

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра «Охраны труда и аэрологии»**

*Ю.Ф. Булгаков, В.Л. Овчаренко*

**ПРАКТИКУМ  
ОХРАНА ТРУДА**

Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям  
подготовки 05.26.01 «Охрана труда (по отраслям)»  
и 21.05.04 «Горное дело»

Донецк  
ООО «Цифровая типография»  
2017

УДК 662.8

Практикум. Охрана труда / Ю.Ф. Булгаков, В.Л. Овчаренко; под общ. ред. Ю. Ф. Булгакова. – Донецк: ООО «Цифровая типография», 2017.– 180с.

Рекомендовано Ученым советом ГОУ ВПО «ДонНТУ» как практикум для студентов горных специальностей (протокол № 9 от 27.10.2017 г.).

Рецензенты:

Борщевский Сергей Васильевич – заведующий кафедрой «Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика», доктор технических наук, профессор.

Долженков Анатолий Филиппович – начальник научно-исследовательского отдела гражданской защиты НИИГД «Респиратор» МЧС ДНР, доктор технических наук.

Целью пособия «Практикум. Охрана труда» является освоение вопросов создания безопасных условий труда. Практикум содержит теоретическую часть, варианты решения задач, контрольные вопросы. Данный практикум предназначен для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 05.26.01 «Охрана труда (по отраслям)» и 21.05.04 «Горное дело».

Практикум содержит методики расчетов по основным факторам производственной среды, оказывающим негативное воздействие на здоровье работающих в процессе производства на промышленных предприятиях: обеспыливания, освещённости, вентиляции промышленных зданий и сооружений, производственному микроклимату, шуму, электробезопасности, пожаробезопасности, оказанию первой (доврачебной) медицинской помощи и др. Практикум может быть полезным студентам горных и других специальностей при выполнении курсовых проектов и разделов дипломного проектирования.

Авторы: Булгаков Юрий Фёдорович – заведующий кафедрой «Охрана труда и аэрология» ДонНТУ, доктор технических наук, профессор.

Овчаренко Вадим Леонидович – доцент кафедры «Охрана труда и аэрология» ДонНТУ, кандидат технических наук.

Рецензенты: Борщевский Сергей Васильевич – заведующий кафедрой «Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика» ДонНТУ, доктор технических наук, профессор.

Долженков Анатолий Филиппович – начальник научно-исследовательского отдела гражданской защиты НИИГД «Респиратор» МЧС ДНР, доктор технических наук.

© Ю.Ф. Булгаков, В.Л. Овчаренко (ДонНТУ), 2017.

© Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ), 2017.

|   |     |
|---|-----|
| СОДЕРЖАНИЕ  |     |
| ВВЕДЕНИЕ  | 5   |
| 1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ТРЕБОВАНИЯ ПРАКТИКУМА   | 7   |
| ПО ОХРАНЕ ТРУДА   | 7   |
| 1.1. Цель и задача практикума   | 7   |
| 1.2. Требования к содержанию, оформлению и защите практических занятий.   | 8   |
| 2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  | 9   |
| Практическое занятие № 1  | 9   |
| Расчёт численности службы промышленной безопасности и охраны труда на предприятии с опасными и вредными условиями труда | 9   |
| Практическое занятие № 2  | 15  |
| Оценка источников искусственного освещения рабочих мест и помещения   | 15  |
| Практическое занятие № 3.   | 25  |
| Расчёт естественного освещения помещения  | 25  |
| Практическое занятие № 4  | 40  |
| Запыленность воздуха и расчёт весовой концентрации пыли   | 40  |
| Практическое занятие № 5  | 49  |
| Определение суммарного уровня шума от трех источников на рабочем месте токаря.  | 49  |
| Практическое занятие № 6  | 56  |
| Вибрация и её воздействие на организм человека  | 56  |
| Практическое занятие № 7  | 67  |
| Анализа производственного травматизма на предприятии  | 67  |
| Практическое занятие № 8  | 72  |
| Общеобменная вентиляция производственных помещений  | 72  |
| Практическое занятие № 9  | 82  |
| Расчёт аэрации производственного помещения  | 82  |
| Практическое занятие № 10   | 91  |
| Микроклимат производственных помещений и средства измерения его параметров  | 91  |
| -----   | 104 |
| Практическое занятие № 11   | 104 |
| Расчёт заземляющих устройств  | 104 |

|   |     |
|---|-----|
|   | 119 |
| Практическое занятие № 12   | 119 |
| Расчёт зануления электрической сети   | 133 |
|   | 133 |
| Практическое занятие № 13   | 133 |
| Расчёт уровня обеспечения пожарной безопасности                                 | 140 |
|   | 140 |
| Практическое занятие № 14   | 140 |
| Оказание доврачебной помощи пострадавшим при несчастных случаях на производстве | 168 |
|   | 176 |
| Приложение  |     |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК  |     |

## ВВЕДЕНИЕ

Номенклатура специальностей, утверждённая приказом МОН ДНР от 04.08.2015 г. № 365, содержит специальность «Охрана труда» (25.06.01) – специализация «Охрана труда (по отраслям)» и 21.05.04 «Горное дело».

Дисциплина «Основы охраны труда» является первой частью направления подготовки «Охрана труда (отрасль)», содержит сведения о законодательных, нормативно-правовых и других актов по охране труда и общие сведения: о влиянии микроклимата, вредных веществ на организм человека; нормировании вредных веществ и параметров воздушной среды; естественной и искусственной вентиляции и естественном и искусственном освещении производственных помещений; производственном шуме, вибрации и методах борьбы с ними; об обеспечении электробезопасности на промышленных предприятиях, основных мерах защиты от поражения электрическим током; пожарной безопасности; методов оказания первой доврачебной медицинской помощи пострадавшим в результате несчастных на производстве и др.

Дисциплина «Производственная санитария и гигиена труда» направления подготовки 21.05.04 «Горное дело» содержит санитарное законодательство ДНР. В соответствии с Законом ДНР «Об обеспечении санитарного и эпидемиологического благополучия населения» вопросы санитарных и противоэпидемиологических норм нашли отражение в целом ряде законодательных, нормативных и инструктивных документах. В дисциплине рассматриваются сведения о методах оценки и обеспечения нормальных санитарно-гигиенических труда на производстве, рассматриваются вредные и опасные факторы угольного производства и меры снижения их воздействия на работающих.

Для эффективного усвоения студентами лекционного материала по дисциплине по этим дисциплинам разработано данное пособие – практикум для проведения аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов, содержащий методики расчетов по основным факторам, оказывающим негативное воздействие на здоровье работающих в процессе производства на промышленных предприятиях Донецкой Народной Республики.

В пособии приведены подробные указания, справочные данные и разъяснения по выполнению инженерных расчетов по организации службы промышленной безопасности и охраны труда (ПБОТ) и комплексу мер охраны труда, направленных на обеспечение безопасности работающих на производстве: обеспыливания, освещённости, вентиляции промышленных

зданий и сооружений, производственному микроклимату, шуму, электро-  
безопасности, пожаробезопасности, оказанию первой (доврачебной) меди-  
цинской помощи и др.

# 1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ТРЕБОВАНИЯ ПРАКТИКУМА ПО ОХРАНЕ ТРУДА

## 1.1. Цель и задача практикума

**Целью практикума:** вооружить студентов-выпускников методами организации службы промышленной безопасности и охраны труда (ПБОТ), выполнения инженерных расчетов по обеспыливанию, освещённости, вентиляции промышленных зданий и сооружений, производственному микроклимату, шуму, электробезопасности, пожаробезопасности, оказанию первой (доврачебной) медицинской помощи и др.

В результате освоения практических занятий студент должен

**знать:** влияние на организм человека микроклимата, вредных веществ; естественной и искусственной вентиляции и естественного и искусственного освещения производственных помещений; производственного шума, вибрации, воздействия электричества;

**уметь:** нормировать вредные факторы и параметры воздушной среды; обеспечить основные меры защиты от поражения электрическим током и пожарной безопасности; пользоваться методами оказания первой доврачебной медицинской помощи пострадавшим в результате несчастных на предприятии и др.; разрабатывать и принимать необходимые технические решения по профилактике промышленной, пожарной и взрывной безопасности, ликвидации техногенных аварий, пожаров и их последствий; пользоваться первичными средствами пожаротушения для ликвидации пожара в начальной стадии; применять средства индивидуальной и коллективной защиты работников; оказывать первую доврачебную медицинскую помощь пострадавшим от несчастных случаев на производстве.

Процесс освоения практикума по охране труда направлен на формирование у студентов следующих компетенций:

### **а) общекультурных:**

**ОК-5** – умением использовать нормативные правовые документы в своей деятельности;

**ОК-6** – стремлением к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;

**ОК-8** – осознанием социальной значимости своей будущей профессии, обладание высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности;

**ОК-9** – способностью использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций;

**ОК-12** – владением основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;

**б) общепрофессиональных:**

**ОПК-2** – владением достаточным для профессиональной деятельности навыками работы с персональным компьютером;

**в) профессиональных:**

**ПК-16** – умением проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ;

**г) профессионально- прикладных:**

**ППК-13** – готовностью к контролю соблюдения экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда;

**1.2. Требования к содержанию, оформлению и защите практических занятий.**

Содержание практической работы определяется студентом в соответствии с описанием данной работы, представленным в данном пособии «Охрана труда. Практикум», с учетом использованной литературы.

Отчёт по практической работе оформляется в отдельной тетради и должна содержать:

На обложке тетради: наименование группы; наименование дисциплины; тема работы; дата выполнения работы; Ф.И.О. исполнителя; Ф.И.О. преподавателя (руководителя).

Содержание работы: введение; теоретическая часть; расчётная часть; заключение; список литературы.

К защите практической работы представить: отчёт.

Подготовить: выступление (защита); ответы на контрольные вопросы.



## 2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЯ № 1

#### **Расчёт численности службы промышленной безопасности и охраны труда на предприятии с опасными и вредными условиями труда**

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК; ОК; ПК-16; ППК-13.

**1. Цель практического занятия** – обосновать расчёт численности служб промышленной безопасности и охраны труда (ПБОТ) на промышленном предприятии, выполняющем работы в условиях с опасными и вредными факторами и содержащем опасные производственные объекты [1, 3, 4].

