 5-Б-1                               | 3                                                      | 6ч                                                                       | —                                                                          | 2,7                                                                                                                               |
|                | 140                                       | 5-Б-2                               | 5                                                      | 9ч                                                                       | —                                                                          | 4,6                                                                                                                               |
|                | 180                                       | 5-Б-3                               | 7                                                      | 12ч                                                                      | 1                                                                          | 5,5                                                                                                                               |
|                | 240                                       | 5-Б-4                               | 10                                                     | 16ч                                                                      | 1,5                                                                        | 8                                                                                                                                 |
| В              | 300                                       | 5-В-1                               | 15                                                     | 1 сут                                                                    | 2                                                                          | 12                                                                                                                                |
|                | 400                                       | 5-В-2                               | 25                                                     | 1,5 сут                                                                  | 3                                                                          | 20,5                                                                                                                              |
|                | 500                                       | 5-В-3                               | 35                                                     | 2 сут                                                                    | 4                                                                          | 29                                                                                                                                |
|                | 600                                       | 5-В-4                               | 45                                                     | 3 сут                                                                    | 5                                                                          | 37                                                                                                                                |
|                | 800                                       | 5-В-5                               | 60                                                     | 5 сут                                                                    | 7                                                                          | 48                                                                                                                                |
| Г              | 1000                                      | 5-Г-1                               | 75                                                     | 7 сут                                                                    | 10                                                                         | 58                                                                                                                                |

Продолжительность соблюдения каждого типового режима зависит:

- от уровня радиации на местности (на территории объекта) и спада его во времени;
- от защитных свойств (коэффициента ослабления) убежищ, ПРУ, производственных и жилых зданий;
- от установленных доз облучения людей.

С учетом этих факторов для рабочих и служащих разработаны четыре варианта типовых режимов (4-7-й) радиационной защиты (табл.10).

Кроме того, предусматриваются режимы ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в зонах радиоактивного заражения подразделениями формирований ГОЧС и др. силами ликвидации ЧС в МЧС РФ.

Типовые режимы разработаны с учетом продолжения работы объекта в две смены по 10-12 часов, а также передвижения людей к месту работы и обратно (продолжительность работы может быть и меньше, чем 10-12 часов).

Предусматривается следующий порядок ввода в действие режимов радиационной защиты.

С объявлением угрозы радиоактивного заражения на объектах экономики выставляются посты наблюдения, оснащенные дозиметрическими приборами. Эти посты замеряют уровни радиации через каждые полчаса и результаты измерений докладывают в отдел, сектор (штаб) ГОЧС объекта.

Начальник отдела, сектора ГОЧС по измеренным и рассчитанным на 1ч уровням радиации и таблице типовых режимов определяет режим радиационной защиты рабочих и служащих и свои предложения докладывает начальнику ГОЧС объекта экономики (руководитель объекта). Если на территории объекта уровни радиации неодинаковые, режим выбирается и устанавливается по максимальному уровню радиации, пересчитанному на один час после взрыва.

Режим радиационной защиты рабочих и служащих вводится в действие решением начальника ГОЧС, о чем передается сообщение по радиотрансляционной сети объекта и предоставляется донесение в вышестоящие управления ГОЧС.

Выход из режима радиационной защиты тоже определяется начальником ГОЧС, о чем оповещаются все рабочие и служащие объектов экономики.

#### **4.3. Оценка радиационной обстановки при применении ядерных боеприпасов (ядерном взрыве)**

*Приведение измеренных на местности уровней радиации к различному времени после ядерного взрыва производится аналогично по формуле (10):*

$$P_t = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}} .$$

где  $P_{\text{изм}}$  - уровень радиации, измеренный в момент времени  $t_{\text{изм}}$  после ядерного взрыва;  $P_t$  - уровень радиации в момент времени, на который пересчитывается измеренный уровень радиации;  $K_{\text{пер}} = (t/t_0)^{-1,2}$  находится по табл. 11 по  $t$  и  $t_{\text{изм}}$ .

Таблица 11

**Коэффициенты для пересчета уровней радиации на различное время после ядерного взрыва,  $K_{\text{пер}} = (t_{\text{изм}}/t_{\text{пер}})^{1,2}$ ,  $P_t = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}}$**

| Время после взрыва, на которое пересчитываются уровни радиации<br>$t_{\text{пер}}$ , ч, мин. | Время измерения уровней радиации, исчисляемое с момента взрыва $t$ изм, ч, мин. |     |   |     |   |     |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|---|-----|---|-----|---|
|                                                                                              | 1                                                                               | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |

|      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1    | 1,0  | 1,6  | 2,3  | 3    | 3,7  | 4,5  | 5,3  |
| 1,5  | 0,72 | 1,0  | 1,65 | 2,2  | 2,7  | 3,3  | 3,8  |
| 2    | 0,44 | 0,71 | 1,0  | 1,3  | 1,6  | 2,0  | 2,3  |
| 2,5  | 0,36 | 0,58 | 0,8  | 1,0  | 1,3  | 1,6  | 1,8  |
| 3    | 0,27 | 0,44 | 0,61 | 0,8  | 1,0  | 1,2  | 1,4  |
| 3,5  | 0,23 | 0,38 | 0,53 | 0,69 | 0,85 | 1,0  | 1,2  |
| 4    | 0,19 | 0,31 | 0,44 | 0,57 | 0,71 | 0,85 | 1,0  |
| 4,5  | 0,17 | 0,27 | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,75 | 0,88 |
| 5    | 0,14 | 0,23 | 0,33 | 0,44 | 0,54 | 0,65 | 0,76 |
| 5,5  | 0,13 | 0,21 | 0,3  | 0,4  | 0,49 | 0,59 | 0,68 |
| 6    | 0,12 | 0,19 | 0,27 | 0,35 | 0,44 | 0,52 | 0,6  |
| 6,5  | 0,11 | 0,17 | 0,23 | 0,31 | 0,38 | 0,44 | 0,52 |
| 7    | 0,1  | 0,16 | 0,22 | 0,29 | 0,37 | 0,45 | 0,50 |
| 7,5  | 0,09 | 0,15 | 0,21 | 0,27 | 0,34 | 0,41 | 0,47 |
| 8    | 0,08 | 0,13 | 0,29 | 0,25 | 0,31 | 0,37 | 0,44 |
| 8,5  | 0,08 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,3  | 0,35 | 0,42 |
| 9    | 0,07 | 0,12 | 0,18 | 0,22 | 0,28 | 0,34 | 0,40 |
| 9,5  | 0,07 | 0,12 | 0,17 | 0,21 | 0,27 | 0,32 | 0,38 |
| 10   | 0,07 | 0,11 | 0,16 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,36 |
| 10,5 | 0,06 | 0,1  | 0,14 | 0,20 | 0,22 | 0,30 | 0,32 |
| 11   | 0,06 | 0,09 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,27 | 0,32 |
| 11,5 | 0,05 | 0,09 | 0,12 | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,28 |
| 12   | 0,05 | 0,08 | 0,12 | 0,15 | 0,19 | 0,23 | 0,27 |
| 12,5 | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,25 |
| 13   | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,21 | 0,24 |
| 13,5 | 0,04 | 0,07 | 0,13 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,23 |
| 14   | 0,04 | 0,07 | 0,09 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 |
| 14,5 | 0,04 | 0,07 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,21 |
| 15   | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,17 | 0,2  |
| 15,5 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,2  |
| 16   | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,19 |
| 16,5 | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,18 |
| 17   | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,15 | 0,18 |
| 17,5 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,17 |
| 18   | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,12 | 0,14 | 0,16 |
| 18,5 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,16 |
| 19   | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,15 |
| 19,5 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,15 |
| 20   | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,1  | 0,12 | 0,15 |
| 20,5 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,1  | 0,12 | 0,14 |
| 21   | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,1  | 0,12 | 0,14 |

#### 4.4. Определение возможной дозы радиации при действиях на зараженной местности

Доза радиации за заданный промежуток времени ( $t_k - t_n$ ) рассчитывается согласно формуле:

$$D = \frac{1}{1-n} (P_k \cdot t_k - P_n \cdot t_n) \quad (13)$$

и при  $n=1,2$  с учетом  $K_{осл}$  (табл. 8).

В результате получим:

$$D = \frac{5(P_K \cdot t_K - P_H \cdot t_H)}{K_{\text{осл}}} \quad (14)$$

При этом  $P_H$  и  $P_K$  определяются путем пересчета измеренного уровня радиации по табл. 11  $P_t = K_{\text{пер}} P_{\text{изм}}$ .

Если формированию ГОЧС предстоит преодолеть радиоактивный след и при этом разведкой измерен максимальный уровень радиации  $P_{\text{max}}$  в точке пересечения маршрута с осью под углом  $\alpha$  к оси, то возможная доза радиации за время преодоления ( $T_{\text{пр}}$ ) может быть вычислена по формулам:

$$D = \frac{P_{\text{max}} \cdot t_{\text{пр}}}{4K_{\text{осл}}} \quad \text{при } \alpha=90^\circ \quad (15)$$

или

$$D = \frac{1,5P_{\text{max}} \cdot t_{\text{пр}}}{4K_{\text{осл}}} \quad \text{при } \alpha=90^\circ \quad (16)$$

При этом  $P_{\text{max}}$  должен быть пересчитан на время пересечения оси следа формированием.

Если формированию предстоит выполнить работы в течение  $T_{\text{раб}}$  на зараженной местности с уровнями радиации в начале работ  $P_H$  и в их конце  $P_K$ , то возможная доза радиации может быть вычислена по приближенной формуле:

$$D = \frac{P_{\text{ср}}}{K_{\text{осл}}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (17)$$

где  $P_{\text{ср}} = (P_H + P_K)/2$ .

Однако если задано время начала ( $t_H$ ) и конца ( $t_K$ ) работ формирования на радиоактивнозараженной РЗ местности, то расчет надо вести по точной формуле (14).

*Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивнозараженной местности при ядерном взрыве определяется по табл.12 по отношению  $(D_{\text{зад}} K_{\text{осл}} / P_H)$  и  $t_H$*

Таблица 12

Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности при ядерном взрыве  $T_{\text{доп}}$ , ч, мин.

| $D_{\text{зад}} K_{\text{осл}} / P_H$ | Время, прошедшее с момента взрыва до начала облучения<br>$t_H$ , ч |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|

|     | 0,5  | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|-----|------|-------|------|------|------|------|------|
| 0,2 | 0,15 | 0,14  | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 0,3 | 0,22 | 0,22  | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 0,4 | 0,42 | 0,31  | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 0,5 | 1,02 | 0,42  | 0,35 | 0,34 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| 0,6 | 1,26 | 0,54  | 0,44 | 0,41 | 0,39 | 0,39 | 0,38 |
| 0,7 | 2,05 | 1,08  | 0,52 | 0,49 | 0,47 | 0,46 | 0,45 |
| 0,8 | 2,56 | 1,23  | 1,02 | 0,57 | 0,54 | 0,53 | 0,52 |
| 0,9 | 4,09 | 1,42  | 1,12 | 1,05 | 1,02 | 1,00 | 0,59 |
| 1,0 | 5,56 | 2,03  | 1,23 | 1,14 | 1,10 | 1,08 | 1,06 |
| 2,0 | -    | 11,52 | 4,06 | 3,13 | 2,46 | 2,35 | 2,29 |
| 2,5 | -    | 31,00 | 6,26 | 4,28 | 3,48 | 3,28 | 3,16 |
| 3,0 | -    | -     | 9,54 | 6,09 | 5,01 | 4,28 | 4,10 |

Время ядерного взрыва определяется по двум измерениям уровня радиации  $P_1$  и  $P_2$  и интервалу времени между ними по табл. 13. При этом по отношению  $P_2/P_1$  и интервалу по табл. 13 определяется время после ядерного взрыва до второго измерения уровня радиации ( $t_2$ ). Время взрыва получается как разность при вычитании из местного времени второго замера (по часам) времени ( $t_2$ ), определенного по табл. 13.

Значения  $t_2$ , представленные в табл. 13, рассчитаны по формуле:

$$t_2 = \frac{\Delta t}{1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{0,8}} \quad (18)$$

Таблица 13

Время, прошедшее после ядерного взрыва до второго измерения уровня радиации  $t_2$ , ч, мин.

| Отноше-<br>ние<br>измерен-<br>ных<br>уровней<br>радиации<br>$P_2/P_1$ | Время между измерениями уровней радиации $\Delta t$ , ч, мин. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                       | 0,10                                                          | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 1,00 | 1,30 | 2,00 | 2,30 | 3,00 |

|      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,95 | 4,00 | 6,00 | 8,00 | 12,00 | 18,00 | 24,00 | 36,00 | 48,00 | 60,00 | 72,00 |
| 0,90 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 6,00  | 9,00  | 12,00 | 18,00 | 24,00 | 30,00 | 36,00 |
| 0,85 | 1,20 | 2,00 | 2,40 | 4,00  | 6,00  | 8,00  | 12,00 | 16,00 | 20,00 | 24,00 |
| 0,80 | 1,00 | 1,30 | 2,00 | 3,00  | 4,30  | 6,00  | 9,00  | 12,00 | 15,00 | 18,00 |
| 0,75 | 0,50 | 1,10 | 1,40 | 2,30  | 3,40  | 5,00  | 7,00  | 9,00  | 12,00 | 14,00 |
| 0,70 | 0,40 | 1,00 | 1,20 | 2,00  | 3,00  | 4,00  | 6,00  | 8,00  | 10,00 | 12,00 |
| 0,65 | 0,35 | 0,50 | 1,10 | 1,40  | 2,30  | 3,20  | 5,00  | 7,00  | 8,00  | 10,00 |
| 0,60 | 0,30 | 0,45 | 1,00 | 1,30  | 2,10  | 3,00  | 4,30  | 6,00  | 7,00  | 9,00  |
| 0,55 |      | 0,40 | 0,50 | 1,20  | 1,50  | 2,30  | 3,50  | 5,00  | 6,00  | 8,00  |
| 0,50 |      | 0,35 | 0,45 | 1,10  | 1,45  | 2,20  | 3,30  | 4,30  | 5,30  | 7,00  |
| 0,45 |      | 0,30 | 0,40 | 1,00  | 1,30  | 2,00  | 3,00  | 4,00  | 5,00  | 6,00  |
| 0,40 |      |      | 0,35 | 0,55  | 1,25  | 1,50  | 2,50  | 3,40  | 4,40  | 5,30  |
| 0,35 |      |      |      | 0,50  | 1,20  | 1,45  | 2,35  | 3,30  | 4,20  | 5,00  |
| 0,30 |      |      |      |       | 1,10  | 1,35  | 2,20  | 3,10  | 4,00  | 4,40  |
| 0,25 |      |      |      |       | 1,05  | 1,30  | 2,10  | 3,00  | 3,40  | 4,20  |
| 0,20 |      |      |      |       | 1,00  | 1,20  | 2,00  | 2,40  | 3,20  | 4,00  |

## 5. Действие ионизирующих излучений на биологические объекты

Существующие ныне формы жизни, включая млекопитающих и человека, возникли и эволюционно сложились на уровне постоянного фона радиации. Однако у живых организмов не выработались специальные органы для распознавания этого постоянно действующего фактора. Характерное свойство радиации - скрытное воздействие на организм. Другое свойство – способность вызывать отдаленные последствия (сокращение срока жизни, снижение сопротивляемости заболеваниям).  $\gamma$ -Радиация и нейтроны, а также протоны больших энергий, кроме того, обладают способностью глубоко проникать в облучаемую ткань.

В свете современных представлений, разработанных теоретической радиобиологией и радиационной медициной, эффекты, вызванные воздействием ионизирующей радиации, могут быть систематизированы в три группы:

- соматические (острая и хроническая лучевая болезнь, локальные лучевые повреждения — катаракта, незлокачественные опухоли);
- соматико-стохастические (сокращение продолжительности жизни, лейкозы, опухоли разных органов и тканей);
- генетические (доминантные и рецессивные генные мутации, хромосомные aberrации).

Соматические эффекты (нестохастического и стохастического характера) развиваются у человека, непосредственно подвергшегося облучению, а генетические (наследственные изменения) — у его потомства.

### 5.1. Действие ионизирующих излучений на организм человека

Последствия, которые вызывает воздействие излучения у человека в принципе подобно воздействию на прочие многоклеточные организмы:

изменения в соматических клетках, приводящие к возникновению рака;

генетические мутации, оказывающие воздействия на будущие поколения;

влияние на зародыш и плод вследствие облучения матери во время беременности;

смерть непосредственно в момент облучения.

Первые 2 последствия радиации – изменения в клетках организма – являются биологическими последствиями, когда организм подвергается небольшим дозам излучения. Возникновение же четвертого эффекта связано с получением значительной дозы радиации.

В целом при внешнем облучении его биологический эффект зависит от суммарной дозы и времени воздействия излучения, вида излучения, размеров облучаемой поверхности и индивидуальных особенностей организма. При значительном облучении развивается так называемая лучевая болезнь, которая может иметь разную степень проявления (таблица 14).

Таблица 14

## Степень лучевой болезни

| Доза излучения, Гр | Степень лучевой болезни | Начало проявления первичной реакции | Характер первичной реакции                                                           | Латентный период | Период разгара лучевой болезни |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| 1 – 2              | Легкая                  | Через 2 – 3 часа                    | Несильная тошнота                                                                    | До 4 – 5 недель  | На 5 – 7 день                  |
| 2 – 4              | Средняя                 | Через 1 – 2 часа                    | Рвота, слабость, недомогание                                                         | 3 – 4 недели     | На 4 – 5 день                  |
| 4 – 6              | Тяжелая                 | Через 20 – 40 мин                   | Множественная рвота, значительное недомогание, температура тела до 38 <sup>0</sup> С | До 10 – 20 суток | На 2 – 5 день                  |
| 6 - 10             | Крайне тяжелая          | Через 20 – 30 мин                   | Эритема кожи и слизистых, жидкий стул, температура тела 38 <sup>0</sup> С и выше     | Выражен нечетко  | С 8 – 12-х сут                 |

При облучении дозой более 10 Гр наблюдается 100% смертельных исходов. Лучевая болезнь может быть обусловлена не только внешним облучением, но и внутренним – при попадании радиоактивных веществ в организм. Она может развиваться при равномерном облучении всего тела, либо участка организма. Смертельные поглощенные дозы для отдельных частей тела следующие: голова – 20 Гр, нижняя часть живота – 30 Гр, верхняя часть живота – 50 Гр, грудная клетка – 100 Гр, конечности – 200 Гр. Различают острую и хроническую лучевую болезнь. Особенности течения и степень нарушений при лучевой болезни зависят от индивидуальной и возрастной чувствительности; дети и старики менее устойчивы к облучению, поэтому

тяжелые поражения у них могут возникать от меньших доз излучения. Особенно чувствительны к действию радиации ткани в период эмбрионального развития. Так, облучение в ранний период органогенеза (9-й день – 6-я неделя развития) способно даже в умеренных дозах вызвать аномалии плода, задержку роста организма и даже смерть в момент родов или спустя некоторое время после них. Подобные последствия характерны и для действия радиации во время плодного периода.

Характерные черты хронической лучевой болезни – длительность и волнообразность ее течения. Это обусловлено проявлениями поражения, с одной стороны, и восстановительных и приспособительных реакций – с другой. При преимущественном поражении того или иного органа или ткани отмечается несоответствие между глубиной поражения поврежденных структур и слабо выраженными или поздно проявляющимися признаками общих реакций организма. На ранних стадиях наблюдаются многочисленные нарушения нервной регуляции функций внутренних органов и в первую очередь сердечно-сосудистой системы. Могут возникать изменения ферментативной активности и секреторно-моторной функции желудочно-кишечного тракта; нарушения физиологической регенерации кроветворения вызывают развитие лейкопении. При прогрессировании заболевания все проявления усугубляются.

При внутреннем облучении степень радиационной опасности определяет ряд параметров:

Путь поступления радиоактивного вещества в организм;

Распределение радиоактивного вещества в организме;

Продолжительность поступления радиоактивного вещества в тело человека;

Время пребывания излучателя в организме (определяемое периодом полураспада и периодом биологического полувыделения);

Энергия, излучаемая радионуклидами в единицу времени;

Масса облучаемой ткани (зависит от проникающей способности излучения и локализации радиоактивного вещества в организме);

Отношение массы облучаемой ткани к массе всего тела;

Количество радионуклидов в органе.

Радионуклиды чаще всего откладываются в скелете, кроветворных органах и лимфе, но могут и равномерно распределяться во всех органах и тканях.

Сложное переплетение этих факторов приводит к большому разнообразию величин, характеризующих предельно допустимые количества радиоактивных элементов в воздухе, воде и внутри человеческого организма, и более общий показатель – предел годового поступления радионуклида в организм человека.

## **6. Радиационная безопасность. Нормы и правила контроля**

Необходимо понимать, что в связи как с важностью проблемы действия ионизирующих излучений на живые организмы и опасностью последствий, так и с тем, что многие государства в течение десятилетий вкладывали огромные средства в решение этой проблемы и смежных с ней, большинство аспектов действия ионизирующих излучений на состояние здоровья человека, и отчасти, на состояние окружающей среды, изучено много полнее, нежели действие опасных и вредных химических веществ. Поэтому при обеспечении безопасности населения и персонала строго в соответствии с принятыми нормами и правилами, можно добиться существенного снижения или вовсе исключения риска наступления неблагоприятных последствий при обращении с источниками ионизирующих излучений.

Основными действующими нормами по обеспечению радиационной безопасности населения в настоящее время являются Санитарные правила СП 2.6.1.758-99 "Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)", Санитарные правила СП 2.6.1.1292-2003 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения» и пр.

Для обеспечения безопасной работы персонала, имеющего отношение к эксплуатации источников ионизирующих излучений, а также для контроля радиационного загрязнения окружающей среды разработаны специальные правила, нормы и рекомендации, такие как Методические рекомендации "Радиационный контроль питьевой воды" (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача РФ 4 апреля 2000 г. N 11-2/42-09) или

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.1202-03 «Гигиенические требования к использованию закрытых радионуклидных источников ионизирующего излучения при геофизических работах на буровых скважинах»

В Санитарных правилах СП 2.6.1.758-99 "Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)" даются основные определения, имеющие отношения к радиационной безопасности, регламентируются приемлемые уровни облучения в зависимости от вида ионизирующего излучения, способа воздействия на организм, характера облучения, вида облучаемого органа, возраста и многого другого. В этом документе выделяется облучение техногенное, облучение от природных источников и облучение медицинское. Уровень каждого облучения нормируется. Так, допустимое значение эффективной дозы, обусловленной суммарным воздействием природных источников излучения, для населения не устанавливается. Снижение облучения населения достигается путем установления системы ограничений на облучение населения от отдельных природных источников излучения, таких например, как облучение, связанное с потреблением радионуклидов с питьевой водой (При

содержании природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде, создающих эффективную дозу меньше 0,1 мЗв за год, не требуется проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности). Документом установлено, что в случае технологического облучения пределы доз не должны превосходить указанных ниже величин (Таблица 15).

Таблица 15

## Основные пределы доз

| Нормируемые величины (1)                         | Пределы доз                                                                      |                                                                                |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | Персонал (группа А)<br>(2)                                                       | Население                                                                      |
| Эффективная доза                                 | 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год | 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год |
| Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза (3) | 150 мЗв                                                                          | 15 мЗв                                                                         |
| коже (4)                                         | 500 мЗв                                                                          | 50 мЗв                                                                         |
| кистях и стопах                                  | 500 мЗв                                                                          | 50 мЗв                                                                         |

Определяется в частности, что если уровень облучения составил свыше 200 мЗв/год, то он должно рассматриваться как потенциально опасный, и получивший такую дозу персонал должен немедленно выводиться из зоны облучения и отправляться на медицинское обследование.

При проведении профилактических медицинских рентгенологических исследований и научных исследований практически здоровых лиц годовая эффективная доза облучения этих лиц не должна превышать 1 мЗв.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв.

В документе устанавливаются также требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии, требования к контролю за выполнением норм, а также значения допустимых уровней радиационного воздействия.

## 7. Задание для расчета (Исходные данные табл.16)

### 7.1. Задача на тему «Оценка радиационной обстановки»

Наземные взрывы двух ядерных боеприпасов в \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин. Сводная команда ГОЧС (СвК) получила задачу совершить марш на автомобилях из загородной зоны на объект для проведения аварийно-спасательных работ с преодолением на маршруте участка радиоактивного заражения (РЗ) под углом 90° к оси следа.

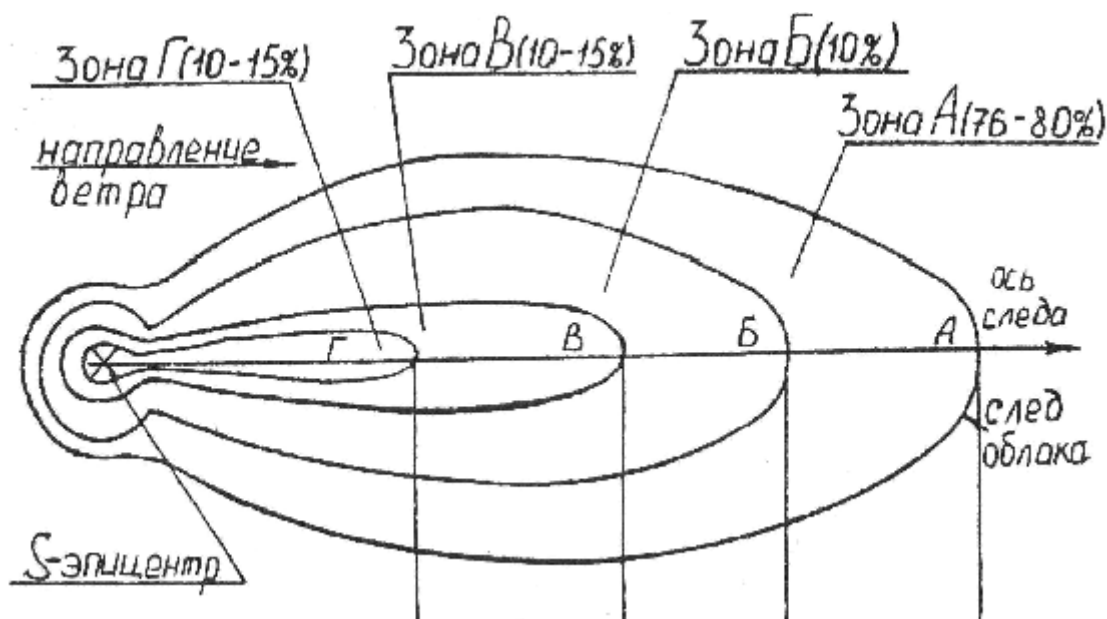
Длина пути по РЗ участку \_\_\_\_\_ км  
 Уровни радиации в \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.  
 — на маршруте движения в точке пересечения с осью следа \_\_\_\_\_ Р/ч  
 — на объекте (в очаге поражения) \_\_\_\_\_ Р/ч  
 Скорость движения автоколонны на зараженном участке \_\_\_\_\_ км/ч  
 Время пересечения оси радиоактивного следа \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.  
 Начало спасательных работ на объекте в \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.  
 Продолжительность их ведения \_\_\_\_\_ ч

Определить:

1. В какой зоне радиоактивного заражения оказался объект.
2. Суммарную дозу облучения личного состава СвК за время выполнения задачи (на марше и при ведении аварийно-спасательных работ).

## 7.2. Методика решения задачи

1. Определяем зону радиоактивного заражения (РЗ), в которой оказался объект:  $t'_{изм} = t_{изм} - t_{яв}$ ,  $P_{10} = K_{пер} * P_{об}$   
 По  $t'_{изм}$  и  $t=10$ ч по табл. 11 находим  $K_{пер}$ . Тогда рассчитываем  $P_{10}$ .
2. Зная  $P_{10}$ , согласно рис. 1 найдём зону РЗ.



| Закономерность                                | Ax100 | Ax30 | Ax10 | A   |
|-----------------------------------------------|-------|------|------|-----|
| Параметры                                     | -     | -    | -    | -   |
| Доза облучения<br>$D_{\infty}, P$             | 400   | 1200 | 400  | 40  |
| Уровень радиации<br>через 1 ч, $P_1, P/ч$     | 800   | 240  | 80   | 8   |
| Уровень радиации через<br>10 ч, $P_{10}, P/ч$ | 50    | 15   | 5    | 0,5 |

Рис.1. Схема РЗ местности в районе ЯВ и по следу движения облака

3. Суммарная доза облучения личного состава (л/с) СвК за время выполнения задачи:

$$\sum D = D_{\text{м}} + D_{\text{об}}$$

а) Доза облучения на марше находится по формуле (15)

$$D_{\text{м}} = \frac{P_{\text{max}} T_{\text{пр}}}{4K_{\text{осл}}}$$

где  $T_{\text{пр}} = \frac{S}{V}$ ,  $P_{\text{max}} = K_{\text{пер м}} P_{\text{м}}$

При  $t'_{\text{изм}}$  и  $t'_{\text{м}} = t_{\text{м}}$  - т.е. по табл. 11 находим  $K_{\text{пер м}}$ . Затем определим  $P_{\text{max}}$ . Подставляя найденные значения и  $K_{\text{осл}} = 2$  (согласно табл. 8) для бортового автомобиля рассчитаем  $D_{\text{м}}$ .

б) Доза облучения при проведении АС и ДНР в зоне РЗ, где находится объект (14),

$$D_{\text{об}} = \frac{5(P_{\text{н}} t_{\text{н}} - P_{\text{к}} t_{\text{к}})}{K_{\text{осл}}},$$

где  $K_{\text{осл}} = 1$  согласно табл. 8 ( в случае открытой местности);

При  $t_{\text{н}} = t_{\text{н}}$  - т.е. и  $t'_{\text{изм}}$  по табл.11 определим  $K_{\text{пер н}}$  и затем рассчитываем  $P_{\text{н}}$ :

$$P_{\text{н}} = K_{\text{пер н}} P_{\text{об}}.$$

При  $t_{\text{к}} = (t_{\text{р}} + t_{\text{н}}) - t_{\text{я}}$  и  $t'_{\text{изм}}$  по табл. 11 найдем значение  $K_{\text{пер к}}$  рассчитаем  $P_{\text{к}}$ :

$$P_{\text{к}} = K_{\text{пер к}} P_{\text{об}}$$

Подставляя значение параметров, определим по выражению (14)  $D_{\text{об}}$ .

**Примечание.** В случае, если расчет дал  $D_{\text{об}} < 0$ , то расчет вести по приближенной формуле (17):

$$D_{\text{об}} = \frac{P_{\text{ср}} t_{\text{р}}}{K_{\text{осл}}}$$

где  $P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{н}} + P_{\text{к}}}{2}$ .

Тогда, подставляя значения в  $\sum D = D_{\text{м}} + D_{\text{об}}$  рассчитаем суммарную дозу облучения личного состава.

#### Выводы:

1. Работы личного состава СвК в очаге поражения в военное время при ЯВ (не) допустимы ( $D_{\text{доп}} = 50 \text{ Р}$ ).

2.Целесообразно использовать защитные сооружения и средства индивидуальной защиты.

### **8. Контрольные вопросы**

- 8.1. Почему доля энергии, полученной на АЭС, будет возрастать с каждым годом? Какие шаги в области защиты окружающей среды в связи с этим необходимо предпринимать?
- 8.2. Что такое «радиоактивное вещество»? Какие радиоактивные вещества Вам известны?
- 8.3. Что понимают под ионизирующими излучениями? Что Вам известно о физической природе ионизирующих излучений?
- 8.4. Что понимается под дозой облучения? Какие виды доз Вам известны? Что такое мощность дозы?
- 8.5. Какие источники ионизирующих излучений Вам известны? Какие из них представляют наибольшую опасность для населения?
- 8.6. Что такое радионуклиды? Как радионуклиды участвуют в облучении организма?
- 8.7. Что Вам известно о природных источниках ионизирующих излучений?
- 8.8. Что такое техногенные источники ионизирующих излучений?
- 8.9. В каких условиях человек подвергается действию высоких концентраций радона в воздухе?
- 8.10. Чем стохастические эффекты отличаются от детерминированных эффектов? В чём проявляются те и другие?
- 8.11. Назовите основные источники загрязнения радиоактивными веществами окружающей среды.
- 8.12. Какие «неатомные» отрасли увеличивают величину облучения персонала и населения?
- 8.13. Как действие облучения проявляется на клеточном уровне?
- 8.14. Какие органы и ткани наиболее чувствительны к действию ионизирующего излучения?
- 8.15. Изменяется ли проявление эффектов облучения в зависимости от уровня организации жизни? Чем это объясняется?
- 8.16. Существуют ли в организме механизмы восстановления повреждений, наносимых ионизирующим излучением?
- 8.17. Каковы пути поступления в окружающую среду основных радиоактивных изотопов, в каких тканях они преимущественно накапливаются и к каким заболеваниям это приводит?
- 8.18. Опишите симптомы лучевой болезни.

Таблица 16

## Варианты заданий для оценки радиационной обстановки

| N<br>п/п | Наименование<br>данных задачи                             | Варианты данных для условия задачи |      |     |      |     |     |      |     |      |      |     |     |     |     |      |      |      |      |      |     |      |     |     |      |
|----------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|
|          |                                                           | 1                                  | 2    | 3   | 4    | 5   | 6   | 7    | 8   | 9    | 10   | 11  | 12  | 13  | 14  | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20  | 21   | 22  | 23  | 24   |
| 1        | Время ядерного взрыва, ч                                  | 8                                  | 9    | 11  | 10   | 12  | 6   | 13   | 13  | 5    | 6    | 7   | 9   | 8   | 10  | 6    | 7    | 9    | 8    | 10   | 14  | 13   | 11  | 9   | 8    |
| 2        | Длина пути по участку заражения на маршруте, км           | 30                                 | 25   | 20  | 20   | 30  | 35  | 25   | 20  | 20   | 20   | 35  | 25  | 20  | 30  | 25   | 20   | 25   | 20   | 20   | 25  | 25   | 30  | 25  | 20   |
| 3        | Время замера уровней радиации на маршруте и на объекте, ч | 10                                 | 10,5 | 12  | 13   | 14  | 8,5 | 14,5 | 14  | 8    | 7    | 9   | 10  | 11  | 12  | 7,5  | 9,5  | 10,5 | 11,5 | 12,5 | 18  | 16,5 | 12  | 11  | 12   |
| 4        | Уровни радиации (Р/ч) на маршруте                         | 100                                | 150  | 240 | 80   | 100 | 90  | 150  | 240 | 80   | 270  | 95  | 230 | 92  | 98  | 142  | 86   | 144  | 70   | 88   | 66  | 82   | 260 | 90  | 60   |
|          | на объекте                                                | 40                                 | 30   | 50  | 17   | 40  | 30  | 30   | 50  | 17   | 42   | 40  | 52  | 20  | 38  | 34   | 30   | 25   | 15   | 28   | 10  | 20   | 45  | 40  | 16   |
| 5        | Скорость движения на маршруте, км/ч                       | 40                                 | 50   | 40  | 40   | 40  | 40  | 50   | 40  | 40   | 40   | 40  | 50  | 40  | 50  | 50   | 40   | 50   | 40   | 40   | 50  | 50   | 50  | 50  | 40   |
| 6        | Время пересечения оси следа радиоактивного облака, ч      | 11                                 | 12   | 14  | 15,5 | 15  | 10  | 16   | 16  | 10,5 | 9    | 10  | 11  | 13  | 13  | 9    | 10,5 | 12   | 13   | 14,5 | 20  | 19   | 14  | 12  | 14,5 |
| 7        | Время начала спасательных работ, ч                        | 12                                 | 13,5 | 15  | 16,5 | 16  | 11  | 17,5 | 17  | 11,5 | 10,5 | 11  | 12  | 14  | 14  | 10,5 | 12   | 13   | 14   | 16   | 22  | 20   | 16  | 13  | 16   |
| 8        | Продолжительность спасательных работ, ч                   | 4                                  | 5,0  | 3,0 | 2,5  | 4,0 | 3,5 | 5,0  | 3,0 | 2,5  | 3,0  | 2,0 | 2,0 | 4,0 | 3,0 | 4,0  | 4,0  | 3,0  | 2,0  | 4,0  | 2,0 | 5,0  | 7,0 | 3,0 | 2,0  |

## **Библиографический список**

1. Санитарные правила СП 2.6.1.1292-2003 Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения.
2. Санитарные правила СП 2.6.1.758-99(2009) Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99).
3. Управление по делам ГО и ЧС. Нижегородский государственный технический университет. Учебные пособия  
[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/gochs/posobiya/](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/gochs/posobiya/)
4. Израэль Ю.А., Назаров И.М., Квасникова Е.В. Радиоактивное загрязнение местности (Обзор загрязнения окружающей природной среды в Российской Федерации за 1997 г.). - М.: Росгидромет, 1997.
5. Израэль Ю.А., Квасникова Е.В., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. "Глобальное и региональное радиоактивное загрязнение европейской территории бывшего СССР" - Метеорология и гидрология, 1994, N 5.