#### **2. Теоретические положения.**

Расчёт численности служб охраны труда и промышленной безопасности предприятия проводится по трём показателям:

- численности ПБОТ при отсутствии опасных и вредных факторов ( $M_{оф(\leq 501)}$ );
- численности ПБОТ при наличии опасных и вредных факторов ( $M_{нф(>501)}$ );
- численности ПБОТ при наличии на предприятии опасных производственных объектов ( $M_{опо}$ ).

Расчёт численности ПБОТ непосредственно связан с общей численностью работников предприятия ( $N_{общ.}$ ), а также с дифференциацией работ производства с учётом опасности [2, 5, 6]:

- при отсутствии опасных и вредных факторов ( $N_{оф(\leq 501)}$ );
- при наличии опасных и вредных факторов ( $N_{нф(>501)}$ );
- при наличии на предприятии опасных производственных объектов ( $N_{опо}$ ).

Доля этих показателей в объёме общей численности зависит от  $N_{общ.}$  и  $K_n$  (коэффициент варьирования численности работников предприятия):

$$K_{n(\leq 501)} = 0,05 \dots 1,0;$$

$$K_{нф(>500)} = 0,10 \dots 0,25;$$

$$K_{ОПО} = 0,30 \dots 0,70.$$

$$N_{\text{общ}} = (1000 \dots 3000) \text{ чел.}$$

$$N_{\text{оф}(\leq 501)} = (0,05 \dots 1,0) * N_{\text{общ.}}, \text{ но не более } N_{\text{общ.}} = 501 \text{ чел.};$$

$$N_{\text{нф}(>500)} = (0,10 \dots 0,30) * N_{\text{общ.}};$$

$$N_{\text{ОПО}} = (0,30 \dots 0,70) * N_{\text{общ.}}$$

Общий численный состав службы ПБОТ по трём упомянутым выше показателям описывается выражением:

$$M_{\text{ПБОТ}} = M_{\text{оф}(\leq 501)} + M_{\text{нф}(>501)} + M_{\text{опо}}, \text{ чел.} \quad (1.1)$$

#### ***а) Отсутствие опасных и вредных факторов.***

В соответствии с требованиями ст.1 Конвенции Международной организации труда (МОТ) № 174 и Типовым Положением о службе охраны труда, утверждённом Государственным Комитетом горного и технического надзора ДНР, предусматривается [1, 3, 4]:

- при численности штата работников шахты от 51 до 200 человек служба охраны труда должна состоять из одного специалиста с инженерно-техническим образованием;

- при численности работников шахты от 200 до 501 человек состав службы состоит из руководителя службы и одного сотрудника;

- при численности работников шахты 501 человек (разд. I, Общие положения, п. 1.4) постоянная часть состава службы ПБОТ ( $M_{\text{оф}(\leq 501)}$ ) будет состоять из четырёх человек:

- заместителя директора предприятия по ПБОТ;

- инженера по учёту и анализу травматизма;

- начальника смены (специалиста) по ПБОТ, осуществляющего контроль за соблюдением законодательства по промышленной безопасности и охране труда на объектах предприятия;

- промышленно-санитарного врача, специалиста по гигиене труда ( $M_{\text{оф}(\leq 501)} = 4$ ).

В связи с этим, при определении количества специалистов службы ПБОТ предприятия с численностью работников до 501 чел. в качестве критерия принимается показатель численности работников равный  $n_{\text{кр}(\leq 501)} = 500 \text{ чел./спец.}$ , т. е. 500 чел. на 1-го специалиста ПБОТ.

Таким образом, при отсутствии опасных и вредных факторов состав службы ПБОТ при количестве работников, работающих на предприятии равном  $N_{\text{оф}(\leq 501)} = 501 \text{ чел.}$ , будет состоять из 4-х специалистов (базовый показатель).

$$M_{\text{оф}(N_{\text{оф}} \leq 501)} = 4 \text{ чел.} \quad (1.2)$$

Количественная доля этих работников может составлять от 5 % до 100% от  $N_{\text{общ.}}$ , т.е. все работники, но не более  $N_{(\leq 501)} = 501$  чел.

На практике при  $N_{\text{общ.}} = N_{(\leq 501)} = 501$  чел. на предприятии могут присутствовать все три вида работ: без ВПФ и ОПФ (вредных и опасных факторов); с ВПФ и ОПФ; с наличием ОПО (опасный производственный объект).

Для упрощения расчётов в данном практическом занятии принимаем условие для предприятия, имеющего списочный штат работников равный  $N_{\text{оф}(\leq 501)} = 501$  чел., отсутствие работ с ВПФ и ОПФ, и ОПО.

**б) Наличие опасных и вредных факторов ( $M_{\text{нф}(>501)}$ ).**

При определении численности оперативных работников службы ПБОТ, обслуживающих списочное количество работников, занятых на работах с опасными и вредными условиями труда  $\{N_{\text{нф}(>501)}\}$ , критерий численности работников предприятия ( $n_{\text{кр}(\leq 501)} = 500$ ), обслуживаемых одним специалистом службы ПБОТ, корректируется на коэффициент опасности  $k_{\text{оп}(\text{нф})} = 0,6 \dots 0,8$ , и будет равен  $n_{\text{кр}(>501)} = k_{\text{оп}(\text{нф})} * n_{\text{кр}(\leq 501)} = (0,6 \dots 0,8) * 501 = (300 \dots 400)$  чел., в среднем  $n_{\text{кр}(>501)\text{ср}} = 350$  чел.

$$M_{\text{нф}(>501)} = N_{\text{нф}(>501)} / k_{\text{оп}(\text{нф})} * n_{\text{кр}(>501)}, \text{ чел.} \quad (1.3)$$

Количественная доля этих работников составляет (10 ... 25)% от  $N_{\text{общ.}}$ .

**в) Численность ( $M_{\text{опо}(\text{пр})}$ ) службы ПБОТ при наличии на предприятии опасных производственных объектов.**

При определении численности оперативных работников службы ПБОТ, обслуживающих списочное количество работников, занятых на опасном производственном объекте предприятия ( $N_{\text{опо}}$ ), критерий численности работников предприятия ( $n_{\text{кр}(\leq 501)} = 500$ ), обслуживаемых одним специалистом службы ПБОТ, корректируется на коэффициент опасности  $k_{\text{оп}(\text{опо})} = 0,4 \dots 0,6$ , и будет равен  $n_{\text{кр}(\text{опо})} = k_{\text{оп}(\text{опо})} * n_{\text{кр}(\leq 501)} = (0,4 \dots 0,6) * 501 = (200 \dots 300)$  чел. в среднем  $n_{\text{кр}(\text{опо})\text{ср}} = 250$  чел.

$$M_{\text{опо}} = N_{\text{опо}} / k_{\text{оп}(\text{опо})} * n_{\text{кр}(>501)}, \text{ чел.} \quad (1.4)$$

Количественная доля этих работников составляет (30 ... 70)% от  $N_{\text{общ.}}$ .

### з) Полная численность $M_{\text{ПБОТ}}$ .

Подставив в выражение (1.1) выражения (1.2), (1.3), (1.4) получим:

$$M_{\text{ПБОТ}} = 4 + N_{\text{нф}(>501)} / k_{\text{оп}(\text{нф})} * n_{\text{кр}(\leq 501)} + N_{\text{опо}} / k_{\text{оп}(\text{опо})} * n_{\text{кр}(\leq 501)}, \text{ чел.} \quad (1.5)$$

### 3. Порядок расчёта.

- Задаёмся списочной численностью предприятия в пределах  $N_{\text{общ}} = (501 \dots 3000)$  чел.
- Рассчитываем количество работников с учётом дифференциации работ производства по его опасности.
- Рассчитываем критерии численности работников предприятия с учётом дифференциации работ производства по опасности в пределах диапазона их варьирования.
- По формуле (5) рассчитываем полную численность службы охраны труда предприятия.

### 4. Варианты заданий.

Варианты заданий подготовлены по показателям: численности ПБОТ при наличии опасных и вредных факторов ( $M_{\text{нф}(>501)}$ ); численности ПБОТ при наличии на предприятии опасных производственных объектов ( $M_{\text{опо}}$ ). Показатель отсутствия опасных и вредных факторов ( $M_{\text{оф}(\text{поф} \leq 501)}$ ) принят равным 4 (обоснование см. п. «а»). В связи с этим дифференциация штата сотрудников проводится по двум, рассматриваемым видам работ с ВПФ и ОПФ и с наличием ОПО за исключением  $N_{\text{оф}(\leq 501)}$ , т.е.  $N_{\text{общ.}} - N_{\text{оф}(\leq 501)} = N_{\text{общ.}} - 500$ .

В табл. 1.1 приведены данные для расчёта вариантов заданий.

Таблица 1.1 – Варианты заданий

| № вар. | Показатели        |                      |                    |                            |                             |
|--------|-------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|
|        | $N_{\text{общ.}}$ | $K_{\text{н}(>500)}$ | $K_{\text{н,опо}}$ | $k_{\text{оп}(\text{нф})}$ | $k_{\text{оп}(\text{опо})}$ |
| 1      | 2                 | 3                    | 4                  | 5                          | 6                           |
| 1      | 500               | 0,10                 | 0,3                | 0,60                       | 0,40                        |
| 2      | 700               | 0,15                 | 0,4                | 0,65                       | 0,45                        |

Продолжение таблицы 1.1

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|

|    |      |      |     |      |      |
|----|------|------|-----|------|------|
| 3  | 900  | 0,20 | 0,5 | 0,70 | 0,50 |
| 4  | 1100 | 0,25 | 0,6 | 0,75 | 0,55 |
| 5  | 1300 | 0,10 | 0,7 | 0,80 | 0,60 |
| 6  | 1500 | 0,15 | 0,3 | 0,60 | 0,40 |
| 7  | 700  | 0,20 | 0,4 | 0,65 | 0,45 |
| 8  | 900  | 0,25 | 0,5 | 0,70 | 0,50 |
| 9  | 1100 | 0,10 | 0,6 | 0,75 | 0,55 |
| 10 | 1300 | 0,15 | 0,7 | 0,80 | 0,60 |
| 11 | 1700 | 0,20 | 0,3 | 0,60 | 0,40 |
| 12 | 1900 | 0,25 | 0,4 | 0,65 | 0,45 |
| 13 | 2100 | 0,10 | 0,5 | 0,70 | 0,50 |
| 14 | 2300 | 0,15 | 0,6 | 0,75 | 0,55 |
| 15 | 2500 | 0,2  | 0,7 | 0,80 | 0,60 |

### ***5. Пример расчёта.***

На ремонтно-механическом заводе с численностью ППП (производственно промышленный персонал)  $N_{\text{общ}} = 2000$  чел. директором завода, в связи с организацией новых производств, выдано распоряжение о реорганизации службы ОТ (охрана труда) в службу ПБОТ (промышленная безопасность и охрана труда). Организация новых производств проводится в пределах установленной численности ППП. Рассчитать оптимальный вариант численности службы ПБОТ с учётом того, что на заводе появятся подразделения, работа которых не связана с опасными (ОПФ) и вредными (ВПФ) факторами, подразделения, работающие в условиях действия этих факторов, а также ОПО (опасные производственные объекты).