## **«ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ»**

Методические указания к практическим и лабораторным работам  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность  
и охрана труда», «Техносферная безопасность»

для студентов всех специальностей и направлений

**Составители:**

к.т.н., доцент Шипулина Ю.В., к.б.н. Третьяк Л.П.

**Рецензент:**

к.т.н., доцент Саинова В.Н.

Методические указания «Оценка качества трудовой деятельности человека и производственной среды» для практических и лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Пожарная безопасность и охрана труда», «Техносферная безопасность» (для студентов всех специальностей и направлений) / Ю.В. Шипулина, Л.П.Третьяк; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: АГТУ

Методические указания утверждены на заседании кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол №\_\_\_

© Астраханский государственный технический университет, 2022

**Цель работы:** выполнить долгосрочный и краткосрочный прогноз состояния здоровья человека при воздействии различных факторов.

### **1. Теоретическое введение.**

Жизнь человека неразрывно связана с различными видами деятельности. Недаром определение слова «деятельность» звучит следующим образом: «Деятельность -это способ существования человека». Деятельность человека разнообразна и многогранна. В процессе труда человек вступает во взаимодействие с предметами, орудиями труда, другими людьми. Кроме того, на него оказывают воздействие различные параметры производственной обстановки, в которой протекает труд (шум, вибрация, температура, влажность, вредные вещества, излучения и т.п.).

Все это в совокупности формирует определенные условия, в которых протекает труд человека. От этих условий труда зависят здоровье и работоспособность человека, его отношение к труду и результаты труда. Это значит, что условия труда характеризуют качество производственной среды. Для оценки качества производственной среды необходимо определить класс условий труда.

***Под условиями труда понимается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.***

В основу гигиенических критериев оценки и классификации условий труда положен принцип дифференциации условий труда по степени отклонения параметров производственной среды от действующих гигиенических нормативов.

Исходя из гигиенических критериев и принципов классификации условий труда все условия труда подразделяются на 4 класса.

**1 класс – оптимальные условия труда** - это такие условия, при которых сохраняется не только здоровье работающих, но и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

**2 класс – допустимые условия труда** - это такие условия труда, при которых все производственные факторы находятся в пределах установленных допустимых нормативов, а возможные изменения состояния организма восстанавливаются во время отдыха или к началу следующей смены.

**3 класс – вредные условия труда** - характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека.

***Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих подразделяются на 4 степени вредности.***

**1 степень 3-го класса** - условия труда, характеризующиеся такими отклонениями от гигиенических нормативов, которые, как правило, вызывают обратимые функциональные изменения.

**2 степень 3-го класса** - условия труда, характеризующиеся такими отклонениями производственных факторов, которые могут вызывать стойкие функциональные изменения, приводящие к временной утрате трудоспособности, повышению частоты общей заболеваемости, появлению начальных признаков профессиональных заболеваний.

**3,4 степень 3-го класса** - условия труда, приводящие к устойчивым формам профессиональных заболеваний.

**4 класс – опасные (экстремальные) условия труда**, характеризующиеся такими уровнями производственных факторов, воздействие которых в течении рабочей смены создает угрозу для жизни,

высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных поражений.

*Определяется класс условий труда на основе соответствующей таблицы сначала пофакторно, затем выводится общая оценка класса условий труда на рабочем месте.*

*Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности устанавливается по наиболее высокому классу и степени вредности. В случае, если три и более фактора относятся к классу 3.1, общая оценка соответствует классу 3.2. При наличии двух и более факторов класса 3.2, 3.3, 3.4 условия труда оцениваются соответственно на одну ступень выше.*

При оценке класса условий труда учитываются все возможные факторы производственной среды формирующиеся на конкретном рабочем месте, начиная с оценки тяжести и напряженности труда. Тяжесть труда характеризует мышечные усилия человека при выполнении своего вида работы. Напряженность труда характеризует умственные усилия или нагрузку которая ложится на центральную и периферийную нервные системы, сердечно-сосудистую системы человека.

Физические усилия человека оцениваются: статистической и динамической нагрузкой, массой поднимаемого груза, пройденным за смену расстоянием, стереотипными рабочими движениями, рабочей позой, наклонами корпуса.

Статистическая нагрузка определяется по формуле:

$$A_c = P * t, (\text{кгс})$$

где  $P$  - вес удерживаемого груза, кг;

$t$  - время, в течение которого удерживается груз, с.

На производстве статические усилия встречаются в следующих видах:

- усилия для удержания обрабатываемого изделия или инструмента;

- усилия для перемещения органов управления;
- усилия по прижиму инструмента к обрабатываемому изделию или наоборот.

Для определения первого вида усилия необходимо взвесить вес изделия или инструмента на весах.

Усилие на органах управления определяется с помощью динамометра или по документам.

В третьем случае усилие определяется с помощью тензометрических, пьезометрических или других датчиков, которые закрепляются на изделии или инструменте.

Время удержания статического усилия во всех случаях определяется на основании хронометражных измерений.

Если физическая работа связана с перемещением груза и тела человека в пространстве, её называют *динамической*. *Динамическая нагрузка* определяется по следующей формуле:

$$A_d = \left( \frac{P \cdot l}{9} + P \cdot H_n + P \cdot \frac{H_o}{2} \right) \cdot 6,$$

где  $l$  - расстояние на которое переносится груз, м;

$H_n$  — высота поднятия груза, м;

$H_o$  — высота опускания груза, м.

Для определения величины динамической нагрузки определяется масса груза путем взвешивания или по документам и путь его перемещения. Подсчитывается общее количество операций по переносу груза за смену и суммируется величина внешней механической работы за смену, то есть динамической нагрузки за смену.

*Массу поднимаемого и переносимого работником груза в течении смены* постоянно или при чередовании с другой работой определяют, взвешивая груз на товарных весах. Регистрируется только максимальная величина.

*Пройденное работником за смену расстояние* включает в себя переходы, обусловленные технологическим процессом, как по горизонтали, так и по вертикали – по лестницам, пандусам и т.д. Проще всего измерить это расстояние с помощью шагомера. Количество шагов за смену умножается на длину шага (мужской шаг в производственной обстановке в среднем равняется 0,6м, а женский – 0,5м). На время обеденных или регламентированных перерывов шагомер необходимо снимать.

Для определения нагрузки при физическом труде учитываются и такие показатели как стереотипные рабочие движения, рабочая поза, наклоны корпуса и т.д.

*Стереотипные рабочие движения* – это однократное перемещение рук (или руки) из одного положения в другое. В зависимости от амплитуды движений и участвующей в выполнении движения мышечной массы делятся на локальные и региональные. Работы, для которых характерны локальные движения, выполняются в быстром темпе (60-250 движений в минуту) и за смену количество движений может достигать нескольких десятков тысяч. Как при локальных, так и при региональных движениях темп в течение рабочей смены, как правило, не изменяется. Поэтому количество движений считается при помощи какого-либо автоматического счетчика за период времени в 10 – 15 мин., а затем рассчитывается общее количество движений за смену. Число движений можно подсчитать по числу знаков напечатанных или набранных за смену.

*Рабочая поза*, которую человек принимает при выполнении той или иной работы, определяется путем наблюдения за работником. Рабочие позы подразделяются на свободные, фиксированные, неудобные, вынужденные.

*Свободная поза* – это поза сидя, позволяющая изменять положение тела или его частей в течение рабочего дня. Также эта поза позволяет вставать с рабочего места и передвигаться в пространстве, если это требуется по

характеру выполняемой работы (например, работа руководителей среднего и высшего звена). Фиксированная рабочая поза – это поза, принимаемая работником в связи с выполняемой работой и не позволяющая изменять взаимное расположение различных частей тела относительно друг друга (работа с использованием микроскопа, лупы, конвейерный труд). Неудобная поза – поза с большим наклоном или поворотом туловища, с поднятыми выше плеч руками, с неудобным размещением нижних конечностей. Вынужденная рабочая поза – это позы лежа, на корточках, на коленях и т.д.

Время пребывания в той или иной позе определяется на основании хронометражных данных за смену, после чего рассчитывается время пребывания в относительных величинах, т.е. в процентах к 8-ми часовой смене. Если в течение рабочей смены работник принимает различные позы, то оценку проводят по наиболее типичной для данной работы позе.

*Наклоны корпуса* оцениваются количеством наклонов за смену и глубиной наклонов. Количество наклонов подсчитывается за единицу времени, а затем рассчитывается общее количество за смену или определением количества наклонов за одну операцию и умножается на количество операций. Глубина наклонов корпуса измеряется в градусах с помощью простого приспособления для измерения углов.

**Общая оценка по степени физической тяжести** проводится на основе всех приведенных выше показателей. При этом в начале устанавливается класс по каждому измеренному показателю и вносится в протокол, а окончательная оценка тяжести труда устанавливается по показателю, отнесенному к наибольшему классу. При наличии двух и более показателей класса 3.1 и 3.2 общая оценка устанавливается на одну степень выше. Результаты оценки заносятся в протокол. (табл.1).

Пример заполнения протокола представлен в виде таблицы 1. Студенты должны внести в протокол свои данные по тяжести труда и его оценке. В

протоколе должны быть указаны все показатели тяжести труда. Если соответствующие показатели отсутствуют в характеристике рабочего места, в соответствующих графах ставятся прочерки. Под протоколом или на отдельной странице дается обоснование оценки тяжести труда по заданному рабочему месту.

Таблица 1.

**Протокол оценки условий труда по показателям  
тяжести трудового процесса**

| №                                  | Показатели                                                                                                               | Факт, значения | Класс |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|
| 1                                  | 2                                                                                                                        | 3              | 4     |
| 1                                  | Физическая динамическая нагрузка (кг×м):<br>региональная — перемещение груза до 1 м<br>общая нагрузка: перемещение груза | 3 520          | 3.1   |
| 1.1                                | от 1 до 5 м                                                                                                              | -              |       |
| 1.2                                | более 5 м                                                                                                                | -              |       |
| 2                                  | Масса поднимаемого и перемещаемого<br>вручную груза (кг):                                                                |                |       |
| 2.1                                | при чередовании с другой работой                                                                                         | -              | 1     |
| 2.2                                | постоянно в течение смены                                                                                                | 0,8            | 1     |
| 2.3                                | суммарная масса за каждый час смены:                                                                                     |                |       |
|                                    | с рабочей поверхности                                                                                                    | 550            | 3.1   |
|                                    | с пола                                                                                                                   |                |       |
| 3                                  | Стереотипные рабочие движения (кол-во):                                                                                  |                |       |
| 3.1                                | локальная нагрузка                                                                                                       | -              | 1     |
| 3.2                                | региональная нагрузка                                                                                                    | 21 000         | 3.1   |
| 4                                  | Статическая нагрузка (кгс • с)                                                                                           |                |       |
| 4.1                                | одной рукой                                                                                                              | -              | 1     |
| 4.2                                | двумя руками                                                                                                             | 13 200         | 1     |
| 4.3                                | с участием корпуса и ног                                                                                                 | -              |       |
| 5                                  | Рабочая поза                                                                                                             | стоя 75 %      | 3.1   |
| 6                                  | Наклоны корпуса (количество за смену)                                                                                    | 200            | 3.1   |
| 7                                  | Перемещение в пространстве (км):                                                                                         |                |       |
| 7.1                                | по горизонтали                                                                                                           | 1,5            | 1     |
| 7.2                                | по вертикали                                                                                                             | -              | 1     |
| Окончательная оценка тяжести труда |                                                                                                                          |                | 3.2   |

Итак, из 9 показателей, характеризующих тяжесть труда, 5 относятся к классу 3.1. Учитывая пояснения раздела 8 (при наличии 2-х и более показателей класса 3.1, общая оценка повышается на одну степень), окончательная оценка тяжести трудового процесса укладчицы хлеба - класс 3.2.

Умственные усилия человека измерить напрямую очень сложно. Замечено, что выполнение умственной работы сопровождается повышенным потреблением легкими кислорода, повышением кровяного давления, изменением ЭКГ. Длительная умственная нагрузка оказывает угнетающее действие на психику человека: ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок). Напряженность труда оценивается такими показателями, как: нагрузки интеллектуального характера, сенсорные нагрузки, эмоциональные нагрузки, монотонность нагрузок, режим работы.

К нагрузкам интеллектуального характера относятся: *содержание работы, восприятие сигналов (информации) и их оценка, распределение функций по степени сложности задания, характер выполняемой работы.*

К сенсорным нагрузкам - *длительность сосредоточенного наблюдения, плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы, число производственных объектов одновременного наблюдения, размер объекта различения при длительности сосредоточенного внимания (% от времени смены, работа с оптическими приборами (микроскоп, лупа и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения, наблюдение за экраном видеотерминала (ч в смену), нагрузка на слуховой анализатор, нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов наговариваемых в неделю).*

К эмоциональным нагрузкам - *степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки, степень риска для собственной жизни, ответственность за безопасность других лиц, количество конфликтных ситуаций за смену.*

Монотонность нагрузок оценивается числом элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций, продолжительностью (с) выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций, временем активных действий (в % к продолжительности смены), монотонностью производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса, в % от времени смены).

Важной составляющей оценки умственной нагрузки является режим работы. Для оценки режима работы определяется: фактическая продолжительность рабочего дня, сменность работы, наличие регламентированных перерывов и их продолжительность (без учета обеденного перерыва).

Ниже приведены оценочные критерии показателей умственной нагрузки.

К классу 3.1 относятся такие работы, где принятие решений происходит на основе необходимой и достаточной информации по известному алгоритму (как правило, это задачи диагностики или выбора), а классом 3.2 оценивать работу, когда решения необходимо принимать в условиях неполной или недостаточной информации (как правило, это решения в условиях неопределенности), а алгоритм решения отсутствует. Имеет значение и постоянство решения таких задач.

«Простоту - сложность решаемых задач» определяем по таблице 2., где приведены некоторые характерные признаки простых и сложных задач.

Таблица 2.

**Некоторые признаки сложности решаемых задач**

| Простые задачи                                                                                                                                                                                                                         | Сложные задачи                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Не требуют рассуждений                                                                                                                                                                                                              | 1. Требуют рассуждений                                                                                                                                                             |
| 2. Имеют ясно сформулированную цель                                                                                                                                                                                                    | 2. Цель сформулирована только в общем (например, руководство работой бригады)                                                                                                      |
| 3. Отсутствует необходимость построения внутренних представлений о внешних событиях                                                                                                                                                    | 3. Необходимо построение внутренних представлений о внешних событиях                                                                                                               |
| 4. План решения всей задачи содержится в инструкции (инструкциях)                                                                                                                                                                      | 4. Решение всей задачи необходимо планировать                                                                                                                                      |
| 5. Задача может включать несколько подзадач, не связанных между собой или связанных только последовательностью действий. Информация, полученная при решении подзадачи, не анализируется и не используется при решении другой подзадачи | 5. Задача всегда включает решение связанных логически подзадач, а информация, полученная при решении каждой подзадачи, анализируется и учитывается при решении следующей подзадачи |
| 6. Последовательность действий известна, либо она не имеет значения                                                                                                                                                                    | 6. Последовательность действий выбирается исполнителем и имеет значение для решения задачи                                                                                         |

**Общая оценка напряженности трудового процесса** проводится по всем 23 показателям, указанным в табл. 3. Не допускается выборочный учет каких-либо отдельно взятых показателей для общей оценки напряженности труда.

По каждому из 23 показателей в отдельности определяется свой класс условий труда. В том случае, если по характеру или особенностям профессиональной деятельности какой-либо показатель не представлен (например, отсутствует работа с экраном видеотерминала или оптическими приборами), то по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный) - напряженность труда легкой степени.

«Оптимальный» (1 класс) устанавливается в случаях, когда 17 и более показателей имеют оценку 1 класса, а остальные относятся ко 2 классу. При этом отсутствуют показатели, относящиеся к 3 (вредному) классу.

«Допустимый» (2 класс) устанавливается в следующих случаях:

когда 6 и более показателей отнесены ко 2 классу, а остальные - к 1 классу;

когда от 1 до 5 показателей отнесены к 3.1 и/или 3.2 степеням вредности, а остальные показатели имеют оценку 1-го и/или 2-го классов.

«Вредный» (3) класс устанавливается в случаях, когда 6 или более показателей отнесены к третьему классу (обязательное условие).

При соблюдении этого условия труд напряженный 1-й степени (3.1):

когда 6 показателей имеют оценку только класса 3.1, а оставшиеся показатели относятся к 1 и/или 2 классам;

когда от 3 до 5 показателей относятся к классу 3.1, а от 1 до 3 показателей отнесены к классу 3.2.

Труд напряженный 2-й степени (3.2): когда 6 показателей отнесены к классу 3.2; когда более 6 показателей отнесены классу 3.1; когда от 1 до 5 показателей отнесены к классу 3.1, а от 4 до 5 показателей - к классу 3.2; когда 6 показателей отнесены к классу 3.1 и имеются от 1 до 5 показателей класса 3.2. В тех случаях, когда более 6 показателей имеют оценку 3.2, напряженность трудового процесса оценивается на одну степень выше - класс 3.3.

#### *Пример расчета напряженности трудового процесса*

Краткое описание выполняемой работы: осуществляет контроль за работой бригады, контролирует качество работы, обеспечивает наличие материалов и контролирует эффективность использования оборудования, осуществляет работу на станках и с измерительными приборами, проводит работу с технической документацией, составляет отчеты и т. п.

Таблица 3.

#### **Протокол оценки условий труда по показателям тяжести трудового процесса**

| Показатели                    |                                                                                                     | Класс условий труда |   |     |     |     |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---|-----|-----|-----|
| 1                             |                                                                                                     | 2                   | 3 | 4   | 5   | 6   |
|                               |                                                                                                     | 1                   | 2 | 3.1 | 3.2 | 3.3 |
| 1 . Интеллектуальные нагрузки |                                                                                                     |                     |   |     |     |     |
| 1.1                           | Содержание работы                                                                                   |                     |   | +   |     |     |
| 1.2                           | Восприятие сигналов и их оценка                                                                     |                     |   | +   |     |     |
| 1.3                           | Распределение функции по степени сложности задания                                                  |                     |   | +   |     |     |
| 1.4                           | Характер выполняемой работы                                                                         |                     |   | +   |     |     |
| 2. Сенсорные нагрузки         |                                                                                                     |                     |   |     |     |     |
| 2.1                           | Длительность сосредоточенного наблюдения                                                            |                     | + |     |     |     |
| 2.2                           | Плотность сигналов за 1 час работы                                                                  | +                   |   |     |     |     |
| 2.3                           | Число объектов одновременного наблюдения                                                            | +                   |   |     |     |     |
| 2.4                           | Размер объекта различения при длительности сосредоточенного внимания                                |                     | + |     |     |     |
| 2.5                           | Работа с оптическими приборами при длительности сосредоточенного наблюдения                         | +                   |   |     |     |     |
| 2.6                           | Наблюдение за экраном видеотерминала                                                                | +                   |   |     |     |     |
| 2.7                           | Нагрузка на слуховой анализатор                                                                     |                     |   | +   |     |     |
| 2.8                           | Нагрузка на голосовой аппарат                                                                       | +                   |   |     |     |     |
| 3. Эмоциональные нагрузки     |                                                                                                     |                     |   |     |     |     |
| 3.1                           | Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки.                   |                     |   |     | +   |     |
| 3.2                           | Степень риска для собственной жизни                                                                 | +                   |   |     |     |     |
| 3.3                           | Ответственность за безопасность других лиц                                                          | +                   |   |     |     |     |
| 3.4                           | Количество конфликтных производственных ситуаций за смену                                           |                     |   | +   |     |     |
| 4. Монотонность нагрузок      |                                                                                                     |                     |   |     |     |     |
| 4.1                           | Число элементов, необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций |                     | + |     |     |     |
| 4.2                           | Продолжительность выполнения простых заданий или повторяющихся операций                             | +                   |   |     |     |     |
| 4.3                           | Время активных действий                                                                             | +                   |   |     |     |     |
| 4.4                           | Монотонность производственной обстановки                                                            | +                   |   |     |     |     |
| 5. Режим работы               |                                                                                                     |                     |   |     |     |     |
| 5.1                           | Фактическая продолжительность рабочего дня                                                          |                     | + |     |     |     |
| 5.2                           | Сменность работы                                                                                    |                     |   | +   |     |     |

|                                        |                                                             |    |   |   |   |  |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----|---|---|---|--|
| 5.3                                    | Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность |    |   | + |   |  |
| Количество показателей в каждом классе |                                                             | 10 | 4 | 8 | 1 |  |
| Общая оценка напряженности труда       |                                                             |    |   |   | + |  |

**Примечание:** более 6 показателей относятся к классу 3.1, поэтому общая оценка напряженности труда мастера соответствует классу 3.2 (см. п. 6.3.3).

После оценки тяжести и напряженности труда оцениваются все остальные производственные факторы не вошедшие в оценку тяжести или напряженности труда. Например: освещенность, уровень шума, вибрации, электромагнитных излучений и т.д. Их оценка вносится в итоговую таблицу 4. На основании правил выводится класс условий труда, который и будет характеризовать данное рабочее место.

Заполнение таблицы 4 сопровождается обоснованием присвоения тому или иному производственному фактору класса условий труда. Обоснование представляется после заполненной таблицы.

При отчете по выполненной расчетно-графической работе необходимо знать не только порядок выполнения работы, но и дать характеристику каждому фактору, какими параметрами характеризуется, какое негативное действие может оказать на человека и окружающую среду и методы защиты от данного фактора. Знать принцип нормирования производственного фактора.

Знание класса условий труда не позволяет выполнить прогноз состояния здоровья человека, мы можем лишь достоверно определить на каких рабочих местах на человека оказывается негативное воздействие, а на каких нет.

В соответствии с современной физиологической теорией функциональных систем различают три функциональных состояния организма: *нормальное, пограничное и патологическое*. Каждое из них имеет свои характерные признаки, позволяющие их распознать с помощью медико-физиологических и технико-экономических показателей.

В процессе труда под влиянием разных производственных элементов (факторов) и их комплексов у человека может сформироваться только одно из трех функциональных состояний организма.

Так были установлены три основных категории тяжести и напряженности любой работы. Затем на основании обширных исследований были выделены внутри трех основных категорий еще три.

Таким образом, в настоящее время объективно обосновано наличие шести категорий тяжести и напряженности труда.

**Первая категория тяжести** - это работа, выполняемая при оптимальных условиях внешней среды и оптимальной величине физической и умственной нагрузок. Такие условия у здоровых людей способствуют улучшению самочувствия, достижения высокой работоспособности и производительности труда.

**Вторая категория тяжести** - это работа, выполняемая в условиях, когда значения производственных факторов не превышают нормативных требований. Работоспособность не нарушается, профессиональных заболеваний нет.

*И первая, и вторая категории говорят о том, что на рабочих местах относящихся к этим категориям, сохраняется нормальное состояние организма работника.*

**Третья категория тяжести** - это работа, при которой в результате повышенной нагрузки или неблагоприятных условий труда формируется реакция организма, свойственная *пограничному состоянию*, т.е. реакция, свойственная предболезненному состоянию организма. Отдых или улучшение условий труда позволяют быстро устранять негативные последствия.

**Четвертая категория тяжести** - это работа, при которой у практически здоровых людей формируются более *глубокие пограничные состояния*, физиологические показатели ухудшаются, возникают

производственно- обусловленные состояния предзаболевания. Кроме отдыха для предупреждения и ликвидации такого состояния необходимо профилактическое лечение.

*И третья , и четвертая категория соответствуют пограничному состоянию организма различной степени тяжести: третья – начального характера, четвертая – углубленного характера.*

**Пятая категория тяжести** - это работа, при которой с связи с неблагоприятными условиями труда у практически здоровых людей в конце рабочего периода формируется реакция, характерная для *патологического состояния* организма, требующая амбулаторного или стационарного лечения.

**Шестая категория тяжести** - характеризуется особо неблагоприятными условиями труда. Патологические реакции развиваются быстро и имеют необратимый характер, сопровождаясь тяжелыми нарушениями функций жизненно-важных органов.

*И пятая и шестая категории характеризуют развитие в организме человека профессионального заболевания. Пятая – излечимого характера, а шестая – неизлечимого характера.*

Следовательно, определив категорию, можно выполнить прогноз состояния здоровья работника на том или ином рабочем месте.

Такой прогноз носит название долгосрочного прогноза так как он выполняется на конец рабочего стажа. Для определения степени усталости человека к концу рабочего дня выполняется краткосрочный прогноз на основан сравнении двух показателей: показателя работоспособности и показателя утомления.

Для практических целей разработана сравнительно простая методика определения категории тяжести и напряженности труда с помощью балльной оценки условий труда и интегральных показателей. Основным показателем

при определении категории является интегральная оценка тяжести и напряженности труда, определяемая по следующей формуле:

$$I_m = \left( x_{\text{онр}} + \sum_{i=1}^{n-1} x_i \frac{6 - x_{\text{онр}}}{(n-1) \cdot 6} \right) \cdot 10,$$

где  $I_m$  - интегральная оценка тяжести и напряженности труда на рабочем месте,

$x_{\text{онр}}$  - фактор, получивший наибольшую оценку в баллах на рабочем месте,

$\sum_{i=1}^{n-1} x_i$  - сумма остальных факторов, оцененных в баллах;

$n$  - количество производственных факторов.

При определении интегральной оценки  $I_m$  необходимо учитывать время действия производственного фактора в случае, если время действия этого фактора меньше продолжительности рабочей смены. Время действия определяется в долях от продолжительности рабочего дня в 8 часов (480 мин.) и умножается на бальную оценку фактора.

$$x_i^1 = x_i \cdot \frac{t_i}{480},$$

где  $x_i$  - бальная оценка факторов;

$t_i$  - время действия фактора в минутах.

Подсчитав  $I_m$ , можно определить категорию тяжести труда по таблице 5.

Зная интегральный показатель тяжести труда можно определить состояние организма работника на конец рабочей смены, определив показатели утомления и работоспособности.

Показатель утомления связан с интегральной оценкой тяжести труда следующей формулой:

$$\gamma = \frac{I_m - 15,6}{0,64}$$

где 15,6 и 0,64 коэффициенты регрессии.

Между интегральной оценкой тяжести труда и уровнем работоспособности существует тесная взаимосвязь: чем выше интегральная оценка тяжести труда, тем больше утомление работающих, тем ниже падает уровень работоспособности.

Если показатель утомления и показатель работоспособности связаны между собой формулой:

$K_{инт} = 100 - \gamma$ , то величина работоспособности при данных условиях труда определяется как:

$$K_{инт} = 100 - \left( \frac{I_m - 15,6}{0,64} \right), \text{ отн. ед.}$$

Таблица 5.

| Категория тяжести труда | Интегральная оценка тяжести труда, балл. |
|-------------------------|------------------------------------------|
| 1                       | до 18                                    |
| 11                      | 19-33                                    |
| 111                     | 34-45                                    |
| 1У                      | 46-53                                    |
| У                       | 54-59                                    |
| У1                      | свыше 59                                 |

Все показатели, с которыми мы познакомились в процессе этой работы, могут помочь в определении эффективности мероприятий по улучшению условий труда.

Сопоставляя показатели работоспособности до и после улучшения условий труда можно определить возможный прирост производительности труда за счет повышения работоспособности по формуле:

$$\Delta\Pi_m = \left( \frac{K_{инт2}}{K_{инт1}} - 1 \right) \cdot 100 \cdot \kappa,$$

где  $\Delta\Pi_m$  - возможный прирост производительности труда, %;

$K_{инт2}$  и  $K_{инт1}$  - показатели работоспособности до и после улучшения условий труда, отн.ед.

$\kappa$  - коэффициент, учитывающий возможный прирост производительности труда в результате увеличения работоспособности,  $\kappa=0,12-0,4$ , в среднем  $\kappa=0,2$ . Необходимость введения этого коэффициента связана с тем, что только часть из общего прироста работоспособности может быть использована человеком для повышения производительности труда.

При выборе наиболее эффективного мероприятия нужно учитывать изменение класса условий труда, категории тяжести и напряженности, показателей работоспособности и утомления и возможный прирост производительности труда.

## 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА:

1. Исходные данные взять соответственно своему варианту (см. Приложение 3)
2. Определить тяжесть труда, используя Приложение 1, соответственно своему варианту с заполнением протокола (Таблица 3).
3. Определить общий класс условий труда на рабочем месте.
4. Выполнить оценку факторов в баллах по таблице «КРИТЕРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ» (см. Приложение 2)
5. Заполнить «Протокол оценки условий труда» (см. Приложение 4).

6. Рассчитать интегральный показатель тяжести и напряженности труда, показатели утомления и работоспособности.

7. По таблице определить категорию тяжести и напряженности труда.

8. На основании полученных результатов сделать долгосрочный и краткосрочный прогноз состояния здоровья человека на данном рабочем месте.

8. Выполнить оценку предложенных мероприятий по улучшению условий труда и выбрать наиболее эффективное для заданного рабочего места.

## Приложение 1

| № п/п | Наименование фактора                                                 | Класс условий труда |                   |             |          |          |           |
|-------|----------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|----------|----------|-----------|
|       |                                                                      | Оптимальный<br>(1)  | Допустимый<br>(2) | Вредный (3) |          |          |           |
|       |                                                                      |                     |                   | 3.1         | 3.2      | 3.3      | 3.4       |
| 1     | Вредные вещества 1-2 класса опасности (превышение ПДК, раз)          | -                   | <= ПДК            | 1,1-3,0     | 3,1-6,0  | 6,1-10,0 | 10,1-20,0 |
|       | Вредные вещества 3-4 класса опасности (превышение ПДК, раз)          | -                   | <= ПДК            | 1,1-3,0     | 3,1-10,0 | >10,0    | -         |
| 2     | Концентрация пыли (превышение ПДК, раз)                              | -                   | <= ПДК            | 1,1-2,0     | 2,1-5,0  | 5,1-10,0 | >10,0     |
|       | Пылевая нагрузка (превышение ПДК, раз)                               | -                   | <= КПН            | 1,1-2,0     | 2,1-5,0  | 5,1-10,0 | >10,0     |
| 3     | Шум, эквивалентный уровень (превышение ПДУ на), дБ                   |                     | <= ПДУ            | 5           | 15       | 25       | 35        |
| 4     | Инфракрасное излучение, Вт/м <sup>2</sup>                            | -                   | 140               | 140-350     | 350-840  | 841-1400 | 1401-3500 |
| 5     | Инфразвук, общий уровень звукового давления, (превышение ПДУ на), дБ |                     | <= ПДУ            | 5           | 10       | 15       | 20        |
| 6     | Ультразвук, (превышение ПДУ на), дБ                                  |                     | <= ПДУ            | 10          | 20       | 30       | 40        |
| 7     | Вибрация локальная, уровень виброскорости, (превышение ПДУ на), дБ   |                     | <= ПДУ            | 3           | 6        | 9        | 12        |
|       |                                                                      |                     |                   |             |          |          | >12       |

| № п/п | Наименование фактора                                                                                     | Класс условий труда   |                     |             |           |           |                    |                |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|-------------|-----------|-----------|--------------------|----------------|
|       |                                                                                                          | Оптимальный<br>(1)    | Допустимый<br>(2)   | Вредный (3) |           |           |                    | Опасный<br>(4) |
|       |                                                                                                          |                       |                     | 3.1         | 3.2       | 3.3       | 3.4                |                |
| 8     | Вибрация общая, уровень виброскорости, (превышение ПДУ на), дБ                                           |                       | <, = ПДУ            | 6           | 12        | 18        | 24                 | >24            |
| 9     | Естественное освещение, коэффициент естественной освещенности (е, %)                                     |                       | >, = 0,6            | 0,1-0,6     | < 0,1     | -         | -                  | -              |
| 10    | Температура воздуха в помещениях в теплый период времени для категорий:<br>Ia<br>Iб<br>IIa<br>IIб<br>III | соотв. опти мальным - | соотв. допус- тимым |             |           |           |                    |                |
|       |                                                                                                          |                       |                     | 26,5-26,6   | 26,7-27,4 | 27,5-28,6 | 28,7-31,0          | >31,0          |
|       |                                                                                                          |                       |                     | 25,9-26,1   | 26,2-26,9 | 27,0-27,9 | 28,0-30,3          | >30,3          |
|       |                                                                                                          |                       |                     | 25,2-25,5   | 25,6-26,2 | 26,3-27,3 | 27,4-29,9          | >29,9          |
|       |                                                                                                          |                       |                     | 24,0-24,2   | 24,3-25,0 | 25,1-26,4 | 26,5-29,1          | >29,1          |
|       |                                                                                                          |                       |                     | 21,9-22,2   | 22,3-23,4 | 23,5-25,7 | 25,8-27,9          | >27,9          |
| 11    | ЭМИ, создаваемые ВДТ и ПЭВМ                                                                              | естественный фон      | <, = ПДУ            | 5           | 10        | 50        | > 50               | -              |
| 12    | ЭМИ радиочастотного диапазона:<br>0,01 МГц – 300 МГц<br>300 МГц – 300 ГГц                                | естественный фон      | <, = ПДУ            | 3<br>3      | 5<br>5    | 10<br>10  | > 10<br><br>10 -50 | -<br><br>> 50  |
| 13.   | Фактическая продолжительность работы, ч.                                                                 | 6-7                   | 8-9                 | 10-12       | > 12      | -         | -                  | -              |

| № п/п | Наименование фактора                       | Класс условий труда |                   |             |     |     |     |                |
|-------|--------------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|-----|-----|-----|----------------|
|       |                                            | Оптимальный<br>(1)  | Допустимый<br>(2) | Вредный (3) |     |     |     | Опасный<br>(4) |
|       |                                            |                     |                   | 3.1         | 3.2 | 3.3 | 3.4 |                |
| 14    | Нагрузка на зрительный анализатор, ч/смену | до 2                | 2-3               | 3-4         | > 4 | -   | -   | -              |

| № п/п | Наименование фактора                                                                  | Класс условий труда  |                       |                        |                              |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
|       |                                                                                       | Оптимальный<br>(1)   | Допустимый<br>(2)     | Вредный (3)            |                              |
|       |                                                                                       |                      |                       | (3.1.)                 | (3.2.)                       |
| 1     | 2                                                                                     | 3                    | 4                     | 5                      | 6                            |
| 15    | Физическая динамическая нагрузка, кгм:<br>для мужчин<br>для женщин                    | до 24000<br>до 14000 | до 46000<br>до 28000  | до 70000<br>до 40000   | более 70000<br>более 40000   |
| 16    | Статическая нагрузка, кгс при удержании груза одной рукой<br>для мужчин<br>для женщин | до 18000<br>до 11000 | до 36000<br>до 22000  | до 70000<br>до 42000   | более 70000<br>более 42000   |
|       | при удержании груза двумя руками<br>для мужчин<br>для женщин                          | до 36000<br>до 22000 | до 70000<br>до 42000  | до 140000<br>до 84000  | более 140000<br>более 84000  |
|       | при удержании груза с участием корпуса и ног<br>для мужчин<br>для женщин              | до 43000<br>до 26000 | до 100000<br>до 60000 | до 200000<br>до 120000 | более 200000<br>более 120000 |

| № п/п | Наименование фактора                                                      | Класс условий труда              |                                              |                                                                                                       |                                                                                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                           | Оптимальный<br>(1)               | Допустимый<br>(2)                            | Вредный (3)                                                                                           |                                                                                           |
|       |                                                                           |                                  |                                              | (3.1.)                                                                                                | (3.2.)                                                                                    |
| 1     | 2                                                                         | 3                                | 4                                            | 5                                                                                                     | 6                                                                                         |
| 17.   | Стереотипные рабочие движения (количество за смену)                       | до 20000                         | до 40000                                     | до 60000                                                                                              | более 60000                                                                               |
| 18.   | Длительность сосредоточения (в % от рабочего времени)                     | 25                               | 26-50                                        | 51-75                                                                                                 | более 75                                                                                  |
| 19.   | Число информационных сигналов за 1 час работы                             | до 75                            | 76-175                                       | 176-300                                                                                               | более 300                                                                                 |
| 20.   | Число объектов различения одновременного наблюдения                       | до 5                             | 6-10                                         | 11-25                                                                                                 | более 25                                                                                  |
| 21.   | Сменность работы                                                          | односменная<br>(без ночных смен) | двухсменная<br>(без ночных смен)             | трехсменная                                                                                           | нерегулярность смен                                                                       |
| 22.   | Характер выполняемой работы                                               | работа по индивидуальному плану  | работа по установленному плану, обоснованный | работа в условиях дефицита времени, необоснованный режим                                              | работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный |
| 23.   | Рабочая поза                                                              | свободная, удобная               | Несвободная, но удобная                      | Периодическое (до 50% времени) пребывание в неудобной позе, до 80% в позе стоя, перенос груза до 5 кг | более 50 % в неудобной позе, более 80 % стоя, перенос груза более 5 кг                    |
| 24.   | Монотонность труда: число приемов в операции продолжительность приемов. с | более 10<br>более 100            | 9-6<br>100-25                                | 5-3<br>24-10                                                                                          | менее 3<br>менее 10                                                                       |