#### ***Решение.***

1. Сбалансировать численность ППП по трём условиям труда: 1) без ОПФ и ВПФ; 2) с ОПФ и ВПФ; 3) на ОПО.

$$N_{\text{оф}(\leq 501)} = 501 \text{ чел.}$$

$$N_{\text{нф}(>501)} + N_{\text{ОПО}} = N_{\text{общ}} - N_{\text{оф}(\leq 501)} = 2000 - 501 = 1500 \text{ чел.}$$

2. Определяем коэффициенты дифференциации количества работников по 2-м и 3-им условиям с использованием средних значений коэффициентов:

$$\begin{aligned}
K_{\text{нф}(>500)} &= 0,10 \dots 0,25; & K_{\text{нф}(>500)\text{ср}} &= 0,175; \\
K_{\text{опо}} &= 0,30 \dots 0,70; & K_{\text{опо.ср}} &= 0,50; \\
K_{\text{нф}(>500)\text{ср}} + K_{\text{опо.ср}} &= 0,175 + 0,50 = 0,675.
\end{aligned}$$

3. Определяем количество работников, занятых на работах с ОПФ и ВПФ ( $N_{\text{нф}(>500)}$ )

$$\begin{aligned}
N_{\text{нф}(>500)} &= \{N_{\text{нф}(>501)} / (K_{\text{нф}(>500)\text{ср}} + K_{\text{опо.ср}})\} \times K_{\text{нф}(>500)\text{ср}} = \\
&= 1500 / 0,675 \times 0,175 = 388 \text{ чел.}
\end{aligned}$$

4. Определяем количество работников, занятых на ОПО

$$\begin{aligned}
N_{\text{опо}} &= \{N_{\text{нф}(>501)} + N_{\text{опо}} / (K_{\text{нф}(>500)\text{ср}} + K_{\text{опо.ср}})\} \times K_{\text{опо.ср}}, \\
N_{\text{опо}} &= 1500 / 0,675 \times 0,50 = 1112 \text{ чел.}
\end{aligned}$$

5. Определяем среднее значение коэффициента опасности ( $k_{\text{оп}(\text{нф})\text{ср}}$ ) на работах в условиях с ППФ и ВПФ

$$k_{\text{оп}(\text{нф})\text{ср}} = (0,6 + 0,8) / 2 = 0,7.$$

6. Определяем среднее значение критерия численности работников ( $n_{\text{кр ср}(>501)}$ ), обслуживаемых одним специалистом на работах с ОПФ и ВПФ

$$n_{\text{кр ср}(>501)} = k_{\text{оп}(\text{нф})\text{ср}} * n_{\text{кр}(\leq 501)} = 0,7 * 500 = 350 \text{ чел./спец.}$$

7. Определяем среднее значение коэффициента опасности ( $k_{\text{оп ОПО ср}}$ ) на работах на ОПО

$$k_{\text{оп}(\text{нф})\text{ср}} = (0,4 + 0,6) / 2 = 0,5.$$

8. Определяем среднее значение критерия численности работников ( $n_{\text{кр ср}(\text{ОПО})}$ ), обслуживаемых одним специалистом на ОПО

$$n_{\text{кр}(\text{ОПО})} = k_{\text{оп}(\text{ОПО})\text{ср}} * n_{\text{кр}(\leq 501)} = 0,5 * 500 = 250 \text{ чел./спец.}$$

9. Полная оптимальная сбалансированная численность службы ПБОТ определяется по формуле (.1.1) с подстановкой, полученных значений всех расчётных компонентов

$$M_{\text{ПБОТ}} = M_{\text{оф}(\leq 501)} + M_{\text{нф}(>501)} + M_{\text{ОПО}} = \\ = 4 + 388/350 + 1112/250 = 4 + 1,11 + 4,45 = 9,56 \approx 10 \text{ спец.}$$

Оптимальный сбалансированный штат службы ПБОТ предприятия составил 10 специалистов.

### **6. Контрольные вопросы.**

1. С какой целью выполняется расчёт численности служб охраны труда и промышленной безопасности на предприятии ?

2. Какие показатели используются при расчёте численности службы ПБОТ ?

3. Какими нормативными документами обоснован критерий численности работников, обслуживаемых одним специалистом службы ПБОТ ?

4. Чем объясняется снижение величины показателя критерия численности работников, обслуживаемым одним специалистом на ОПО ?

5. Какие коэффициенты используются при расчёте численности службы ПБОТ предприятия?

6. Какие уточнения, на Ваш взгляд, необходимо внести в расчет численности службы ПБОТ предприятия?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

### *Оценка источников искусственного освещения рабочих мест и помещения*

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК-6; ОПК-2; ППК-13.

**1. Цель практического занятия** – получение практических навыков по оценки эффективности и качества искусственного освещения по коэффициентам использования различных типов ламп.

**2. Теоретические положения.** Искусственное освещение предусматривают в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в часы, когда естественное освещение отсутствует.

***Виды искусственного освещения по функциональному назначению***  
[7, 8]

- Рабочее освещение – для всех помещений производственных зданий во время работы, прохода людей и движения транспорта.
- Аварийное освещение безопасности – освещение при аварийном отключении рабочего освещения.
- Аварийное эвакуационное освещение – освещение, предусмотренное для эвакуации людей.
- Охранное освещение – освещение территории в ночное время.
- Дежурное освещение – освещение в нерабочее время.

***Виды искусственного освещения по принципу локализации*** [9, 10]:

- Общее освещение – для освещения всего помещения. Делится на общее равномерное и общее локализованное.
- Местное освещение – предназначено для освещения только рабочих поверхностей.
- Комбинированное освещение – при работах высокой точности.

Источниками света при искусственном освещении являются **газоразрядные лампы и лампы накаливания**. В лампах накаливания источником света является раскаленная вольфрамовая нить. **Недостатки:** небольшой срок службы и малая световая отдача (отношение создаваемого лампой светового потока и потребляемой электрической мощности) 8-20 лм/Вт. Газоразрядные лампы (ГЛ) делят на лампы низкого и высокого давления.

*Люминесцентные лампы* (низкого давления) – стеклянная трубка, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, наполненная дозированной количеством ртути (30-80 мг) и смесью инертных газов под низким давлением, около 400. На противоположных концах внутри трубки размещаются электроды, между которыми, при включении лампы в сеть, возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение преобразуется люминофором в видимое световое излучение, имеющее различную цветность в зависимости от состава люминофора.

*Газовые лампы* низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем (вихревые). Газовый разряд в них возбуждается на высоких частотах, за счет чего обеспечивается высокая светоотдача. К газоразрядным лампам высокого давления (0,03 -0,08 МПа) относят **дуговые ртутные лампы**. В их спектре излучения преобладают составляющие зелено-голубой области спектра.



Достоинства газоразрядных ламп: экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивает высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп колеблется в пределах от 30 до 105 лм/Вт.

### ***Расчёт освещения***

**Освещенность (E)** – поверхностная плотность светового потока (единица измерения – люкс (лк)):

$$E = dF / dS, \quad (2.1)$$

где  $dF$  – световой поток, лм.

$dS$  – освещаемая площадь,  $m^2$ .

Коэффициент пульсации освещенности является важным фактором, характеризующим качество освещения. Его значение равно:

$$k_{\text{п}} = [(E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}) / 2E_{\text{ср}}] * 100, \quad (2.2)$$

где  $E_{\text{макс}}$  – максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности, лк.

$E_{\text{мин}}$  – минимальное значение пульсации освещенности, лк.

$E_{\text{ср}}$  – среднее значение освещенности, лк.

Показатель ослепленности – критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяется по формуле:

$$P = (S - 1) * 10^3, \quad (2.3)$$

где  $S$  – коэффициент ослепленности:

$$S = (\Delta B_{\text{пор}})_s / \Delta B_{\text{пор}}, \quad (2.4)$$

где  $\Delta B_{\text{пор}}$  – пороговая разница яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости;

$(\Delta B_{\text{пор}})_s$  – тоже при наличии в поле зрения яркого источника света.

Основным методом расчета общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности является метод коэффициен-

та использования светового потока. В соответствии с ним необходимый световой поток определяется по формуле:

$$F_{л} = E_{н} * S * Z * K_{з} / N * \eta * j * f , \quad (2.5)$$

где  $F_{л}$  – световой поток лампы, лм.;

$E_{н}$  – нормируемая минимальная величина освещенности по СНиП 23-05-95, лк.;

$Z$ – коэффициент неравномерности освещения. Для газоразрядных ламп его принимают равным 1,1, для ламп 1,15;

$K_{з}$  – коэффициент запаса, зависит от вида технологического процесса и типа применяемых источников света;

$N$ – число светильников в помещении;

$n$ – число ламп в светильнике;

$j$ – коэффициент использования светового потока;

$f$ – коэффициент затенения, который вводится в расчет только при наличии крупногабаритного оборудования, затеняющего пространство.

Значение номинального светового потока (лм) ламп после минимальной продолжительности горения.

### **3. Порядок выполнения расчётов**

1. По условию задачи (примера) определить среднее значение освещенности. Сравнить полученные значения измерений с допустимыми значениями.