## Приложение 2.

КРИТЕРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ  
(элементов условий труда)

| Наименование фактора                         | Оценка факторов, баллы |           |           |           |            |               |
|----------------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|---------------|
|                                              | 1                      | 2         | 3         | 4         | 5          | 6             |
| <b>А. Санитарно-гигиенические</b>            |                        |           |           |           |            |               |
| 1. Температура воздуха, °С                   |                        |           |           |           |            |               |
| теплый период                                | +18-20                 | +21-22    | +23-28    | +29-32    | +33-35     | выше +35      |
| холодный период                              | +20-22                 | +17-19    | +15-16    | +7-14     | меньше+7   | меньше 0      |
| 2. Атмосферное давление, Мпа                 |                        |           |           |           |            |               |
| повышенное                                   | -                      | 0,12-0,16 | 0,17-0,22 | 0,23-0,28 | 0,29-0,3   | выше 0,3      |
| пониженное (высота над уровнем моря, м)      | -                      | 100-500   | 600-1000  | 1100-2000 | 2100-4000  | >4000         |
| 3. Химические вещества, кратность ПДК        | Нет                    | ПДК       | 1,1-2,5   | 2,6-4,0   | 4,1-6,0    | > 6,0         |
| 4. Промышленная пыль, кратность ПДК          | Нет                    | ПДК       | 1,1-5,0   | 6,0-10    | 11-30      | > 30          |
| 5. Вибрация общая, превышение ПДУ на, дБ     | Нет                    | ПДУ       | 1,0-3,0   | 3,1-6,0   | 6,1-9,0    | > 9,0         |
| 6. Промышленный шум, превышение на, дБ       | Нет                    | ПДУ       | 1,1-5,0   | 5,1-10,0  | > 10       | > 10+вибрация |
| 7. Ультразвук, превышение на, дБ             | Нет                    | ПДУ       | 1,1-5,0   | 5,1-10,0  | 10,1-20,0  | свыше 20      |
| 8. Инфракрасное излучение, Вт/м <sup>2</sup> | Нет                    | ПДУ       | 141-350   | 351-1400  | 1401-3500  | Свыше 3500    |
| 9. Электромагнитные поля радиочастот,        | Нет                    | ПДУ       | 1,1-10,0  | 10,1-20,0 | Свыше 20,0 | -             |

| Наименование фактора                                                | Оценка факторов, баллы |                                       |                                                       |                                                          |                                                           |                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                                     | 1                      | 2                                     | 3                                                     | 4                                                        | 5                                                         | 6                                                                 |
| превышение на, В/м                                                  |                        |                                       |                                                       |                                                          |                                                           |                                                                   |
| 10.Ионизирующее излучение                                           | Нет                    | Ниже ПДД                              | На уровне ПДД                                         | Свыше ПДД при действии свыше 25% продолжительности смены | Свыше ПДД при действии свыше 50% продолжительности смены  | -                                                                 |
| 11.Биологические производственные факторы, микро- и макро-организмы | Отсутствуют контакты   | Отсутствуют контакты                  | Контакт вызывает незначительные излечимые заболевания | Тяжелые заболевания, но имеется надежная профилактика    | Особо опасные инфекционные заболевания, есть профилактика | Особо опасные инфекционные заболевания, нет надежной профилактики |
| Б.Психофизиологические факторы                                      |                        |                                       |                                                       |                                                          |                                                           |                                                                   |
| 12.Физическая, динамическая нагрузка за смену, Дж                   | До $42 \cdot 10^4$     | От $43 \cdot 10^4$ до $83 \cdot 10^4$ | От $84 \cdot 10^4$ до $125 \cdot 10^4$                | От $126 \cdot 10^4$ до $170 \cdot 10^4$                  | Свыше $170 \cdot 10^4$                                    | Свыше $170 \cdot 10^4$ , при наличии других опасных и вредных     |
| 13.Статическая физическая нагрузка в течении смены, Н*с             |                        |                                       |                                                       |                                                          |                                                           |                                                                   |
| на одну руку                                                        | До $18 \cdot 10^4$     | $19 \cdot 10^4$ - $36 \cdot 10^4$     | $37 \cdot 10^4$ - $70 \cdot 10^4$                     | $71 \cdot 10^4$ - $97 \cdot 10^4$                        | Свыше $97 \cdot 10^4$                                     | -                                                                 |
| на обе руки                                                         | До $43 \cdot 10^4$     | $44 \cdot 10^4$ - $86 \cdot 10^4$     | $87 \cdot 10^4$ - $144 \cdot 10^4$                    | $145 \cdot 10^4$ - $220 \cdot 10^4$                      | Свыше $220 \cdot 10^4$                                    | -                                                                 |
| на мышцы корпуса и ног                                              | До $61 \cdot 10^4$     | $62 \cdot 10^4$ - $123 \cdot 10^4$    | $124 \cdot 10^4$ - $210 \cdot 10^4$                   | $211 \cdot 10^4$ - $300 \cdot 10^4$                      | Свыше $300 \cdot 10^4$                                    | -                                                                 |

| Наименование фактора                                                                        | Оценка факторов, баллы |                              |                                                                                             |                                                                                            |                                                                                                  |                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                             | 1                      | 2                            | 3                                                                                           | 4                                                                                          | 5                                                                                                | 6                                                                                              |
| 14.Рабочая поза                                                                             | Поза свободная         | Поза несвободная, но удобная | Поза свободная, перемещение груза свыше 5 кг или несвободная, перемещение груза свыше 10 кг | Поза вынужденная, работа в тесном ограниченном пространстве, перемещение груза более 10 кг | Поза вынужденная, неудобная, в тесном пространстве, без груза, более 50% продолжительности смены | Поза вынужденная, неудобная, в тесном пространстве, с грузом более 50% продолжительности смены |
| 15.Сменность                                                                                | Одна утренняя          | Две смены, без ночной        | Три смены                                                                                   | Нерегулярная сменность                                                                     | -                                                                                                | -                                                                                              |
| 16.Продолжительность непрерывной работы в течении суток, ч                                  | -                      | 8                            | 12                                                                                          | Свыше 12                                                                                   | -                                                                                                | -                                                                                              |
| 17.Характеристика зрительной работы                                                         | Грубая                 | Малой точности               | Средней точности                                                                            | Высокой точности                                                                           | Очень высокой точности                                                                           | Наивысшей точности                                                                             |
| 18.Длительность сосредоточения при освещенности соответствующей нормативам, % времени смены | До 25                  | 26-50                        | 51-75                                                                                       | 76-90                                                                                      | Свыше 90                                                                                         |                                                                                                |
| 19.Число важных объектов различения                                                         | До 5                   | 6-10                         | 11-25                                                                                       | Свыше 25                                                                                   | -                                                                                                | -                                                                                              |
| 20. Число движений в час мелких (пальцев)                                                   | До 360                 | 370-720                      | 730-1080                                                                                    | 1090-3000                                                                                  | Свыше 3000                                                                                       | -                                                                                              |
| крупных (рук)                                                                               | До 250                 | 260-500                      | 510-750                                                                                     | 760-1600                                                                                   | Свыше 1700                                                                                       |                                                                                                |

| Наименование фактора                   | Оценка факторов, баллы                                                            |                                                                                                    |                                                              |                                                                                                    |                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                        | 1                                                                                 | 2                                                                                                  | 3                                                            | 4                                                                                                  | 5                                                                                                                                            | 6   |
| 21.Число информационных сигналов в час | До 75                                                                             | 80-175                                                                                             | 180-300                                                      | Свыше 300                                                                                          | -                                                                                                                                            | -   |
| 22.Монотонность                        |                                                                                   |                                                                                                    |                                                              |                                                                                                    |                                                                                                                                              |     |
| число приемов в операции               | -                                                                                 | 10-6                                                                                               | 5-3                                                          | 5-3                                                                                                | 2-1                                                                                                                                          | 2-1 |
| длительность повторяющихся операций, с | -                                                                                 | 31-100                                                                                             | 20-30                                                        | 10-19                                                                                              | 5-9                                                                                                                                          | 1-4 |
| 23.Режим труда и отдыха                | Обоснованный с использованием функциональной музыки и производственной гимнастики | Обоснованный без использования функциональной музыки и производственной гимнастики                 | Отсутствие обоснованного режима                              | -                                                                                                  | -                                                                                                                                            | -   |
| 24.Нервно-эмоциональная нагрузка       | Простые действия по индивидуальному плану, благоприятный психологический климат   | Простые действия по заданному плану с возможностью коррекции, благоприятный психологический климат | Сложные действия по заданному плану с возможностью коррекции | Сложные действия по заданному плану с дефицитом времени. Ответственность за материальные ценности. | Ответственность за безопасность государственных важных материальных ценностей и безопасность других людей. Личный риск при дефиците времени. | -   |

## Приложение 3.

## Варианты заданий.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>*Вариант 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вредные вещества 1 класса опасности <math>0,008 \text{ мг/м}^3</math>, (ПДК=<math>0,002 \text{ мг/м}^3</math>);</li> <li>• Промышленный шум 82 дБ (ПДУ=80 дБ)</li> <li>• Вибрация общая, превышение на 3 дБ, время действия 360 мин;</li> <li>• Статическая нагрузка (на одну руку) – <math>50 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{с}</math>, (50000 кгс);</li> </ul> <p>На рабочем месте установили местную вытяжную вентиляцию, что позволило снизить концентрацию х.в. до величины ПДК. Определить изменится ли при этом класс условий труда и категория тяжести и напряженности? Определить рост производительности труда.</p>                                                                                       | <p>*Вариант 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, <math>16 - +28^\circ \text{C}</math>;</li> <li>• Число информационных сигналов в час – 200.</li> <li>• Ультразвук, превышение на 10 дБ, время действия 240 мин.;</li> <li>• ЭМИ радиочастот, превышение на 5 В/м;</li> </ul> <p>Установка в помещении кондиционера позволила снизить температуру воздуха до оптимальной. Определить изменится ли при этом класс условий труда и категория тяжести и напряженности? Определить рост производительности труда.</p>                                                                                                 |
| <p>*Вариант 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вредные вещества 3-го класса опасности – <math>140 \text{ мг/м}^3</math> (ПДК = <math>28 \text{ мг/м}^3</math>)</li> <li>• Статическая нагрузка (на одну руку) – <math>48 \cdot 10^4 \text{ Нс}</math>, (48000 кгс);</li> <li>• Длительность сосредоточения – 75 %</li> <li>• Рабочая поза – возможна работа в ограниченном пространстве до 50 % рабочего времени;</li> <li>• Продолжительность рабочей смены – 6 часов</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности для этого рабочего места, если установка местной вентиляции позволила снизить концентрацию химических веществ до <math>56 \text{ мг/м}^3</math>. Определить рост производительности труда.</p> | <p>*Вариант 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Инфракрасное излучение – <math>140 \text{ Вт/м}^2</math>; (ПДУ=<math>140 \text{ Вт/м}^2</math>);</li> <li>• Вибрация общая – превышение ПДУ на 8 дБ, время действия 240 мин;</li> <li>• Рабочая поза – несвободная, но удобная;</li> <li>• Естественное освещение</li> </ul> <p>Характеристика зрительной работы – малая точность, <math>e=1,2\%</math>;</p> <p>В результате внедрения мероприятий по виброзащите уровень вибрации снизился до величины ПДУ. Определить изменится ли при этом класс условий труда и категория тяжести и напряженности? Определить рост производительности труда.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>*Вариант 5:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, <math>1a - +21^{\circ}\text{C}</math>;</li> <li>• Электромагнитное излучение диапазона радиочастот – превышение на <math>12\text{В/м}</math></li> <li>• Рабочая поза – несвободная, но удобная;</li> <li>• Естественное освещение. Характеристика зрительной работы – малая точность, <math>e=1\%</math></li> <li>• Нервно-эмоциональная нагрузка – сложные действия, дефицит времени.</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности при уменьшении продолжительности смены до 6 часов, а увеличение расстояния между рабочим местом и источником ЭМИ позволило снизить уровень ЭМИ на рабочем месте до ПДУ. Определить рост производительности труда.</p> | <p><b>*Вариант 6:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Статическая нагрузка (две руки, для мужчин) – <math>105 \cdot 10^4 \text{ Нс}</math> (<math>105000\text{кгс}</math>);</li> <li>• Рабочая поза – не свободная, но удобная</li> <li>• Естественное освещение, <math>e=2\%</math>, характеристика зрительной работы – высокой точности;</li> <li>• Длительность сосредоточения – <math>75\%</math></li> <li>• Число информационных сигналов в час – <math>450</math></li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности, если на рабочем месте установить более совершенный пульт управления, снижающий статическую нагрузку до допустимой величины, а продолжительность смены уменьшить до 6 часов.</p> |
| <p><b>*Вариант 7:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вибрация локальная – превышение на <math>2 \text{ дБ}</math>;</li> <li>• Динамическая нагрузка для мужчин – <math>150 \cdot 10^4 \text{ Дж}</math> (<math>150000\text{кгм}</math>);</li> <li>• Сменность – 3 смены;</li> <li>• рабочая поза –вынужденная, неудобная;</li> <li>• Нервно-эмоциональная нагрузка – простые действия по заданному плану.</li> </ul> <p>Изменится ли категория тяжести и напряженности труда при введении дополнительных перерывов, общей продолжительностью 3 часа за смену. Определить рост производительности труда.</p>                                                                                                                                                                                         | <p><b>*Вариант 8:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Статическая нагрузка (две руки) для женщины– <math>75 \cdot 10^4 \text{ Нс}</math> (<math>25000\text{кгс}</math>);</li> <li>• Длительность сосредоточения – <math>80\%</math>;</li> <li>• Число движений в час (мелких) – <math>750</math>;</li> <li>• Монотонность труда:<br/>Число приемов в операции – <math>5</math><br/>Длительность повторяющихся операций – <math>20\text{с}</math>.</li> </ul> <p>Изменится ли категория тяжести и напряженности труда при введении дополнительных перерывов, общей продолжительностью 2 часа за смену. Определить рост производительности труда.</p>                                                                                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>*Вариант 9:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вредные вещества, 1-го класса опасности – 0,005 мг/м<sup>3</sup> (ПДК=0,001 мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Промышленный шум – 64 дБ (ПДУ=80 дБ);</li> <li>• Длительность сосредоточения – 60 %;</li> <li>• Инфракрасное излучение – 154 Вт/м<sup>2</sup>, время действия 360 мин.;</li> <li>• сменность – 3 смены.</li> </ul> <p>Установка вентиляции в помещении позволила снизить концентрацию химических веществ до 0,001 мг/м<sup>3</sup>. Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда? Определить рост производительности труда.</p> | <p>*Вариант 10:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вредные вещества, 3-го класса опасности – 30 мг/м<sup>3</sup> (ПДК=20 мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Динамическая нагрузка для мужчины – 60 · 10<sup>4</sup> Дж (60000 кгм);</li> <li>• Длительность сосредоточения – 55 %;</li> <li>• температура воздуха в теплый период, 11б – 25<sup>0</sup>С</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности для этого рабочего места, если установка местной вентиляции позволила снизить концентрацию химических веществ до 20 мг/м<sup>3</sup>. Определить рост производительности труда.</p>                                                                                                                                |
| <p>*Вариант 11:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, 11б – + 25<sup>0</sup>С;</li> <li>• Естественное освещение, е= 0,9%, характеристика зрительной работы – средней точности.;</li> <li>• Число объектов различения – 28</li> <li>• Число информационных сигналов в час – 410</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности для этого рабочего места, если установка кондиционера позволила снизить температуру воздуха до оптимальной, а на рабочее место поставили еще одного работника? Определить рост производительности труда.</p>          | <p>*Вариант 12:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, 11а – +30<sup>0</sup>С;</li> <li>• Запыленность воздуха – 12 мг/м<sup>3</sup> (ПДК=10 мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Монотонность труда: число приемов в операции – 4, длительность повторяющихся операций – 12с;</li> <li>• Режим труда и отдыха – обоснованный, установленный;</li> <li>• Сменность – две смены.</li> </ul> <p>Определить, изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда, если ввести дополнительные перерывы, общей продолжительностью 1,0 часа за смену и установить механическую вентиляцию, снижающую температуру воздуха до + 25<sup>0</sup>С, а запыленность до уровня ПДК. Определить рост производительности труда.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>*Вариант 13:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, 11а – + 22<sup>0</sup>С;</li> <li>• Запыленность воздуха – 16 мг/м<sup>3</sup> (ПДК=8 мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Статическая нагрузка (две руки) для женщин – 54·10<sup>4</sup> Нс, (54000 кгс);</li> <li>• Рабочая поза – поза несвободная, но удобная;</li> <li>• Монотонность труда: число приемов в операции – 2, длительность повторяющихся операций – 8 с.</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности для этого рабочего места при введении дополнительных перерывов, общей продолжительностью 1 час за смену. Или более эффективно внедрение вентиляции, позволяющей снизить запыленность воздуха до допустимого уровня. Определить рост производительности труда.</p> | <p><b>*Вариант 14:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, 11б – +20<sup>0</sup>С;</li> <li>• Рабочая поза – поза свободная;</li> <li>• Режим труда и отдыха – отсутствие обоснованного режима;</li> <li>• ЭМИ, превышение на 5 Вт/м<sup>2</sup>;</li> <li>• Нервно-эмоциональная нагрузка – дефицит времени и информации и ответственность за конечный результат.</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности для этого рабочего места, если уровень ЭМИ снизить до ПДУ и принять на работу помощника, что позволит соблюдать обоснованный режим? Определить рост производительности труда.</p> |
| <p><b>*Вариант 15</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, 1а, теплый период – +24<sup>0</sup>С;</li> <li>• Промышленная пыль – 8 мг/м<sup>3</sup>, (ПДК=4мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Статическая нагрузка (две руки) – 150·10<sup>4</sup> Н·с, (150000 кгс);</li> <li>• Естественное освещение, е=0,8%, характеристика зрительной работы – средней точности.</li> <li>• Длительность сосредоточения – 80 %;</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда, если продолжительность рабочей смены сократили до 6 часов и установили вытяжную вентиляцию, в результате чего концентрация пыли снизилась до ПДК?</p>                                                                                                                                      | <p><b>*Вариант 16:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, 1б - + 21<sup>0</sup>С;</li> <li>• Статическая нагрузка (на одну руку) для женщин – 35·10<sup>4</sup> Н·с. (35000 кгс);</li> <li>• Рабочая поза – несвободная, но удобная;</li> <li>• Монотонность труда: число приемов в операции – 2; длительность повторяющихся операций – 6 с;</li> <li>• Режим труда и отдыха – обоснованный.</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда, если продолжительность рабочей смены сократили до 6 часов. Определить рост производительности труда.</p>                                        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Определить рост производительности труда.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>*Вариант 17:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Длительность сосредоточения – 75%;</li> <li>• Запыленность воздуха – 4 мг/м<sup>3</sup> (ПДК=4 мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Монотонность труда: число приемов в операции – 4, длительность повторяющихся операций – 20 с.</li> <li>• Число мелких движений за смену (8-ми часовую) – 75000;</li> <li>• Рабочая поза – длительное (более 50 % рабочего времени) пребывание в неудобной позе.</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда, если ввести дополнительные перерывы, общей продолжительностью 1,5 часа за смену? Определить рост производительности труда.</p> | <p>*Вариант 18:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вредные вещества, 2-го класса опасности – 0,9 мг/м<sup>3</sup> (ПДК=0,1 мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Промышленный шум – 60 дБ (ПДК=80 дБ);</li> <li>• Инфракрасное излучение – 140 Вт/м<sup>2</sup>; (ПДУ =140 Вт/м<sup>2</sup>);</li> <li>• Вибрация общая – превышение ПДУ на 3 дБ, время действия – 3 часа;</li> <li>• Рабочая поза – возможность работы в ограниченном пространстве.</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда, если концентрацию химических веществ снизить до 0,3 мг/м<sup>3</sup>. Определить рост производительности труда.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>*Вариант 19:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, 11а - + 21°C;</li> <li>• Электромагнитное излучение от ВДТ – превышение на 12В/м;</li> <li>• Рабочая поза – свободная;</li> <li>• Естественное освещение</li> </ul> <p>Характеристика зрительной работы – средняя точность, <math>\epsilon = 0,9\%</math>;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Шум – 63 дБ (ПДУ=60 дБ).</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда, если ограничить работу источника шума до 4 часов за смену, а рабочее место передвинуть на безопасное расстояние? Определить рост производительности труда.</p> | <p><b>*Вариант 20:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Статическая нагрузка (две руки) для женщины – <math>85 \cdot 10^4</math> Нс, (85000кгс);</li> <li>• Запыленность воздуха – 12 мг/м<sup>3</sup> (ПДК=8 мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Рабочая поза – не свободная, но удобная;</li> <li>• Длительность сосредоточения – 85 %;</li> <li>• Число информационных сигналов в час – 250</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда, если уменьшить продолжительность рабочей смены до 6 часов. Определить рост производительности труда.</p> |
| <p><b>*Вариант 21:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вибрация общая – превышение на 12 дБ, время действия – 2 часа;</li> <li>• Динамическая нагрузка (для мужчины) – <math>178 \cdot 10^4</math> Дж, (178000 кгм);</li> <li>• Сменность – 2 смены</li> <li>• Нервно-эмоциональная нагрузка – простые действия по заданному плану</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда после внедрения средств механизации, позволяющих снизить величину динамической нагрузки до 46000 кгм?. Определить рост производительности труда.</p>                                                                                                     | <p><b>*Вариант 22:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Статическая нагрузка (две руки) для женщин – <math>50 \cdot 10^4</math> Нс (50000кгс);</li> <li>• Длительность сосредоточения – 70 %;</li> <li>• Число движений в час (крупных) – 850;</li> <li>• Монотонность труда: число приемов в операции – 5, длительность повторяющихся операций – 10с.</li> </ul> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда после введения дополнительных перерывов, общей продолжительностью 1 час за смену. Определить рост производительности труда.</p>             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>*Вариант 23:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вредные вещества, 2-го класса опасности – 0,05мг/м<sup>3</sup> (ПДК=0,001мг/м<sup>3</sup>)</li> <li>• Промышленная пыль – 10мг/м<sup>3</sup> (ПДК=10 мг/м<sup>3</sup>)</li> <li>• Промышленный шум – 84 дБ (ПДУ=80дБ), время действия 360 мин.</li> <li>• Длительность сосредоточения – 60 %</li> </ul> <p>Установка вентиляции в помещении позволила снизить концентрацию химических веществ до 0,001 мг/м<sup>3</sup>.</p> <p>Определить изменится ли класс условий труда и категория тяжести и напряженности труда после внедрения этого мероприятия? Определить рост производительности труда.</p> | <p>*Вариант 24:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура воздуха, теплый период, 116 – + 23<sup>0</sup>С</li> <li>• Запыленность воздуха – 6 мг/м<sup>3</sup> (ПДК=4 мг/м<sup>3</sup>);</li> <li>• Статическая нагрузка (две руки) для мужчины –1 67·10<sup>4</sup> Нс (167000 кгс)</li> <li>• Рабочая поза – несвободная, но удобная</li> <li>• Число информационных сигналов – 20</li> </ul> <p>Изменится ли категория тяжести и напряженности труда при введении дополнительных перерывов, общей продолжительностью 2 час за смену. Определить рост производительности труда.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Приложение 4.

## Протокол оценки условий труда

| № | Показатель | Фактическое значение | Класс | Балл |
|---|------------|----------------------|-------|------|
|   |            |                      |       |      |

**Библиографический список**

1. Танашев, В.Р. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / В.Р.Танашев – М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 314 с.  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=349053](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=349053)
2. Плошкин, В. В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для вузов, Ч. 1 / В.В. Плошкин – М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 380 с.  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=271548](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=271548)
3. Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. 14-е изд.стер. / Под ред. Русака О.Н. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012. – 672 с.: ил. (Учебники для вузов. Специальная литература)  
<http://e.lanbook.com/view/book/70508/>
4. Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. 14-е изд.стер. / Под ред. Русака О.Н. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012. – 672 с.: ил. (Учебники для вузов. Специальная литература)  
<http://e.lanbook.com/view/book/4227/>

**«ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ»**

Методические указания к лабораторным и практическим работам  
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»  
для студентов всех специальностей и направлений

Составители: Гаврилкина А.Г., ст. преподаватель, кафедры безопасности жизнедеятельности и гидромеханики.

Рецензент: доцент кафедры БЖГ Третьяк Л.П.

Защита атмосферы от загрязнения.

Методические указания к практической работе по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов экономических специальностей /АГТУ. – Астрахань

В методических указаниях рассмотрены методы очистки промышленных выбросов от загрязнителей, присутствующих в них. Даны методики необходимых расчетов, нормативы. Рекомендуются для изучения студентами экономических специальностей.

© Астраханский государственный технический университет

**Цель работы:**

1. Ознакомиться с наиболее распространенными методами очистки промышленных выбросов.
2. Изучить сравнительные показатели оценки методов очистки промышленных выбросов.
3. Рассчитать сумму платы предприятия за загрязнение атмосферного воздуха до внедрения очистных сооружений и после внедрения.

**1. Теоретическое введение.**

Атмосферный воздух над большинством регионов, как нашей страны, так и зарубежных стран, по своему составу давно отличается от требований, предъявляемых к составу чистого воздуха. Деятельность многих промышленных предприятий, транспорта, энергетических установок, животноводческих комплексов привела к тому, что в приземном слое атмосферы присутствуют такие вещества, как диоксид азота, фтористый водород, окись и двуокись углерода, формальдегид, аммиак, углеводороды, ртуть, свинец, кадмий и т.д. Присутствие таких вредных веществ во вдыхаемом человеком воздухе приводит не только к постепенному разрушению здоровья, но и к преждевременной смерти. По экспертным данным общее годовое число случаев смерти от загрязнения атмосферного воздуха составляет 16000 случаев на 15 миллионов человек, то есть 5% ежегодных случаев смерти.

Промышленные выбросы - основные источники поступления загрязнителей в атмосферный воздух. Промышленные выбросы – это двухкомпонентная система основной фазой, которой является воздух или газ, а дисперсной фазой являются твердые частицы или капельки жидкости.

Наиболее эффективным направлением снижения выбросов и сбросов является создание безотходных технологических процессов, предусматривающих, например, внедрение замкнутых газообразных потоков. Однако до настоящего времени основным средством предотвращения вредных выбросов остается разработка и внедрение эффективных систем очистки газов. При этом под очисткой газа понимают отделение от газа или превращение в безвредное состояние загрязняющего вещества, поступающего от промышленного источника. Методов очистки промышленных выбросов от загрязнений в настоящее время разработано огромное множество. Их можно подразделить на: *сухие* методы очистки; *мокрые* методы очистки; *электрические* методы очистки; *абсорбционные* методы очистки; *адсорбционные* методы очистки; *каталитические* методы очистки; *термические* методы очистки; *конденсионные* методы очистки.

*Сухие, мокрые и электрические* методы очистки применяются для очистки промышленных выбросов в виде пылей и туманов.

Сущность их в основном состоит в отделении газового потока от загрязняющих частиц, при пропускании газовой смеси через фильтры различных конструкций, или разделении смеси за счет гравитационных, инерционных или центробежных сил.

Рекомендуемые способы очистки в зависимости от размера частиц приведены в таблице 1.

Табл. 1.

| Размер частиц, мкм | Способы очистки | Аппараты                |
|--------------------|-----------------|-------------------------|
| 40 – 1000          | сухой           | Пылеосадительные камеры |
| 20 – 1000          | сухой           | Циклоны диаметром 1-2 м |
| 5 – 1000           | сухой           | Циклоны диаметром 1м    |
| 20 – 100           | мокрый          | Скрубберы               |
| 0,9 – 100          | сухой           | Тканевые фильтры        |
| 0,05 – 100         | сухой           | Волокнистые фильтры     |
| 0,01 - 100         | электрический   | Электрофильтры          |

Самыми простыми, но и малоэффективными аппаратами, применяемыми для сухих методов очистки, являются пылеосадительные камеры. Очистка воздуха от пыли в них осуществляется или за счет резкого снижения скорости газового потока, или за счет изменения направления движения газового потока. Оседание пыли происходит под действием силы тяжести или силы инерции.

Широко распространена очистка воздуха от пыли в циклонах. Правильно подобранный циклон позволяет дать довольно высокую степень очистки. В циклонах воздушный поток движется по спиральной направляющей, под действием центробежной силы частицы пыли отбрасываются к стенкам циклона и, теряя первоначальную скорость, падают вниз в его коническую часть, откуда периодически удаляются.

В фильтрах запыленный воздух проходит через пористую перегородку которая и задерживает частицы пыли.

*Мокрые методы* очистки основаны на использовании таких аппаратов по очистке газовой смеси, в основу деятельности которых положен принцип соприкосновения потока загрязненного газа с жидкостью. При этом осаждение частиц загрязнителей происходит на поверхность жидкости, на поверхность газовых пузырей или на капли жидкости. Чаще всего в таких аппаратах в качестве жидкости используется вода. Процесс осаждения частиц зависит от конструкции аппарата. По способу действия или в зависимости от контактирующей поверхности все аппараты мокрой очистки можно разделить на восемь видов: полые газопромыватели; насадочные скрубберы; тарельчатые (барботажные и пенные); с подвижной насадкой; ударно-инерционного действия (ротоклоны); центробежного действия; механические газопромыватели; скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури и

эжекторные).

Мокрые методы очистки по сравнению с сухими методами позволяют очищать взрыво- и пожароопасные смеси, повышают степень очистки, позволяют улавливать более мелкие частицы загрязнений. Относительно большой недостаток этих методов заключается в образовании шлама, т.е. уловленных загрязнителей, которые сливаются в сточные воды, что вызывает необходимость дополнительной очистки, но уже сточных вод.

Принцип работы *электрических методов* заключается в осаждении заряженных частиц загрязнителей на осадительные электроды. Весь процесс электроочистки можно разделить на несколько этапов: процесс образования ионов; зарядка пылевых частиц; транспортировка их к осадительным электродам; периодическое разрушение слоя накопившейся на электродах пыли и сброс пыли в пылесборные бункеры. По конструкции электрофильтры подразделяются на: сухие электрофильтры; мокрые электрофильтры; фильтры-туманоуловители; сеточные брызгоуловители.

Достоинство электрических методов очистки – это высокая эффективность улавливания мелкодисперсной пыли, возможность эффективно работать при значительных объемах выбросов и высоких температурах. К недостаткам относится – громоздкость оборудования и сложность обслуживания.

Для очистки промышленных выбросов содержащих газообразные и парообразные загрязнители применяют способы абсорбции, адсорбции, каталитические, термические, конденсации.

*Абсорбция* - это взаимодействие между газом и раствором, в котором содержится вещество, реагирующее с этим газом. В зависимости от особенностей взаимодействия поглотителя и извлекаемого из газовой смеси компонента абсорбционные методы подразделяются на методы, базирующиеся на закономерностях физической абсорбции и на методы абсорбции, сопровождаемые химической реакцией в жидкой среде. Для физической абсорбции в качестве раствора чаще всего применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные растворы этих веществ. Для химической абсорбции применяют водные растворы солей и щелочей, органические вещества и водные суспензии различных веществ.

*Адсорбция* – поглощение примесей пористыми телами – адсорбентами. В качестве адсорбентов используют вещества с высокоразвитой внутренней поверхностью природного и синтетического происхождения. К основным типам промышленных адсорбентов относятся: активные угли – природный материал, обрабатываемый и используемый в виде цилиндрических гранул, силикагель – гидратированный аморфный кремнезем ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), алюмогель – активный оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), цеолиты алюмосиликаты,

содержащие в своем составе оксиды щелочных и щелочноземельных металлов и характеризующиеся регулярной структурой пор, размеры которых соизмеримы с размерами молекул, что определило их второе название – «молекулярные сита» ( $\text{Me}_{2/n}\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ ), иониты – высокомолекулярные соединения.

*Каталитические методы* очистки промышленных выбросов основаны на химических реакциях, протекающих на поверхности твердых катализаторов. Эти методы используются для очистки промышленных выбросов, не содержащих ядовитых химических веществ или пыли. Необходимые для эффективного осуществления соответствующих процессов очистки катализаторы обычно подбираются экспериментальным путем.

*Термические методы* очистки промышленных выбросов представляет собой сжигание горючих примесей, присутствующих в выбросах, в топках печей или факельных горелках. Эти методы применяют для очистки промышленных выбросов от дурно пахнущих или легко окисляющихся ядовитых компонентов. Эти методы относительно просты, универсальны. Но при применении этих методов необходимо помнить, что применять их можно лишь тогда, когда в результате сгорания образуются менее токсичные вещества.

В основе *метода конденсации* лежит явление уменьшения давления насыщенного пара растворителя при понижении температуры. Промышленные выбросы смешивают с парами растворителей, охлаждают в теплообменнике, а затем конденсируют. Метод характерен простотой конструкции аппаратов и простотой их обслуживания. Но из-за высоких расходов электроэнергии и холодильного агента не получил широкого применения.

Завершая рассмотрение способов очистки промышленных выбросов, необходимо отметить, что большинство промышленных выбросов имеет высокую концентрацию загрязнителей и сложный химический состав. Для полной очистки таких выбросов применяются многоступенчатые схемы очистки, состоящие иногда из нескольких методов очистки, рассмотренных выше.

Выбор способа очистки конкретного промышленного выброса зависит от многих показателей – это и состав промышленного выброса, состав используемого оборудования; необходимые ресурсы; параметры входного и выходного потоков; влияние на основной процесс; вариант использования газового потока и интегральные экономические показатели.

К интегральным экономическим показателям способа очистки относятся следующие характеристики:

- коэффициент очистки газового потока (КОГ);

- производительность ( $q$ , м<sup>3</sup>/час; м<sup>3</sup>/мин; м<sup>3</sup>/сек);
- экономичность ( $\Theta$ , т/руб);
- эффективность ( $e$ , руб/руб).

*Коэффициент очистки газового потока* рассчитывают по отдельным элементам или по всему потоку в целом.