2. Рассчитать расчётное значение светового потока по формуле:

$$F_{факт} = E_{ср} * S, \quad (2.6)$$

где  $E_{ср}$ – среднее значение освещенности, лк.;

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

Таблица 1 – Номинальные мощность и световой поток для различных типов ламп

| Тип ламп                 | Номинальная мощность, Вт | Номинальный световой поток, лм |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                              |
| Лампа накаливания        | 60                       | 730                            |
| Лампа люминесцентная КЛ9 | 9                        | 600 (450)                      |
| Лампа галогенная         | 50                       | 8500                           |

3. Вычислить коэффициент использования осветительной установки  $\eta$  по формуле:

$$\eta = F_{\text{факт}} / F_{\text{мин}} \cdot \quad (2.7)$$

4. Выбрать по номинальной мощности суммарный световой поток  $F_{\text{л}}$  для каждого типа ламп.

5. Сравнить значение коэффициентов использования осветительных установок для случаев с использованием альтернативных источников света и различной окраски стен.

6. Сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности при включении одной люминесцентной лампы, затем – двух, трех и четырех люминесцентных ламп.

7. Сделать вывод.

#### 4. Варианты заданий

Выполнить расчёты для двух вариантов заданий 4.1 и 4.2.

*4.1. Выполнить расчёты освещения и выбрать оптимальный вариант освещения*

*Условие задачи.* Световой поток для малоточного разряд зрительской работы при освещенности лампами накаливания, люминесцентными и галогеновыми лампами в помещении с внутренними стенами окрашенными в светлые тона. Освещение производится люминесцентной лампой 9 Вт, лампой накаливания 60 Вт и галогеновыми лампами 50 Вт, площадь помещения  $1 \text{ м}^2$ , нормативная освещенность ( $E_{\text{нор}}$ , лк) для светлых тонов – 100 лк.

Таблица 2.1 – Для люминесцентной лампы (замеры освещенности в 5 точках), стены в светлых тонах  $E$ , лк

| Варианты заданий |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1                | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 60 | 48 | 55 | 58 | 50 | 54 | 46 | 60 | 53 |
| 46 | 56 | 48 | 60 | 52 | 55 | 59 | 45 | 46 |
| 57 | 60 | 52 | 54 | 47 | 60 | 61 | 59 | 51 |
| 49 | 40 | 53 | 43 | 61 | 49 | 53 | 59 | 61 |
| 61 | 59 | 61 | 58 | 60 | 50 | 55 | 57 | 58 |

Таблица 2.2 – Для лампы накаливания (замеры освещенности в 5 точках), стены в светлых тонах Е, лк

| Варианты заданий |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1                | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 146              | 183 | 169 | 151 | 155 | 171 | 155 | 173 | 185 |
| 150              | 170 | 152 | 170 | 176 | 165 | 166 | 156 | 155 |
| 180              | 155 | 176 | 185 | 165 | 160 | 175 | 185 | 175 |
| 148              | 185 | 157 | 152 | 153 | 158 | 153 | 163 | 163 |
| 188              | 190 | 183 | 188 | 182 | 181 | 182 | 172 | 187 |

Таблица 2.3 – Для галогеновых ламп замеры освещенности в 5 точках) стены в светлых тонах Е, лк

| Варианты заданий |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1                | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| 1460             | 1230 | 1490 | 1051 | 1550 | 1010 | 1550 | 1730 | 1350 |
| 1500             | 1600 | 1520 | 970  | 1360 | 1650 | 660  | 1560 | 1550 |
| 1600             | 550  | 1760 | 850  | 565  | 1600 | 975  | 1250 | 1005 |
| 1480             | 1550 | 557  | 1502 | 653  | 1580 | 853  | 630  | 763  |
| 1080             | 290  | 133  | 1080 | 882  | 1381 | 1720 | 1420 | 387  |

#### 4.2. Расчёт фактической освещенности помещения

*Условие задачи.* Для освещения компьютерного зала с размерами  $A = 20$  м,  $B = 12$  м и высотой  $H = 3$  м используются  $N = 30$  светильников с двумя люминесцентными лампами типа ЛБ-40. Коэффициенты отражения светового потока от потолка, стен и пола соответственно равны  $\rho_{\text{пот}} = 70\%$ ,  $\rho_{\text{ст}} = 50\%$ ,  $\rho_{\text{пола}} = 10\%$ . Затенение рабочих мест нет. Высота свеса светильника  $h_c = 0$ , высота рабочей поверхности над уровнем пола  $h_p = 0,8$  м. Определить фактическую освещенность помещения при общем равномерном освещении и сравнить с нормативной величиной.

В условии задачи по вариантам изменяются только 4 показателя, тип лампы может меняться в соответствии с результатами решения, остальные показатели остаются неизменными.

Таблица 2.1 - Варианты заданий

| Вариант<br>№ п.п | Показатели |    |     |    |
|------------------|------------|----|-----|----|
|                  | A          | B  | H   | N  |
| 1                | 2          | 3  | 4   | 5  |
| 1                | 18         | 10 | 3   | 28 |
| 2                | 22         | 12 | 3,2 | 32 |
| 3                | 19         | 10 | 2,9 | 30 |
| 4                | 17         | 8  | 3,1 | 29 |

|    |    |    |     |    |
|----|----|----|-----|----|
| 5  | 21 | 14 | 3,3 | 31 |
| 6  | 24 | 12 | 3,5 | 29 |
| 7  | 23 | 10 | 3,4 | 33 |
| 8  | 20 | 7  | 3,2 | 28 |
| 9  | 18 | 8  | 2,9 | 32 |
| 10 | 16 | 12 | 3   | 30 |
| 11 | 19 | 10 | 3,1 | 29 |
| 12 | 17 | 9  | 3,3 | 31 |
| 13 | 22 | 10 | 3,5 | 29 |
| 14 | 18 | 12 | 3,4 | 33 |
| 15 | 20 | 13 | 3,2 | 28 |

## 5. Примеры расчёта

### *Пример расчёта №1*

#### *Оценка источников искусственного освещения рабочих мест*

Световой поток для малоточного разряда зрительской работы при освещенности лампами накаливания, люминесцентными и галогеновыми лампами в помещении с внутренними стенами, окрашенными в светлые тона.

Освещение производится люминесцентной лампой 9 Вт, лампой накаливания 60 Вт и галогеновыми лампами 50 Вт, площадь помещения 10 м<sup>2</sup>, нормативная освещенность (E<sub>нор</sub>, лк) для светлых тонов – E<sub>нор</sub>, лк = 100 лк. Дать оценку источникам искусственного освещения рабочих мест.

Таблица 2.5 – Результаты проведенных измерений показателей освещённости

| Вид светильника                                      | Показатели      |                    |                    |                    |                    |       |
|--|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Тип лампы  | E <sub>кл</sub> | E <sub>ср,лк</sub> | E <sub>н.,лк</sub> | F <sub>ф.,лм</sub> | F <sub>л.,лм</sub> | η     |
| Разряд зрительных работ – малой точности             |                 |                    |                    |                    |                    |       |
| Площадь помещения – 10 м <sup>2</sup>                |                 |                    |                    |                    |                    |       |
| Внутренние стороны помещения окрашены в светлые тона |                 |                    |                    |                    |                    |       |
| Люминесцентная лампа (9 Вт)                          | 40              | 54                 | 100                | 54                 | 337                | 0,162 |
|  | 45              |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 55              |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 60              |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 60              |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 60              |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 61              |                    |                    |                    |                    |       |
| Лампа накаливания (60 Вт)                            | 180             | 170                | 100                | 170                | 299                | 0,569 |
|  | 160             |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 140             |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 170             |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 190             |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 170             |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 180             |                    |                    |                    |                    |       |
| Галогенная лампа (50 Вт)                             | 1500            | 1093               | 100                | 1093               | 414                | 2,640 |
|  | 300             |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 300             |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 1250            |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 1200            |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 150             |                    |                    |                    |                    |       |
|  | 1600            |                    |                    |                    |                    |       |

*Выводы:*

1. Наилучшая освещённость помещения достигается при использовании галогеновых ламп –  $E_{\text{ср лк}} = 1093$  лк, при нормированном значении освещённости  $E_{\text{н лк}} = 100$  лк.

2. Коэффициент использования галогеновых ламп с учётом пульсации освещенности  $\eta = 2,64$ , на порядок выше люминесцентных ламп (0,162), ламп накаливания (0,569).

3. Световой поток галогеновых ламп  $F_{\text{ф.}}$ , лм = 1093 лм, на порядок превышает этот показатель люминесцентных ламп (54 лм), ламп накаливания – (170лм).

### *Пример расчёта № 2*

Расчёт фактической искусственной освещенности помещения

Для освещения производственного помещения с размерами  $A = 20$  м,  $B = 12$  м и высотой  $H = 3$  м используются 30 светильников с двумя люминесцентными лампами типа ЛБ-40. Коэффициенты отражения светового потока от потолка, стен и пола соответственно равны  $p_{\text{пот}} = 70\%$ ,  $p_{\text{ст}} = 50\%$ ,  $p_{\text{пола}} = 10\%$ . Затенение рабочих мест нет. Высота свеса светильника  $h_c = 0$ , высота рабочей поверхности над уровнем пола  $h_p = 0,8$  м. Определить фактическую освещенность помещения при общем равномерном освещении и сравнить с нормативной величиной.

*Решение.* По СанПиН 2.2.2.542-96 найдем нормативную величину освещенности для помещения видеодисплейных терминалов  $E_{\text{н ср}} = 400$  лк. При проверке соответствия освещенности в помещении нормативному уровню, когда известно количество светильников, ламп, их тип и мощность, фактическую освещенность помещения определяем по формуле:

$$E_{\text{ф}} = N * F * n * \eta / S * z * k_3 \quad (2.8)$$

где  $N = 30$  – число светильников, шт;

$F = 2480$  лм – световой поток лампы (Каталог электрооборудования. Низковольтная аппаратура. Лампы. Интернет-ресурс);

$n = 2$  – число ламп в светильнике;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $S = A * B$ ;

$z = 1,1$  – коэффициент неравномерности освещения для люминесцентных ламп (отношение  $E_{\text{ср}} / E_{\text{мин}}$ );

$k_3$  – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности из-за загрязнения и старения лампы, значение  $k_3 = 1,5$  для люминесцентных ламп;

$\eta$  – коэффициент использования осветительной установки.