По отдельным элементам коэффициент рассчитывается в случае, если очистка выбросов осуществляется только по одному загрязнителю. В этом случае коэффициент определяется по следующей формуле:

$$КОГ_i = \frac{a_i^0 - a_i^1}{a_i^0}, \quad (1)$$

где  $КОГ_i$  – коэффициент очистки газового потока по  $i$ -му загрязнителю;

$a_i^0$  – концентрация  $i$ -го загрязнителя до очистки, мг/м<sup>3</sup>;

$a_i^1$  – концентрация  $i$ -го загрязнителя после очистки, мг/м<sup>3</sup>.

Если очистка промышленного выброса предприятия осуществляется по нескольким загрязнителям, то коэффициент очистки газового потока определяется по следующей формуле:

$$КОГ = \frac{\sum_i \gamma_i \cdot (a_i^0 - a_i^1)}{\sum_i \gamma_i \cdot a_i^0}, \quad (2)$$

где  $КОГ$  – коэффициент очистки газового потока по нескольким или по всем загрязнителям;

$\gamma_i$  – коэффициент экологической опасности  $i$ -го загрязнителя.

*Производительность способа очистки* газового потока – это объем газа, проходящего очистку в единицу времени (м<sup>3</sup>/с, м<sup>3</sup>/мин, м<sup>3</sup>/ч).

$$КОГ = f(q)$$

Повышение  $q$  может привести к уменьшению  $КОГ$ .

*Экономичность очистки* – отношение результата и издержек на единицу объема газового потока.

$$\Theta = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{yd} \cdot V \cdot \gamma_i \cdot (a_i^0 - a_i^1)}{Z_m}, \quad (3)$$

где  $Y_{yd}$  – удельный ущерб от выбросов;

$V$  – объем выходящего газа;

$Z_m$  – текущие затраты на содержание очистных сооружений.

*Эффективность очистки* – интегральная оценка

$$e = \frac{\sum \{F_t(a_i^0, a_i^1) - \Phi_t(d_k) - \Delta P_t\} \cdot a_t}{K} \quad (4)$$

$F_t(a_i^0, a_i^1)$  – выручка от реализации утилизируемых материалов и снижение платы за выбросы им количественного ущерба за год.

$\Phi_t(d_k)$  – издержки на эксплуатацию системы очистки за год.

$\Delta P_t$  – снижение прибыли в основном производстве за год.

$a_t$  – коэффициент приведения разновременных затрат.

$K$  – единые затраты на установку и пуск очистных сооружений.

Для ограничения поступления загрязнителей в атмосферный воздух были установлены нормативы по промышленным выбросам – ПДВ (предельно-допустимый выброс).

Предельно-допустимый выброс (ПДВ) – это предельно-допустимое количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ, при котором обеспечивается соблюдение гигиенических нормативов в воздухе населенных пунктов в случае наиболее неблагоприятных для рассеивания метеорологических условий.

ПДВ устанавливается для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы с учетом наличия других рядом расположенных источников загрязнения воздуха, а также перспектив развития предприятий.

Для предприятий, внедряющих новую технику или технологию, могут быть установлены временные нормы – ВСВ (временно-согласованный выброс) или лимит на временный выброс. Они отличаются повышенной массой выброса, но коротким временем действия. Время действия ВСВ определяется временем необходимым для обкатки нового оборудования или временем вхождения в новый технологический режим.

Большим стимулом для соблюдения нормативов по загрязнению атмосферного воздуха является установленная одновременно с нормативами плата для предприятий за загрязнение атмосферного воздуха.

Плата за загрязнение атмосферного воздуха, а также другие виды платы за загрязнение окружающей среды, представляет собой форму возмещения экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в природную среду. Для определения величины платы предприятия за выброс загрязняющих веществ прежде всего были рассчитаны массы выбросов по каждому элементу загрязнения, входящего в состав выброса предприятия, установлены два вида базовых нормативов платы – в пределах допустимых нормативов (ПДВ), и в пределах временных нормативов или лимитов (ВСВ).

Платежи в пределах допустимых нормативов осуществляются за счет себестоимости продукции (работ, услуг).

Платежи за сверхлимитные выбросы осуществляются за счет прибыли предприятия.

Внесение платы за загрязнение окружающей среды не освобождает природопользователей от выполнения мероприятий по охране окружающей среды, а также уплаты штрафных санкций за экологические правонарушения и возмещения ущерба, причиненного загрязнением окружающей среды народному хозяйству, здоровью и имуществу граждан.

При аварийном загрязнении природной среды устанавливаются штрафы (до десятикратного тарифа) к нормативам платы за выбросы загрязняющих веществ.

Порядок расчета платы за загрязнение атмосферного воздуха.

Общая плата за фактическое загрязнение атмосферы ( $P_a$ ) определяется как сумма платы за загрязнение атмосферного воздуха от стационарных источников ( $P_{аси}$ ) и за загрязнение атмосферного воздуха от передвижных источников ( $P_{апи}$ ).

$$P_a = P_{аси} + P_{апи} \text{ (руб/год)} \quad (5)$$

Плата за загрязнение атмосферного воздуха от стационарных источников может иметь одну, две или три составляющих, в зависимости от установленных нормативов и соблюдения предприятием этих нормативов.

Если для предприятия для всех составляющих промышленного выброса установлены только постоянные нормы (ПДВ) и предприятие эти нормы не нарушает, то сумма платежа определяется по следующей формуле

$$P_{аси} \left\{ \sum_{i=1}^n (m_{ib} \cdot H_{ib}) \right\} \cdot K_{эс} \cdot K_p \cdot K_{инд}, \quad (6)$$

$m_{ib}$  – масса выбросов загрязняющих веществ за отчетный период по видам загрязнителей в пределах ПДВ, т/год;

$H_{ib}$  – норматив платы за соответствующий вид загрязнения, руб/т;

$n$  – количество загрязнителей;

$K_{эс}$  – коэффициент экологической ситуации;

$K_p$  – коэффициент районный повышающий;

$K_{инд}$  – коэффициент индексации.

Если для предприятия установлены временные нормативы, и предприятие эти нормативы не нарушает, то масса выброса соответствующего загрязнителя делится на две части – одна часть соответствует установленным постоянным нормативам (ПДВ), вторая составляет разницу между массой выброса в пределах лимита и массой выброса в пределах ПДВ. Формула для определения платы выглядит тогда следующим образом:

$$P_{аси} = \left\{ \sum_1^m (m_{ib} \cdot H_{ib}) + \sum_i^k (m_{il} - m_{ib}) \cdot H_{il} \right\} \cdot K_{эс} \cdot K_p \cdot K_{инд}, \quad (7)$$

$m_{il}$  – масса выбросов загрязняющих веществ в пределах лимита, (ВСВ), т/год;

$H_{il}$  – норматив платы за соответствующий вид загрязнения в пределах лимита, руб./т;

$k$  – количество загрязнителей по которым нарушены временные нормативы (ВСВ).

В случае нарушения предприятием установленных нормативов постоянных или временных плата предприятия увеличивается. За нарушение постоянных нормативов установлен повышающий коэффициент – 25, за нарушение временных нормативов – повышающий коэффициент – 5.

В первом случае плата взимается по формуле:

$$П_{аси} = \left\{ \sum_1^m (m_{ib} \cdot H_{ib}) + 25 \cdot \sum_i^p (m_{ic} - m_{ib}) \cdot H_{iu} \right\} \cdot K_{эс} \cdot K_p \cdot K_{инд}, \quad (8)$$

$m_{ic}$  – общая масса выбросов загрязняющих веществ за отчетный период по видам загрязнителей, т/год;

$p$  – количество загрязнителей по которым нарушены постоянные нормативы (ПДВ).

Во втором случае плата определяется по следующей формуле:

$$П_{аси} = \left\{ \sum_1^m (m_{ib} \cdot H_{ib}) + \sum_1^t (m_{il} - m_{ib}) \cdot H_{il} + 5 \cdot \sum_1^k (m_{ic} - m_{il}) \cdot H_{il} \right\} \cdot K_{эс} \cdot K_p \cdot K_{инд}, \quad (9)$$

$t$  – количество загрязнителей для которых установлены временные нормы.

Расчет платежей за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников производится через количество сжигаемого топлива и определяется как произведение соответствующих нормативов платы на фактическую величину использованного за отчетный период вида топлива. Сумма умножается на соответствующие коэффициенты.

$$П_{аппи} = \sum_{i=1}^n (c_{ip} \cdot T_i) \cdot K_{эс} \cdot K_p \cdot K_{инд}, \text{ где} \quad (10)$$

$c_{ip}$  – масса используемого за отчетный период вида топлива,;

$T_i$  – норматив платы за соответствующий вид топлива;

$n$  – количество видов топлива, используемого передвижными источниками.

## 2. Порядок выполнения работы.

1. Исходные данные взять по номеру варианта из приложения 4.
2. Определить загрязнители выделяются стационарными источниками и какие передвижными источниками.
3. Выделить виды загрязнителей по которым предприятия нарушаются установленные нормативы.
4. Определить плату предприятия по отдельным видам загрязнителей, пользуясь формулами 6 -10.
5. Определить общую сумму платы предприятия за загрязнение атмосферного воздуха по формуле 5.
6. Для загрязнителей, масса которых превышает установленные нормативы, необходимо установить аппараты по очистке промышленных выбросов.
7. Рассчитать коэффициент очистки газового потока по формуле 1 или 2, исходя условия, что после установки аппаратов по очистке выбросов масса загрязнителей не превышает установленные нормативы.
8. Рассчитать сумму платы предприятию после установки аппаратов по очистке исходя из того же условия.

9. Сделать вывод по работе.

**Для расчетов принять: коэффициент экологической ситуации – 1,9, коэффициент индексации –100, районный повышающий коэффициент – 1,0.**

Литература:

1. Белов С. В. И др. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, 2004.
2. Шлендер П.Э., Маслова В.М., Подгаецкий С.И. Безопасность жизнедеятельности. – М.: ВЗФЭИ, 2004.
3. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей среды. – М.: Минприрода РФ, 1993.

## Приложение 1.

**НОРМАТИВ ПЛАТЫ**  
**за выброс в атмосферу загрязняющих веществ**  
**от стационарных источников**

| Наименование загрязняющих веществ                                                                                                                                                                               | Нормативы платы за выброс 1т<br>загрязняющих веществ (руб.) |                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                 | В пределах<br>постоянных<br>нормативов<br>выбросов (ПДВ)    | В пределах<br>установленных<br>лимитов<br>(ВСВ) |
| 1. Азота двуокись                                                                                                                                                                                               | 0,415                                                       | 2,075                                           |
| 2. Азота окись (азота оксид)                                                                                                                                                                                    | 0,275                                                       | 1,375                                           |
| 3. Аммиак                                                                                                                                                                                                       | 0,415                                                       | 2,075                                           |
| 4. Ангидрид серный                                                                                                                                                                                              | 0,165                                                       | 0,825                                           |
| 5. Ангидрид сернистый                                                                                                                                                                                           | 0,330                                                       | 1,650                                           |
| 6. Ацетон                                                                                                                                                                                                       | 0,50                                                        | 0,250                                           |
| 7. Бензапирен                                                                                                                                                                                                   | 16500                                                       | 82500                                           |
| 8. Взвешенные твердые частицы –<br>прочие нетоксические органические и<br>неорганические соединения, не<br>содержащие полициклических и<br>ароматических углеводородов, токсичных<br>металлов, двуокись кремния | 0,110                                                       | 0,550                                           |
| 9. Водород фтористый                                                                                                                                                                                            | 3,300                                                       | 16,50                                           |
| 10. Зола углей                                                                                                                                                                                                  | 0,825                                                       | 4,125                                           |
| 11. Кислота серная                                                                                                                                                                                              | 0,165                                                       | 0,825                                           |
| 12. Кремния оксид                                                                                                                                                                                               | 0,330                                                       | 1,650                                           |
| 13. Марганец и его соединения                                                                                                                                                                                   | 16,50                                                       | 82,50                                           |
| 14. Пыль древесная                                                                                                                                                                                              | 0,110                                                       | 0,550                                           |
| 15. Пыль извести и гипса                                                                                                                                                                                        | 0,110                                                       | 0,550                                           |
| 16. Пыль шерстяная, пуховая, меховая.<br>Пыль неорганическая, содержащая<br>двуокись кремния в %:                                                                                                               | 0,550                                                       | 2,750                                           |
| 17. – свыше 70 (диас и др.)                                                                                                                                                                                     | 0,330                                                       | 1,650                                           |
| 18. -70-20 (цемент, оливин, апатит,<br>глина, шамот каолиновый)                                                                                                                                                 | 0,165                                                       | 0,825                                           |
| 19. – ниже 20 (доломит, слюда, тальк)                                                                                                                                                                           | 0,110                                                       | 0,550                                           |
| 20. Пыль цементных производств                                                                                                                                                                                  | 0,825                                                       | 4,125                                           |
| 21. Сажа                                                                                                                                                                                                        | 0,330                                                       | 1,650                                           |
| 22. Свинец и его соединения                                                                                                                                                                                     | 55,00                                                       | 275,0                                           |
| 23. Сероводород                                                                                                                                                                                                 | 2,065                                                       | 10,325                                          |
| 24. Уайт – спирит                                                                                                                                                                                               | 0,015                                                       | 0,075                                           |

|                                         |       |       |
|-----------------------------------------|-------|-------|
| 25. Пары жидкого топлива, бензина и др. | 0,010 | 0,050 |
| 26. Углерода оксид                      | 0,005 | 0,025 |

## Приложение 2.

**НОРМАТИВЫ ПЛАТЫ**  
за выброс в атмосферу загрязняющих веществ  
от передвижных источников

| Виды топлива         | Норматив платы за выброс<br>передвижными источниками<br>загрязняющих веществ,<br>образующихся от сжигания 1 тонны<br>топлива (руб.), 1000 куб. метров газа<br>(руб) |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дизельное            | 0,034                                                                                                                                                               |
| Бензин               |                                                                                                                                                                     |
| этилированный        | 0,042                                                                                                                                                               |
| неэтилированный      | 0,025                                                                                                                                                               |
| Керосин              | 0,0165                                                                                                                                                              |
| Сжиженный газ        | 0,0255                                                                                                                                                              |
| Сжатый природный газ | 0,0115                                                                                                                                                              |
| Моторное топливо     | 0,025                                                                                                                                                               |
| Мазут                | 0,020                                                                                                                                                               |

## Приложение 3

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости  
территорий Российской Федерации.

Таблица 2

| Территориальный район Российской<br>Федерации | Коэффициент               |                             |
|-----------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                                               | экологической<br>ситуации | экологической<br>значимости |
| Северный                                      | 1,4                       | 1,0                         |
| Северно - Западный                            | 1,5                       | 1,1                         |
| Центральный                                   | 1,9                       | 1,2                         |
| Волго – Вятский                               | 1,1                       | 1,1                         |
| Среднее Поволжье                              | 1,5                       | 1,2                         |
| Нижнее Поволжье                               | 1,9                       | 1,3                         |
| Северо – Кавказский                           | 1,6                       | 1,0                         |
| Уральский                                     | 2,0                       | 1,4                         |
| Западно – Сибирский                           | 1,2                       | 1,2                         |
| Восточно – Сибирский                          | 1,4                       | 1,1                         |
| Дальний Восток                                | 1,0                       | 1,1                         |

## Приложение 4.

**Варианты задания для расчета платы предприятия за загрязнение  
атмосферного воздуха.**

| Вариант 1                           |                                           |                                                              |                                                                |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
| Двуокись азота                      | 6,88                                      | 5,47                                                         | -                                                              |
| Оксид углерода                      | 10,57                                     | 18,66                                                        | -                                                              |
| Сернистый ангидрид                  | 5,41                                      | 5,41                                                         | -                                                              |
| Углеводороды                        | 0,75                                      | 0,75                                                         | -                                                              |
| Твердые частицы                     | 3,69                                      | 1,19                                                         | 3,01                                                           |
| Сероводород                         | 0,11                                      | 0,11                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный              | 168,41                                    |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 202,52                                    |                                                              |                                                                |
| Вариант 2.                          |                                           |                                                              |                                                                |
| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
| Оксид углерода                      | 32,8                                      | 22,4                                                         | -                                                              |
| Оксид азота                         | 18,59                                     | 12,0                                                         | 16,8                                                           |
| Углеводороды                        | 25,8                                      | 30,1                                                         | -                                                              |
| Марганец                            | 0,003                                     | 0,003                                                        | -                                                              |
| Сварочная аэрозоль                  | 0,052                                     | 0,048                                                        | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 89,9                                      |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный              | 125,4                                     |                                                              |                                                                |
| Мазут                               | 52,2                                      |                                                              |                                                                |
| Вариант 3                           |                                           |                                                              |                                                                |
| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
| Фтористый водород                   | 0,002                                     | 0,002                                                        | -                                                              |
| Сероводород                         | 19,8                                      | 20,1                                                         | -                                                              |
| Серная кислота                      | 1,25                                      | 0,5                                                          | -                                                              |
| Оксид кремния                       | 0,0025                                    | 0,003                                                        | -                                                              |
| Ангидрид серный                     | 1,89                                      | 2,1                                                          | -                                                              |

|                                      |                                           |                                                              |                                                                |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup> /год   | 10.10 <sup>3</sup>                        |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                    | 120.8                                     |                                                              |                                                                |
| Вариант 4                            |                                           |                                                              |                                                                |
| Наименование загрязняющего вещества  | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
| Аммиак                               | 3,237                                     | 1,3                                                          | 2,5                                                            |
| Сажа                                 | 57,84                                     | 50,05                                                        | -                                                              |
| Марганец                             | 0,011                                     | 0,001,                                                       | -                                                              |
| Пары бензина                         | 41,07                                     | 86,46                                                        | -                                                              |
| Твердые частицы                      | 0,027                                     | 0,029                                                        | -                                                              |
|                                      |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин этилированный                 | 56,1                                      |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                    | 92.3                                      |                                                              |                                                                |
| Сжатый природный газ, м <sup>3</sup> | 12.10 <sup>3</sup>                        |                                                              |                                                                |
| Вариант 5                            |                                           |                                                              |                                                                |
| Наименование загрязняющего вещества  | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
| Взвешенные твердые частицы           | 0,320                                     | 0,250                                                        | -                                                              |
| Пыль древесная                       | 1,107                                     | 0,51                                                         | 1,07                                                           |
| Сажа                                 | 4,24                                      | 2,12                                                         | -                                                              |
| Оливин                               | 1,21                                      | 2,50                                                         | -                                                              |
| Уайтспирит                           | 1,54                                      | 3,49                                                         | -                                                              |
|                                      |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный               | 56.1                                      |                                                              |                                                                |
| Моторное топливо                     | 92,3                                      |                                                              |                                                                |
| Мазут                                | 22,24                                     |                                                              |                                                                |
| Вариант 6.                           |                                           |                                                              |                                                                |
| Наименование загрязняющего вещества  | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
| Ацетон                               | 0,023                                     | 0,03                                                         | -                                                              |
| Бензапирен                           | 0,2.10 <sup>-4</sup>                      | -                                                            | -                                                              |
| Кислота серная                       | 1,05                                      | 0,89                                                         | -                                                              |
| Уайтспирит                           | 1,86                                      | 3,21                                                         | -                                                              |
| Оксид азота                          | 0,013                                     | 0,013                                                        | -                                                              |

|                               |                   |  |  |
|-------------------------------|-------------------|--|--|
| Бензин неэтилированный        | 56,7              |  |  |
| Мазут                         | 12.4              |  |  |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup> | 8.10 <sup>3</sup> |  |  |
|                               |                   |  |  |