Для определения  $\eta$  необходимо знать тип светильника, индекс помещения и коэффициента отражения светового потока от потолка стен и пола. Так как тип светильника и коэффициенты отражения светового потока известны, то для нахождения  $\eta$  необходимо определить значение индекса помещения  $i$ .

Индекс помещения  $i$  определяется уравнением:

$$i = A \cdot B / h_{\text{п}} \cdot (A + B) \quad (2.9)$$

где  $A$  и  $B$  – соответственно длина и ширина помещения, м,  
 $h_{\text{п}}$  – высота от рабочей поверхности до светильника, определяется высотой помещения ( $H$ , м), высотой свеса светильника ( $h_{\text{с}}$ ) и высотой условной рабочей поверхности ( $h_{\text{р}} = 0,8$  м) по формуле:

$$h_{\text{п}} = H - h_{\text{с}} - h_{\text{р}} = 3 - 0 - 0,8 = 2,2 \text{ м} \quad (2.10)$$

Подставляем полученное значение  $h_{\text{п}}$  в формулу (2.2) и находим индекс помещения:

$$i = 12 \cdot 18 / 2,2 \cdot (12 + 18) = 3,27 \quad (2.11)$$

Светильник имеет кривую силы света Г-1. Коэффициент использования осветительной установки равен 89%. Подставляем все найденные величины в формулу 2.8:

$$E_{\text{ф}} = 30 \cdot 2480 \cdot 2 \cdot 0,89 / 18 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 1,5 = 371,6 \text{ лк}$$

Так как полученная величина  $E_{\text{ф}} < E_{\text{н}}$ , для достижения нормативной освещенности необходимо либо увеличить количество светильников, либо увеличить мощность ламп. Посчитаем степень увеличения  $W$ :

$$W = E_{\text{н}} / E_{\text{ф}} = 400 / 371,6 = 1,076 \text{ раза.} \quad (2.12)$$

Теперь можно вычислить необходимое количество светильников:

$$N_1 = N \cdot W = 30 \cdot 1,076 = 32,3 \text{ шт.} \quad (2.13)$$

Увеличим количество светильников до 33 шт. Тогда:

$$E_{\text{ф}} = 33 \cdot 2480 \cdot 2 \cdot 0,89 / 18 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 1,5 = 408,7 \text{ лк.} \quad (2.14)$$

Таким образом, при увеличении количества светильников на 3 штуки фактическая освещенность  $E_{\text{ф}}$  приведена в соответствие с нормативным



значением освещённости  $E_n = 400$  лк. Такой же эффект может быть получен при замене лампы с большим световым потоком. Посчитаем требуемый световой поток лампы:

$$F_1 = F * W = 2480 * 1,076 = 2668,5 \text{ лм.} \quad (2.15)$$

Так, если все лампы типа ЛБ-40 в компьютерном зале заменить на лампы типа ЛДЦ-80 с  $F = 2720$  лм то  $E_\phi$  будет равно:

$$E_\phi = 33 * 2720 * 2 * 0,89 / 18 * 12 * 1,1 * 1,5 = 448,3 \text{ лк}$$

И в этом случае фактическая освещенность также будет соответствовать нормативному значению.

*Вывод:* полученный световой поток больше нормированного значения ( $E_\phi > E_n$ ), следовательно, освещения для работы в данном помещении достаточно.

### **6. Контрольные вопросы**

1. Виды искусственного освещения по функциональному назначению.
2. Виды искусственного освещения по принципу локализации.
3. Газоразрядные лампы и лампы накаливания.
4. Недостаток ламп накаливания.
5. Виды люминесцентных ламп.
6. Достоинства газоразрядных ламп.
7. Определение понятия освещение. Единица измерения освещенности.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3**

### **Расчёт естественного освещения помещения**

**1. Цель практического занятия** – освоение методов расчёта естественного освещения помещения.

Продолжительность занятий: 4 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК-6; ОПК-2; ППК-13.

**2. Теоретические положения.** На уровень освещенности помещения при естественном освещении влияют следующие факторы: световой климат; площадь и ориентация световых проемов; степень чистоты стекла в световых проемах; окраска стен и потолка помещения; глубина помещения; на-

личие предметов, закрывающих окно как изнутри, так и снаружи помещения.

Естественное освещение оценивается коэффициентом  $e$  естественной освещенности (КЕО):

$$e = (E_{\text{вн}} / E_{\text{нар}}) * 100, \quad (3.1)$$

где  $E_{\text{вн}}$  - освещенность, создаваемая внутри помещения, лк;  $E_{\text{нар}}$  - освещенность земной поверхности от небосвода, лк.

Нормированное значение  $e_n$  (КЕО) для помещений, которые размещены в I, II, IV, V поясах светового климата, определяется по формуле

$$e_n = e_n^{\text{III}} * m * c, \quad (3.2)$$

где  $e_n^{\text{III}}$  – нормированное значение КЕО согласно СНиП II-4-79 «Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение» в III световом поясе Украины. ;

$m$  – коэффициент светового климата;

$c$  – коэффициент солнечности климата

В охране труда нормируется  $e_{\text{min}}$  зависимости от следующих факторов:

- вида выполняемой работы (помещения);
- расположения световых проемов;
- конструктивных особенностей световых проемов и расположенных рядом строений.

При *боковом* естественном освещении минимальное значение коэффициента естественной освещенности ( $e_{\text{min}}$ ) нормируется:

- при одностороннем - в точке, расположенной на расстоянии 1м от стены, наиболее удаленной от световых проемов;
- при двустороннем - в точке посередине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола);

При *верхнем* и *совмещенном* освещении нормируется среднее значение КЕО ( $e_{\text{cp}}$ ):

$$e_{\text{cp}} = 1 / N (e_1/2 + e_2 + e_3 + \dots + e_n/2), \quad (3.3)$$

где  $N$  - число точек определения (первая и последняя точки выбираются на расстоянии 1м от поверхности наружных стен или перегородок);

$e_1, e_2 \dots e_n$  - значения КЕО при верхнем и совмещенном освещении в точках характерного разреза помещения.

Под условной поверхностью понимается условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола. При экспериментальном определении КЕО требуется производить замеры освещенности внутри и снаружи здания одновременно, когда небо затянуто облаками. Точку для измерения наружной освещенности выбирают на открытом участке земной поверхности.

При совмещенном освещении КЕО определяют по формуле:

$$e_i = e_{\delta} + e_{\text{в}}, \quad (3.4)$$

где  $e_{\delta}$  и  $e_{\text{в}}$  - КЕО соответственно при боковом и верхнем освещении.

Для обеспечения нормированного значения КЕО площадь световых проемов при боковом освещении определяется по формуле:

$$S_0 = e_n * \eta_0 * S_{\text{п}} * K_{\text{зд}} * K_3 / 100 * \tau_0 * r_1, \quad (3.5)$$

при верхнем:

$$S_{\text{ф}} = e_n * \eta_{\text{ф}} * S_{\text{н}} * K_3 * / 100 * \tau_0 * r_1, \quad (3.6)$$

где  $e_n$  - нормированное значение КЕО;

$S_0$  и  $S_{\text{ф}}$  - площадь окон и фонарей соответственно,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{н}}$  - площадь пола,  $\text{м}^2$ ;

$\tau_0$  - общий коэффициент светопропускания;

$r_1$  и  $r_2$  - коэффициенты, учитывающие повышение КЕО от отраженного света (ориентировочно значение  $r_1$  можно принимать в пределах от 1,5 до 3,0, (причем большее значение при боковом одностороннем освещении, меньшее - при боковом двустороннем; значение коэффициента  $r_2$  выбирается в пределах от 1,1 до 1,4);

$\eta_0$  и  $\eta_{\text{ф}}$  - световая характеристика окна и фонаря (ориентировочно принимается для фонарей от 3,0 до 5,0: для окон - от 8,0 до 15);

$K_{\text{зд}}$  - принимается в пределах от 1,0 до 1,5 и характеризует затемнение окна от противостоящих зданий;

$K_3$  - коэффициент запаса, принимается равным 1,5...2,0; причем меньшее значение используется при вертикальном расположении светопропускающего материала.

По рассчитанной площади световых проемов определяют их размеры и количество.

### 3. Порядок расчёта

Расчёт выполняется в следующей последовательности:

- определить нормированное значение (КЕО)  $e_n$  для помещений, которые размещены в поясе (I, II, IV, V) светового климата в соответствии с условиями задачи;
- определить площадь световых проемов при верхнем и совмещённом, боковом и верхнем освещении;
- рассчитать площади световых проемов;
- определить их размеры световых проёмов и количество;
- определить достаточность естественного освещения;
- определить необходимую площадь зенитных фонарей для естественного освещения помещения;
- определить КЕО в точке помещения, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности.

### 4. Варианты заданий

Таблица 3.1 – Входные данные по задачам № 1 и № 2

| Варианты | Показатели                                     |     |       |     |
|----------|--|-----|-------|-----|
|          | Содержание и остальные показатели из задачи №1 |     |       |     |
| № п.п.   | $L$  | $B$ | $h_1$ | $n$ |
| 1        | 2  | 3   | 4     | 5   |
| 1        | 12   | 5   | 2     | 4   |
| 2        | 14   | 7   | 1.8   | 5   |
| 3        | 13   | 8   | 2.2   | 3   |
| 4        | 16   | 6   | 2     | 4   |
| 5        | 15   | 7   | 1.8   | 3   |

Продолжение таблицы 3.1

| Содержание и остальные показатели из задачи №2 |     |     |             |          |
|--|-----|-----|-------------|----------|
| № п.п.   | L   | B   | H           | $h_1$    |
| 1  | 2   | 3   | 4           | 5        |
| 7  | 100 | 10  | 4.2         | 2.5      |
| 8  | 105 | 11  | 4.4         | 2.8      |
| 9  | 110 | 14  | 4.3         | 2.7      |
| 10   | 120 | 16  | 4.5         | 2.6      |
| Содержание и остальные показатели из задачи №3 |     |     |             |          |
| № п.п.   | L   | B   | H           | $\rho$   |
| 1  | 2   | 3   | 4           | 5        |
| 12   | 40  | 16  | 4           | 0.45     |
| 13   | 42  | 14  | 5           | 0.5      |
| 14   | 43  | 13  | 3.5         | 0.4      |
| 15   | 45  | 16  | 4.5         | 0.5      |
| Содержание и остальные показатели из задачи №4 |     |     |             |          |
| № п.п.   | 1   | h   | $\rho_{cp}$ | $n_{np}$ |
| 1  | 2   | 2   | 3           | 4        |
| 16   | 1.2 | 1.0 | 0.45        | 4        |
| 17   | 1.0 | 0.8 | 0.55        | 3        |
| 18   | 1.1 | 1.0 | 0.6         | 2        |
| 19   | 1.4 | 0.9 | 0.5         | 4        |
| 20   | 1.3 | 1.0 | 0.4         | 5        |

### 5. Примеры расчёта

#### Задача 1. Расчёт бокового естественного освещения помещения

Определить достаточность естественного освещения в лаборатории механосборочного цеха (IV световой пояс).. Ширина помещения составляет  $B = 4,5$  м, длина  $L = 9$  м. В помещении находятся  $n = 3$  окна ориентированных на восток с размерами  $a \times b = 2,2 \times 1,4$  м. Высота от уровня рабочей поверхности до верха окна –  $h_1 = 2$  м. Расстояние расчётной точки от наружной стены  $l = 2,6$  м, высота рабочей поверхности  $h_p = 0,8$  м. Угловая высота середины окна над рабочей поверхностью составляет  $22^\circ$ . Зрительная работа средней точности. Окна двойные с деревянными рамами, стекло обычное листовое. Средневзвешенный коэффициент отражение  $\rho_{cp} = 0,4$ . На расстоянии  $R = 45$  м от окон расположено здание. Длина и высота этого здания рав-

ны соответственно  $H_{пр} = 30$  м,  $l_{пр} = 120$  м. Здание отделано светлозеленой атмосферостойкой фасадной краской на бетоне.

При накладывании плана здания на графики Данилюка (рис. Л4, Л5 ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 «Естественное и искусственное освещение»:  $n_1$  - количество лучей по графику I, падающих от неба через световые проёмы в расчётную точку на поперечном разрезе помещения», рис. Л-4,  $n_2$  - количество лучей по графику II, падающих от неба через световые проёмы в расчётную точку на поперечном разрезе помещения», рис. Л-5) были найдены значения, указанные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Количество лучей, падающий в расчётную точку

|   |        |    |
|---|--------|----|
| Количество лучей по графику I, проходящих от неба через световые проёмы в расчётную точку на поперечном разрезе помещения                   | $n_1$  | 5  |
| Количество лучей по графику I, проходящих от противостоящего здания через световые проёмы в расчётную точку на поперечном разрезе помещения | $n_1'$ | 8  |
| Количество лучей по графику II, проходящих от неба через световые проёмы в расчётную точку на плане помещения                               | $n_2$  | 12 |
| Количество лучей по графику II, проходящих от противостоящего здания через световые проёмы в расчётную точку на плане помещения             | $n_2'$ | 8  |

*Решение.* Так как работа в помещении относится к зрительной работе средней точности, то выполняемые работы относятся к IV разряду ( где  $e_n^{III}$  – значение КЕО по ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 для III светового пояса (принимаяем  $e_n^{III} = 1,5\%$ )

Определяем нормированное значение коэффициента естественного освещения – КЕО ( $e_n$ ).

$$КЕО = e_n = e_n^{III} \cdot m \cdot c, \quad (3.7)$$

где  $e_n^{III}$  – коэффициент естественного освещения для III пояса светового климата, определяемого с учетом характера зрительной работы ;

$m$  – коэффициент светового климата;

$c$  – коэффициент светового климата.

Для IV разряда зрительной работы  $e_n^{III}$  принимаем равным 1,5%. Определяем. Объект относился к четвертому поясу светового климата, поэтому значение « $m$ » принимаем равным 0,9. Так как окна ориентированы на восток, то значение « $c$ » принимаем равным  $c = 0,75$ . Подставляем полученные значения в формулу и округляем до десятых:

$$KEO = e_n = e_n^{\text{III}} \cdot m \cdot c = 1,5 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 0,9 \%$$

Находим  $\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (3.8)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала;

$\tau_2$  – коэффициент, который учитывает потери света в оконной раме;

$\tau_3$  – коэффициент, который учитывает потери света в несущих конструкциях;

$\tau_4$  – коэффициент, который учитывает потери света в солнцезащитных устройствах;

$\tau_5$  – коэффициент, который учитывает потери света в светозащитной сетке, которая устанавливается под фонарями (для бокового освещения  $\tau_5 = 1$ ).

Указанные коэффициенты определяются по ДБН В. 2.5 – 28 – 2006.

Поскольку окна изготовлены из двойных деревянных рам, в которые вставлено листовое стекло, то  $\tau_1 = 0,8$ .

Для двойных отдельных деревянных рам по приложению  $\tau_2 = 0,6$ .

Поскольку по условию у нас нет потерь света в несущих конструкциях  $\tau_3 = 1$ .

Поскольку окна не имеют светозащитных устройств  $\tau_4 = 1$ .

Подставляем значения в формулу 1.2:

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48.$$

Находим высоту от уровня пола до верха окна:

$$h_1 = h_p + h = 0,8 + 2 = 2,8 \text{ м.} \quad (3.9)$$

Находим индекс противостоящего здания в плане:

$$Z_1 = \frac{l_{\text{пр}} \cdot 1}{(P + 1) \cdot a} = \frac{120 \cdot 2,6}{(45 + 2,6) \cdot 2,2} = 2,98. \quad (3.10)$$

Находим индекс противостоящего здания в разрезе:

$$Z_2 = \frac{H_{\text{пр}} \cdot 1}{(P + 1) \cdot h_1} = \frac{30 \cdot 2,6}{(45 + 2,6) \cdot 2,8} = 0,59. \quad (3.11)$$

Находим по (ДБН В. 2.5 – 28 – 2006) значение коэффициента  $R$ , который учитывает относительную яркость противостоящего здания:

$$R = 0,3.$$

Находим также значение коэффициента  $q$ , который учитывает неравномерную яркость облачного неба:

$$q = 0,75.$$

Принимаем коэффициент запаса  $K_3 = 1,3$  (при количестве чисток окон 2 раза в год).

Отношение расстояния расчётной точки от наружной стены  $L$  к глубине помещения  $B$ :

$$L / B = 2,6 / 4,5 = 0,58. \quad (3.12)$$

Находим отношение глубины помещения В к высоте от уровня рабочей поверхности до верха окна  $h_1$ :

$$\frac{B}{h_1} = \frac{4,5}{2} = 2,25. \quad (3.13)$$

Отношение длины помещения к его глубине:

$$\frac{L}{B} = \frac{9}{4,5} = 2. \quad (3.14)$$

Определяем коэффициент  $r_1 = 1,2$ .

Находим геометрический коэффициент естественной освещённости, учитывающий прямой свет неба:

$$\varepsilon_6 = 0,01 \cdot (n_1 \cdot n_2) = 0,01 \cdot (12 \cdot 20) = 2,4\% . \quad (3.15)$$

Находим геометрический коэффициент естественной освещённости, учитывающий свет, отражённый от противостоящего здания:

$$\varepsilon_{зд} = 0,01 \cdot (n_1' \cdot n_2') = 0,01 \cdot (10 \cdot 22) = 2,2\% . \quad (3.16)$$

Найдём значение КЕО по формуле:

$$e_p = (\varepsilon_6 \cdot q + \varepsilon_{зд} \cdot R) \cdot \frac{r_1 \cdot \tau_0}{k_3} = (2,4 \cdot 0,75 + 2,2 \cdot 0,3) \cdot \frac{1,2 \cdot 0,48}{1,3} = 1,1\% . \quad (3.17)$$

Сравниваем расчётное значение КЕО с нормированным значением:

$$e_p \geq e_n, \\ 1,1\% \geq 0,9\%.$$

Поскольку расчётное значение КЕО превышает нормированное значение, то делаем вывод о том, что уровень естественной освещённости у нас достаточный для нормальной работы.

## *Задача 2. Расчёт необходимой площади окон для бокового естественного освещения*

Рассчитать необходимую площадь окон для бокового одностороннего естественного освещения для производственного участка размерами  $L \times B = 108 \times 9$  м высотой 3,8 м. Высота от уровня рабочей поверхности до верха окна  $h_1 = 2,4$  м. Здание находится в IV световой пояс. Напротив участка нет затеняющих зданий. Окна ориентированы на запад. Характер зрительной работы соответствует работе IV разряда. Коэффициент отражения потолка равен  $\rho_{\text{потолка}} = 0,7$ , отражения стен  $\rho_{\text{стен}} = 0,5$ , пола  $\rho = 0,1$ . Расстояние расчётной точки от наружной стены  $l = 6$  м, высота рабочей поверхности  $h_p = 0,7$  м.

*Решение.* Необходимая площадь окон  $S_{\text{окон}}$  вычисляется по формуле:



$$S_{\text{окон}} = \frac{e_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot S_{\text{пола}}}{100 \cdot \tau_{\text{общ}} \cdot r_1} \cdot K_{\text{зд}}, \quad (3.18)$$

где  $e_{\text{н}}$  – нормированное значение коэффициента естественного освещения КЕО:

$K_3$  – коэффициент запаса;

$\eta_{\text{окон}}$  – значение световой характеристики окон;

$S_{\text{п}}$  – площадь пола,  $\text{м}^2$ ;

$\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания окон;

$r_1$  – коэффициент, который учитывает повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения.

$K_{\text{зд}}$  – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями.

Определяем значения величин, входящих в расчётную формулу.

Нормированное значение КЕО определяем из выражения:

$$\text{КЕО} = e_{\text{н}} = e_{\text{н}}^{\text{III}} \cdot m \cdot c = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,1\% \quad (3.19)$$

где  $e_{\text{н}}^{\text{III}}$  – значение КЕО по СНиП II-4-79 для III светового пояса (принимаем по приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006  $e_{\text{н}}^{\text{III}} = 1,5\%$ );

$m$  – коэффициент светового климата ( $m = 0,9$  по приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006);

$c$  – коэффициент солнечности климата, зависящий от ориентации окон по азимуту и вида организации естественного освещения (по приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 принимаем  $c = 0,8$ ).

По приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 коэффициент запаса  $K_3 = 1,3$  (он определяет периодичность чистки стекол)

Находим отношение глубины помещения  $B$  к высоте от уровня рабочей поверхности до верха окна  $h_1$ :

$$B / h_1 = 9 / 2.4 = 3.2.$$

Отношение длины помещения к его глубине:

$$L / B = 108/9 = 12$$

По приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006. Световая характеристика окна равна  $\eta_0 = 8$ .

Определяем общий коэффициент светопропускания окон:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (3.20)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала;

$\tau_2$  – коэффициент, который учитывает потери света в оконной раме;

$\tau_3$  – коэффициент, который учитывает потери света в несущих конструкциях;

$\tau_4$  – коэффициент, который учитывает потери света в солнцезащитных устройствах;

$\tau_5$  – коэффициент, который учитывает потери света в светозащитной сетке, которая устанавливается под фонарями.

Поскольку окна изготовлены из двойных деревянных рам, в которые вставлено листовое стекло, то по приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006  $\tau_1 = 0,8$ .

Для двойных раздельных деревянных рам по приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006  $\tau_2 = 0,6$ .

Поскольку по условию у нас нет потерь света в несущих конструкциях  $\tau_3 = 1$ .

Поскольку окна не имеют светозащитных устройств  $\tau_4 = 1$ .

Для бокового освещения  $\tau_5 = 1$ .

Подставляем значения в формулу:

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48$$

Подсчитаем площадь потолка, стен, пола:

$$S_{\text{потолка}} = S_{\text{пола}} = 108 \cdot 9 = 972 \text{ м}^2$$
$$S_{\text{стен}} = 2 \cdot 108 \cdot 3,8 + 2 \cdot 9 \cdot 3,8 \approx 889 \text{ м}^2$$

Определяем средневзвешенный коэффициент отражения  $\rho_{\text{ср}}$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{пот}} \cdot S_{\text{пот}} + \rho_{\text{стен}} \cdot S_{\text{стен}} + \rho_{\text{пола}} \cdot S_{\text{пола}}}{S_{\text{пот}} + S_{\text{стен}} + S_{\text{пола}}}. \quad (3.21)$$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{0,7 \cdot 972 + 0,5 \cdot 889 + 0,1 \cdot 972}{972 + 889 + 972} = 0,43$$

Отношение расстояния расчётной точки от наружной стены  $l$  к глубине помещения  $B$  ( $l/B$ ):

$$l / B = 6 / 9 = 0,67.$$

По приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 определяем коэффициент  $r_1 = 1,4$ .

Поскольку затеняющие здания отсутствуют коэффициент  $K_{\text{зд}}$  принимаем равным 1.

Подставляем значения в формулу 3.18 и определяем площадь окон:

$$S_{\text{окон}} = \frac{1,1 \cdot 1,3 \cdot 8 \cdot 972}{0,48 \cdot 1,4 \cdot 100} \cdot 1 = 165,5 \text{ м}^2$$

Площадь окон  $165,5 \text{ м}^2$ . При стандартном размере рамы  $1,5 \times 1,7 \text{ м}$  площадь одного окна составит  $2,55 \text{ м}^2$  и количество окон равно:

$$n_{\text{окон}} = \frac{S_{\text{окон}}}{S_{\text{ст}}} = \frac{165}{2,55} \approx 55 \text{ шт.}$$

*Задача 3. Расчёт необходимой площади зенитных фонарей при верхнем естественном освещении помещения*

Требуется определить необходимую площадь зенитных фонарей для естественного освещения помещения торгового зала магазина радиотоваров, расположенного в центральной части одноэтажного здания. Длина помещения  $L = 42 \text{ м}$ , ширина  $B = 18 \text{ м}$ , высота от рабочей поверхности до низа покрытия –  $H = 5,8 \text{ м}$ . Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола  $\rho = 0,5$ . Для освещения помещения используются глухие двухскатные зенитные фонари с размерами светопроёма  $a \times b = 2,7 \times 2,7 \text{ м}$  со светопропускающим заполнением из двухкамерных стеклопакетов. Несущие конструкции – стальные фермы. Солнцезащитные устройства отсутствуют. Высота опорного контура (фонаря) равна  $1,0 \text{ м}$

По приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 находим значение КЕО для III светового пояса:

$$e_{\text{н}}^{\text{III}} = 2\%$$

Определяем нормированное значение КЕО

$$e_{\text{н}}^{\text{IV}} = e_{\text{н}}^{\text{III}} \cdot m \cdot c. \quad (3.22)$$

По карте светового климата (приложения ДБН В. 2.5 – 28 – 2006) находим  $m = 0,9$  и  $c = 0,85$ .

Тогда:

$$e_{\text{н}}^{\text{IV}} = 2 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,5\%$$

Находим  $\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (3.23)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания светопропускающего элемента,  $\tau_1 = 0,65$ ;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих элементах каркаса, принимаемый для открывающихся фонарей  $0,75$ , а для глухих –  $0,9$ ;

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях  $\tau_3 = 0,9$ ;

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных уст-

ройствах,  $\tau_4 = 1$  ;

$\tau_5$  – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарем, принимаемый равным 0,9;

Для двухкамерных стеклопакетов коэффициент светопропускания  $\tau_1 = 0,65$  (приложение ДБН В. 2.5 – 28 – 2006).

Поскольку применяются глухие фонари, то значение  $\tau_2 = 0,9$ .

По приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 для стальных ферм находим  $\tau_3 = 0,9$ .

Поскольку солнцезащитные устройства отсутствуют  $\tau_4 = 1$ .

Коэффициент  $\tau_5$  , учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарем, принимается равным 0,9.

Подставляем значения в формулу.3.22:

$$\tau_0 = 0,65 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,47.$$

По приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 принимаем коэффициент запаса  $K_3 = 1,4$  (остекление наклонное).

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{L \cdot B}{H \cdot (L + B)}, \quad (3.24)$$

где  $L$  – длина помещения вдоль оси пролетов;

$B$  – ширина помещения;

$H$  – высота покрытия над условной рабочей поверхностью.

$$i = \frac{42 \cdot 18}{5,8 \cdot (42 + 18)} = 2,17$$

Находим площадь боковых стенок фонаря:

$$S_6 = 2 \cdot h_{\text{оп}} \cdot (a + b) = 2 \cdot 1 \cdot (2,7 + 2,7) = 10,8 \text{ м}^2 . \quad (3.25)$$

Находим площадь входного и выходного отверстий:

$$S_1 = S_2 = a \cdot b = 2,7 \cdot 2,7 = 7,3 \text{ м}^2. \quad (3.26)$$

Находим соотношение:

$$\frac{S_2}{S_1 + S_6} = \frac{7,3}{7,3 + 10,8} = 0,4. \quad (3.27)$$

По этому результату по приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 определяем  $\eta_\phi$  – световую характеристику зенитных фонарей:

$$\eta_\phi = 2.$$

Находим соотношение:

$$\frac{H}{B} = \frac{5,8}{18} = 0,32. \quad (3.28)$$

По приложению оп ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 определяем  $r_2$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отражённому от поверхностей помещения:

$$r_2 = 1,35.$$

По приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 определяем  $k_\phi$  – коэффициент, учитывающий тип фонаря:

$$k_\phi = 1,1.$$

Требуемую площадь зенитных фонарей определяем по формуле:

$$S_{\hat{o}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot e_i^{\text{IV}} \cdot \eta_{\hat{o}} \cdot K_{\text{с}}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_2 \cdot k_{\hat{o}}},$$

где  $S_{\text{п}}$  – площадь освещаемого помещения;

$$S_{\phi} = \frac{18 \cdot 42 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 1,4}{100 \cdot 0,47 \cdot 1,35 \cdot 1,1} = 45,5 \text{ м}^2.$$

Необходимое количество фонарей для обеспечения требуемой освещённости помещения составляет:

$$N = \frac{S_{\phi}}{a \cdot b} = \frac{45,5}{2,7 \cdot 2,7} \approx 6 \text{ шт.}$$

#### *Задача 4. Расчёт верхнего естественного освещения*

Определить КЕО в точке помещения, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности. Расчётная точка принимается на расстоянии  $l = 1$  м от поверхности стены, на высоте  $h = 0,8$  м. Средневзвешенный коэффициент отражения  $\rho_{\text{ср}} = 0,4$ , количество пролетов –  $n_{\text{пр}} = 3$ .

**Решение.** График I приложения ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 накладываем на чертеж поперечного разреза помещения (см. рис. Л4, Л5 ДБН В. 2.5 – 28 – 2006). Центр графика «0» совмещаем с расчётной точкой, а нижнюю линию — со следом условной рабочей поверхности (у.р.п.). Количество лучей, проходящих от небосвода в расчётную точку, составляет  $n_1 = 3$ .

Отмечаем номер полуокружности графика, который проходит через середину светопроёма. Номер полуокружности – 34.

Накладываем график II приложения ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 на чертеж продольного разреза помещения таким образом, чтобы его вертикальная ось и горизонталь 34 проходила через середину светопроёма.

Количество лучей, проходящих от небосвода через световой проём по графику II в расчётную точку «0», составляет:

$$n_2 = 43 \cdot 2 = 86.$$

Находим  $\varepsilon_b$  – геометрический коэффициент естественной освещенности в какой-либо точке помещения, определяемый по формуле:

$$\varepsilon_b = 0,01 \cdot \sum_{i=1}^m (n_1 \cdot n_2), \quad (3.29)$$

где  $n_1$  – количество лучей, проходящих от небосвода в расчётную точку через световые проёмы, расположенные в поперечном разрезе помещения;

$n_2$  – количество лучей, проходящих от небосвода в расчётную точку через световые проёмы, расположенные в продольном разрезе помещения;

$m$  – количество световых проёмов.

$$\varepsilon_b = 0,01 \cdot 3 \cdot 86 = 2,61\% .$$

Определяем коэффициент запаса по приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 :

$$k_3 = 1,3.$$

Определяем среднее значение геометрического КЕО (также приблизительно его можно определить по приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006):

$$\varepsilon_{cp} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \varepsilon_{b,i} \quad (3.30)$$

где  $N$  – количество расчётных точек;

$\varepsilon_{b,i}$  – значение геометрического КЕО в  $i$ -й точке.