## Вариант 7.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Пыль цементная                      | 48.5                                      | 45,3                                                         | -                                                              |
| Пыль гипса                          | 20,5                                      | 20.5                                                         | -                                                              |
| Зола                                | 12,3                                      | 10,9                                                         | 11,2                                                           |
| Оксид кремния                       | 2,81                                      | 2,01                                                         | -                                                              |
| Оксид углерода                      | 12.78                                     | 12,78                                                        | -                                                              |
| Свинец                              | 0,05                                      | 0,05                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 59                                        |                                                              |                                                                |
| Керосин                             | 48                                        |                                                              |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |

## Вариант 8.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Бензапирен                          | 0,1.10 <sup>6</sup>                       | -                                                            | -                                                              |
| Пары жидкого топлива                | 42,84                                     | 50,5                                                         | -                                                              |
| Сероводород                         | 25.4                                      | 20,1                                                         | -                                                              |
| Сажа                                | 12,5                                      | 12,5                                                         | -                                                              |
| Ангидрид сернистый                  | 112,9                                     | 110,1                                                        | -                                                              |
| Водород фтористый                   | 0,002                                     | 0,002                                                        | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 38,7                                      |                                                              |                                                                |
| Бензин этилированный                | 85.61                                     |                                                              |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |

## Вариант 9.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Углеводороды                        | 4,23                                      | 4,23                                                         | -                                                              |
| Бутилацетат                         | 0,116                                     | 0,116                                                        | -                                                              |

|                               |                    |        |      |
|-------------------------------|--------------------|--------|------|
| Окись углерода                | 331,74             | 300,04 | -    |
| Ацетон                        | 0,81               | 0,52   | 0,65 |
| Пыль резины                   | 0,025              | 0,025  | -    |
| Изопрен                       | 0,013              | 0,013  | -    |
|                               |                    |        |      |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup> | 12.10 <sup>3</sup> |        |      |
| Керосин                       | 65                 |        |      |
|                               |                    |        |      |

## Вариант 10.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Ангидрид сернистый                  | 125,45                                    | 125,45                                                       | -                                                              |
| Кислота серная                      | 1,09                                      | 0,45                                                         | -                                                              |
| Сероводород                         | 23,78                                     | 23,78                                                        | -                                                              |
| Окись углерода                      | 120,08                                    | 100,5                                                        | 105,4                                                          |
| Марганец                            | 0,09                                      | 0,09                                                         | -                                                              |
| Аммиак                              | 12,4                                      | 12,4                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин этилированный                | 125                                       |                                                              |                                                                |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup>       | 3.10 <sup>3</sup>                         |                                                              |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |

## Вариант 11.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Двуокись азота                      | 4,89                                      | 4,01                                                         | -                                                              |
| Оксид углерода                      | 20,2                                      | 20,2                                                         | -                                                              |
| Сернистый ангидрид                  | 4,51                                      | 4,51                                                         | -                                                              |
| Углеводороды                        | 0,50                                      | 0,50                                                         | -                                                              |
| Твердые частицы                     | 2,50                                      | 0,89                                                         | 1,45                                                           |
| Сероводород                         | 0,10                                      | 0,12                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный              | 179,1                                     |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 190,6                                     |                                                              |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |

## Вариант 12.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих | Временно согласованный выброс загрязняющих |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
|-------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|

|                        |       | веществ, ПДВ,<br>т/год | веществ, ВСВ,<br>т/год |
|------------------------|-------|------------------------|------------------------|
| Оксид углерода         | 20,8  | 20,8                   | -                      |
| Оксид азота            | 16,4  | 10,6                   | -                      |
| Углеводороды           | 25,1  | 28,2                   | -                      |
| Марганец               | 0,004 | 0,004                  | -                      |
| Сварочная эрозоль      | 2,89  | 0,089                  | 1,56                   |
|                        |       |                        |                        |
| Дизельное топливо      | 110,4 |                        |                        |
| Бензин неэтилированный | 108,8 |                        |                        |
| Мазут                  | 41,1  |                        |                        |

## Вариант 13.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Фтористый водород                   | 0,004                                     | 0,002                                                        | -                                                              |
| Сероводород                         | 25,6                                      | 25,6                                                         | -                                                              |
| Серная кислота                      | 2,82                                      | 3,01                                                         | -                                                              |
| Оксид кремния                       | 0,004                                     | 0,003                                                        | -                                                              |
| Ангидрид серный                     | 1,25                                      | 1,25                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup> /год  | 20.10 <sup>3</sup>                        |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 108,5                                     |                                                              |                                                                |

## Вариант 14.

| Наименование загрязняющего вещества  | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Аммиак                               | 4,115                                     | 4,501                                                        | -                                                              |
| Сажа                                 | 61,34                                     | 51,06                                                        | 55,8                                                           |
| Марганец                             | 0,0008                                    | 0,001                                                        | -                                                              |
| Пары бензина                         | 58,99                                     | 86,46                                                        | -                                                              |
| Твердые частицы                      | 0,025                                     | 0,029                                                        | -                                                              |
|                                      |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин этилированный                 | 94,2                                      |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                    | 84,2                                      |                                                              |                                                                |
| Сжатый природный газ, м <sup>3</sup> | 15.10 <sup>3</sup>                        |                                                              |                                                                |

## Вариант 15.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Взвешенные твердые частицы          | 0,58                                      | 0,58                                                         | -                                                              |
| Пыль древесная                      | 0,11                                      | 0,11                                                         | -                                                              |
| Сажа                                | 5,37                                      | 2,86                                                         | 4,2                                                            |
| Оливин                              | 1,36                                      | 1,21                                                         | -                                                              |
| Уайтспирит                          | 1,67                                      | 3,49                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный              | 105,2                                     |                                                              |                                                                |
| Моторное топливо                    | 30,1                                      |                                                              |                                                                |
| Мазут                               | 12,8                                      |                                                              |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |

## Вариант 16.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Ацетон                              | 0,03                                      | 0,03                                                         | -                                                              |
| Бензапирен                          | $0,2 \cdot 10^{-5}$                       | -                                                            | -                                                              |
| Кислота серная                      | 1,11                                      | 0,90                                                         | -                                                              |
| Уайтспирит                          | 2,11                                      | 3,21                                                         | -                                                              |
| Оксид азота                         | 0,014                                     | 0,014                                                        | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный              | 72,4                                      |                                                              |                                                                |
| Мазут                               | 9,81                                      |                                                              |                                                                |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup>       | $5 \cdot 10^3$                            |                                                              |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |

## Вариант 17.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Пыль цементная                      | 51,4                                      | 35,3                                                         | -                                                              |
| Пыль гипса                          | 20,5                                      | 20,5                                                         | -                                                              |
| Зола                                | 14,5                                      | 12,5                                                         | -                                                              |
| Оксид кремния                       | 2,32                                      | 2,01                                                         | -                                                              |
| Оксид углерода                      | 14,53                                     | 14,53                                                        | -                                                              |
| Свинец                              | 0,04                                      | 0,05                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 61                                        |                                                              |                                                                |

|         |    |  |  |
|---------|----|--|--|
| Керосин | 32 |  |  |
|---------|----|--|--|

## Вариант 18.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Бензапирен                          | 0,1·10 <sup>-6</sup>                      | -                                                            | -                                                              |
| Пары жидкого топлива                | 37,85                                     | 37,85                                                        | -                                                              |
| Сероводород                         | 28,9                                      | 20,1                                                         | -                                                              |
| Сажа                                | 12,5                                      | 12,5                                                         | -                                                              |
| Ангидрид сернистый                  | 14,45                                     | 10,2                                                         | -                                                              |
| Водород фтористый                   | 0,004                                     | 0,004                                                        | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 41,35                                     |                                                              |                                                                |
| Бензин этилированный                | 77,44                                     |                                                              |                                                                |

## Вариант 19.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Углеводороды                        | 6,78                                      | 6,78                                                         | -                                                              |
| Бутилацетат                         | 0,03                                      | 0,03                                                         | -                                                              |
| Оксид углерода                      | 210,5                                     | 210,5                                                        | -                                                              |
| Ацетон                              | 1,009                                     | 0,65                                                         | -                                                              |
| Пыль резины                         | 0,69                                      | 0,45                                                         | 0,60                                                           |
| Изопрен                             | 0,002                                     | 0,002                                                        | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup>       | 5·10 <sup>3</sup>                         |                                                              |                                                                |
| Керосин                             | 56                                        |                                                              |                                                                |

## Вариант 20.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Ангидрид сернистый                  | 112,06                                    | 112,06                                                       | -                                                              |
| Кислота серная                      | 0,987                                     | 0,120                                                        | -                                                              |
| Сероводород                         | 56,96                                     | 55,6                                                         | -                                                              |
| Оксид углерода                      | 27,9                                      | 27,9                                                         | -                                                              |

|                               |                    |       |   |
|-------------------------------|--------------------|-------|---|
| Марганец                      | 0,005              | 0,005 | - |
| Аммиак                        | 1,70               | 1,70  | - |
|                               |                    |       |   |
| Бензин этилированный          | 450                |       |   |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup> | 23.10 <sup>3</sup> |       |   |
|                               |                    |       |   |

## Вариант 21.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Двуокись азота                      | 3,89                                      | 3,89                                                         | -                                                              |
| Оксид углерода                      | 20,0                                      | 20,5                                                         | -                                                              |
| Сернистый ангидрид                  | 4,25                                      | 3,08                                                         | -                                                              |
| Углеводороды                        | 0,41                                      | 0,41                                                         | -                                                              |
| Твердые частицы                     | 5,1                                       | 2,1                                                          | 4,5                                                            |
| Сероводород                         | 0,10                                      | 0,14                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный              | 102,6                                     |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 154,3                                     |                                                              |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |

## Вариант 22.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Оксид углерода                      | 22,6                                      | 30,8                                                         |                                                                |
| Оксид азота                         | 12,4                                      | 9,8                                                          |                                                                |
| Углеводороды                        | 25,0                                      | 26,2                                                         |                                                                |
| Марганец                            | 0,003                                     | 0,002                                                        |                                                                |
| Сварочная аэрозоль                  | 0,048                                     | 0,063                                                        |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 125,8                                     |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный              | 98,7                                      |                                                              |                                                                |
| Мазут                               | 20,3                                      |                                                              |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |

## Вариант 23.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Фтористый водород                   | 0,001                                     | 0,002                                                        | -                                                              |

|                                    |                    |       |   |
|------------------------------------|--------------------|-------|---|
| Сероводород                        | 20,6               | 20,0  | - |
| Серная кислота                     | 1,83               | 1,22  | - |
| Оксид кремния                      | 0,001              | 0,002 | - |
| Ангидрид серный                    | 1,25               | 1,30  | - |
|                                    |                    |       |   |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup> /год | 23.10 <sup>3</sup> |       |   |
| Дизельное топливо                  | 112,7              |       |   |

## Вариант 24.

| Наименование загрязняющего вещества  | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Аммиак                               | 3,378                                     | 3,400                                                        | -                                                              |
| Сажа                                 | 59,32                                     | 49,21                                                        | 54,4                                                           |
| Марганец                             | 0,0009                                    | 0,001                                                        | -                                                              |
| Пары бензина                         | 72,34                                     | 86,46                                                        | -                                                              |
| Твердые частицы                      | 0,031                                     | 0,029                                                        | -                                                              |
|                                      |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин этилированный                 | 76,5                                      |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                    | 72,6                                      |                                                              |                                                                |
| Сжатый природный газ, м <sup>3</sup> | 28.10 <sup>3</sup>                        |                                                              |                                                                |

## Вариант 25.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Взвешенные твердые частицы          | 0,610                                     | 0,510                                                        | -                                                              |
| Пыль древесная                      | 0,128                                     | 0,21                                                         | -                                                              |
| Сажа                                | 5,78                                      | 3,01                                                         | 4,59                                                           |
| Оливин                              | 1,62                                      | 1,52                                                         | -                                                              |
| Уайтспирит                          | 1,72                                      | 3,49                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин неэтилированный              | 102,7                                     |                                                              |                                                                |
| Моторное топливо                    | 42,1                                      |                                                              |                                                                |
| Мазут                               | 10,7                                      |                                                              |                                                                |

## Вариант 26.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих | Временно согласованный выброс загрязняющих |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
|-------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|

|                               |                     | веществ, ПДВ,<br>т/год | веществ, ВСВ,<br>т/год |
|-------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Ацетон                        | 0,037               | 0,037                  | -                      |
| Бензапирен                    | $0,1 \cdot 10^{-4}$ | -                      | -                      |
| Кислота серная                | 1,24                | 0,95                   | -                      |
| Уайтспирит                    | 3,44                | 3,21                   | -                      |
| Оксид азота                   | 0,015               | 0,015                  | -                      |
|                               |                     |                        |                        |
| Бензин неэтилированный        | 35,4                |                        |                        |
| Мазут                         | 12,8                |                        |                        |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup> | $16 \cdot 10^3$     |                        |                        |

## Вариант 27.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Пыль цементная                      | 60,8                                      | 45,3                                                         | 50,9                                                           |
| Пыль гипса                          | 20,5                                      | 20,5                                                         | -                                                              |
| Зола                                | 17,4                                      | 15,4                                                         | -                                                              |
| Оксид кремния                       | 2,42                                      | 2,01                                                         | -                                                              |
| Оксид углерода                      | 18,72                                     | 18,72                                                        | -                                                              |
| Свинец                              | 0,03                                      | 0,05                                                         | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 77,9                                      |                                                              |                                                                |
| Керосин                             | 65,8                                      |                                                              |                                                                |

## Вариант 28.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Бензапирен                          | $0,1 \cdot 10^3$                          | -                                                            | -                                                              |
| Пары жидкого топлива                | 52,44                                     | 53,34                                                        | -                                                              |
| Сероводород                         | 21,8                                      | 20,1                                                         | -                                                              |
| Сажа                                | 12,5                                      | 12,5                                                         | -                                                              |
| Ангидрид сернистый                  | 17,81                                     | 11,4                                                         | -                                                              |
| Водород фтористый                   | 0,006                                     | 0,006                                                        | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Дизельное топливо                   | 29,7                                      |                                                              |                                                                |
| Бензин этилированный                | 92,3                                      |                                                              |                                                                |

## Вариант 29.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Углеводороды                        | 112,5                                     | 112,5                                                        |                                                                |
| Бутилацетат                         | 0,0012                                    | 0,0012                                                       |                                                                |
| Оксид углерода                      | 129,5                                     | 97,5                                                         |                                                                |
| Ацетон                              | 0,12                                      | 0,12                                                         |                                                                |
| Пыль резины                         | 34,5                                      | 23,9                                                         | 30,5                                                           |
| Изопрен                             | 0,0001                                    | 0,0001                                                       |                                                                |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup>       | 13.10 <sup>3</sup>                        |                                                              |                                                                |
| Керосин                             | 98,6                                      |                                                              |                                                                |

## Вариант 30.

| Наименование загрязняющего вещества | Количество загрязняющих веществ, т, т/год | Предельно-допустимый выброс загрязняющих веществ, ПДВ, т/год | Временно согласованный выброс загрязняющих веществ, ВСВ, т/год |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Ангидрид сернистый                  | 90,8                                      | 90,8                                                         | -                                                              |
| Кислота серная                      | 1,05                                      | 0,78                                                         | -                                                              |
| Сероводород                         | 78,6                                      | 70,1                                                         | 75,0                                                           |
| Оксид углерода                      | 5,91                                      | 5,91                                                         | -                                                              |
| Марганец                            | 0,007                                     | 0,005                                                        | -                                                              |
| Аммиак                              | 6,5                                       | 6,5                                                          | -                                                              |
|                                     |                                           |                                                              |                                                                |
| Бензин этилированный                | 120,8                                     |                                                              |                                                                |
| Сжиженный газ, м <sup>3</sup>       | 4.10 <sup>3</sup>                         |                                                              |                                                                |

## Контрольные вопросы:

1. Что такое промышленные выбросы?
2. Какие методы очистки промышленных видов применяются для очистки от пылей и туманов?
3. Какие аппараты используются при сухом методе очистки?
4. Какие аппараты используются при мокром методе очистки?
5. Какие аппараты используются при электрическом методе очистки?
6. Что такое абсорбция и адсорбция?
7. В каких случаях применяются каталитические, термические или конденсионные методы очистки?
8. Какие экономические показатели характеризуют методы очистки?

9. За какие виды воздействия на окружающую среду и с какой целью взимается плата за загрязнение окружающей среды?
10. Что такое предельно-допустимые нормативы выбросов и чем они отличаются от временно согласованных нормативов?
11. Как влияет на размер платы соблюдение предприятиями установленных нормативов?
12. В каком случае предприятие штрафуются и в каком размере за выброс загрязнений в атмосферу?
13. Как влияет на размер платы установка очистных аппаратов?