Поскольку расчётная точка у нас одна то формула 3.30 приобретает следующий вид:

$$\varepsilon_{cp} = \varepsilon_b = 2,61\% .$$

Находим отношение высоты помещения, принимаемой от условной рабочей поверхности до остекления  $H_\phi$ , к ширине пролета  $l_1$  :

$$\frac{H_\phi}{l_1} = \frac{10,2}{18} = 0,57$$

Определяем коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении за счёт света, отраженного от поверхностей помещения  $r_2$  согласно приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006:

$$r_2 = 1,1.$$

Находим  $\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (3.31)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала равный для однокамерных стеклопакетов 0,75 (приложение ДБН В. 2.5 – 28 – 2006);

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроёма, равный для стальных одинарных глухих переплётов 0,9 (см. приложения ДБН В. 2.5 – 28 – 2006);

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, равный для стальных ферм 0,9 (см. приложение ДБН В. 2.5 – 28 – 2006);

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, при их отсутствии принимаем равным 1

$\tau_5$  – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, при её отсутствии принимаем равным 1.

Подставляем значения в формулу 0.3:

$$\tau_0 = 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,6 .$$

По приложению ДБН В. 2.5 – 28 – 2006 определяем  $k_\phi$  – коэффициент, учитывающий тип фонаря:

$$k_\phi = 1,1.$$

КЕО в расчётной точке находится по формуле:

$$e_p^B = \frac{[\varepsilon_B + \varepsilon_{cp} \cdot (r_2 \cdot k_\phi - 1)] \cdot \tau_0}{k_3} = \frac{[2,61 + 2,61 \cdot (1,1 \cdot 1,2 - 1)] \cdot 0,6}{1,3} = 1,8\% . \quad (32)$$

Таким образом, КЕО в расчётной точке составляет 1,8 %, что меньше нормативного значения.

## **6. Контрольные вопросы**

1. Каким нормативным показателем оценивается уровень естественного освещения?

2. Каким показателем нормируется верхнее и совмещённое освещение?

3. Каким нормативным документом руководствуются при определении КЕО?

4. Как определяется количество лучей, проходящих от небосвода в расчётную точку?

5. Что такое зенитные фонари?

6. Какой принцип положен в основу определения площади зенитных фонарей для естественного освещения помещения?

7. Какой принцип положен в основу определения площади окон при боковом освещении?

## **Запыленность воздуха и расчёт весовой концентрации пыли**

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: *ОК-5; ОК-12; ОПК-2; ПК-16; ППК-13.*

**1. Цель практического занятия.** Определение концентрации пыли весовым (гравиметрическим) методом и оценка воздуха рабочей зоны по пылевому фактору.

**2. Теоретические положения.** Основные понятия о промышленной пыли как аэрозоли взвешенной и витающей в воздухе и осевшей на поверхности [11-14].

*Промышленная пыль* – это мелкие частицы минеральных или органических веществ размером от долей мкм до сотен мкм, взвешенные в воздухе (аэрозоль) или осевшие на поверхности (аэрогель). Она полидисперсная – твердые частицы в них имеют различные размеры. Частицы в водной оболочке – аэрозоль.

*Фракция пыли* - это доля частиц, размеры которых находятся в определенном интервале значений, например менее 1 мкм, от 1 до 5 мкм, от 5 до 10 мкм и т.д.

Специфические свойства пыли: большая удельная поверхность; высокая адсорбционная способность, горючесть, взрывчатость, электростатическая зарядность, слипаемость, опасность для организма человека и др.

*Массовой концентрацией аэрозоля* ( $\text{мг/м}^3$ ) называется масса частиц, содержащихся в единице объема газа или воздуха, приведенного к стандартным условиям: температуре 293 °К (20 °С) и давлению 101,3 кПа (760 мм рт. ст.).

*Счетная концентрация аэрозоля* выражается числом частиц в единице объема газа ( $\text{частиц/м}^3$ ).

Концентрация аэрозоля определяется прямым весовым (гравиметрическим) методом или косвенными методами: радиационным, электрическим, фотометрическим, лазерным и др.

*Концентрация пыли прямым весовым методом*, регламентированным ГОСТ ССБТ, определяется массой пыли выделенной (уловленной) на ана-



литическом фильтре из определенного объема исследуемого воздуха, путем взвешивания фильтра до и после просасывания через него запыленного воздуха.

Для просасывания (аспирации) исследуемого воздуха через аэрозольные аналитические фильтры (типа АФА) используют специальные устройства - аспираторы: электроаспираторы (воздуходувки) типа ПРВ, ПРУ-4, М822; эжекторные рудничные аспираторы с автоматической регулировкой расхода воздуха типа АЭРА и другие. Составными частями аспираторов являются побудители расхода воздуха (ротационные воздуходувки, диафрагменные насосы, эжекторы) и расходомеры воздуха или газа (ротаметры, реометры, газовые счетчики).

При измерениях концентрации пыли предварительно взвешенный «чистый» фильтр АФА-20-ВП (буква В означает, что фильтр пригоден для весового метода, а цифра 20 – площадь круглой плоскости фильтра – 20 см<sup>2</sup>) закрепляют в патроне (аллонже), который соединяют шлангом с аспиратором и протягивают через фильтр такое количество воздуха, чтобы навеска уловленной пыли составляла от 1,0 до 50,0 мг (для АФА-10-ВП от 0,5 до 50,0 мг).

Продолжительность отбора пробы (t) устанавливается преподавателем в пределах от 5 до 10 мин.

После просасывания запыленного воздуха фильтр извлекают из аллонжа, повторно взвешивают на аналитических лабораторных весах типа АДВ-200 (ВЛА-200) с точностью до 0,1 мг и определяют навеску уловленной пыли ( $Q_{ул}$ ) на фильтре по разности масс «чистого» и «грязного» фильтра.

*Приборы и оборудование:*

- лабораторная установка, состоящая из следующих частей: камеры (условного рабочего места) с запыленностью воздуха; фильтра в аллонже, вентиляторная установка;

- аспирационное устройство для отбора проб воздуха, аналитические весы ВЛА-200, секундомер, фильтры АФА-20, аллонжи, барометр БАММ, термометр.

Таблица 4.1 – Рабочая характеристика фильтров АФА [13]

| № п/п | Характеристика                             | Марка фильтра |        |            |
|-------|--|---------------|--------|------------|
|       |  | АФА-10        | АФА-20 | АФА-20-ХА- |
| 1     | 2  | 3             | 4      | 5          |
| 1     | Масса, мг                                  | 55            | 110    | 135        |
| 2     | Скорость аспирации, л/мин                  | 50            | 100    | 100        |
| 3     | Пылеёмкость(максимальная навеска пыли), мг | 50            | 100    | 100        |

|   |   |    |    |     |
|---|---|----|----|-----|
| 4 | Термостойкость (допустимая температура), °С | 60 | 60 | 150 |
|---|---|----|----|-----|

Таблица 4.2. – Скорости аспирации и продолжительность отбора проб

| № п.п | Содержание пыли, мг/м <sup>3</sup> | Скорость аспирации, л/мин | Продолжительность пробоотбора, мин |
|-------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 1     | 2                                  | 3                         | 4                                  |
| 1     | Менее 0,5                          | 100                       | 30                                 |
| 2     | 0,5 – 2,0                          | 100                       | 20 - 30                            |
| 3     | 2 - 10                             | 50                        | 10 - 20                            |
| 4     | 10 - 50                            | 20                        | 5                                  |

*Примечание.* При нагрузке по воздуху более 3 - 4 л/мин. на см<sup>2</sup> фильтр рекомендуется устанавливать в аллонж на опорную сетку, которую можно изготовить путем вклеивания тонкой металлической или капроновой сетки между створками защитных колец.

#### *Определение весовой концентрации пыли*

При помощи вентилятора в пылевой камере, которая имитирует производственное помещение, создаётся запылённость воздуха. Осуществляется это следующим образом: в камеру через дозатор помещается навеска мелкодисперсной пыли, способная витать в воздухе. Восходящим потоком воздуха от вентилятора она приводится во взвешенное состояние. Давление и температура воздуха в камере принимаются равными давлению и температуре в лаборатории. Отбор запылённого воздуха из камеры производится с помощью аспиратора, создающего высокое разрежение. К аспиратору резиновой трубкой подключается аллонж с фильтром. Через фильтр протягивают такое количество воздуха, чтобы навеска уловленной пыли составляла от 1,0 до 50,0 мг [12, 14].

Расчет весовой концентрации уловленной пыли в мг/м<sup>3</sup> производится по формуле:

$$Q_{\text{ул}} = \frac{P_1 - P_0}{V_0}, \text{ мг/м}^3, \quad (4.1)$$

где  $Q_{\text{ул}}$  - весовая концентрация уловленной пыли в мг/м<sup>3</sup>;

$P_0$  - масса чистого фильтра, мг;

$P_1$  - масса запылённого фильтра, мг;

$V_0$  - объём воздуха, протянутого через фильтр (м<sup>3</sup>), приведенный к нормальным условиям, т.е. к такому объёму, какой он занимает при температуре 273 К° (0°С) и атмосферном давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), м<sup>3</sup>.

$$V_0 = \frac{v_1 * 273 * B}{(273 + t) * 760} = \frac{v_1 * 273 * B}{(273 + t) * 101.3}, \text{ м}^3, \quad (4.2)$$

где  $v_1$  – объёмная скорость воздуха, протянутого через фильтр при температуре  $t$  и давлении  $B$  (берётся умножением объёмной скорости протягивания ( $q$ ) на время ( $t$ ));

$B$  - барометрическое давление в месте отбора пробы;

$t$  - температура воздуха в месте отбора пробы.

$t_{\text{пр}}$  – время пробоотбора, мин.

Значения  $t$  и  $B$  берутся по термометру и барометру,  $t_{\text{пр}}$  – по секундомеру.

Объёмная скорость просасывания ( $V_1$ ) определяется по номограммам в зависимости от диафрагмы прибора и показания реометра.

$$V_1 = q * t_{\text{пр}} = \frac{q * t_{\text{пр}}}{1000}, \quad (4.3)$$

где  $q$  - объёмная скорость пробоотбора, л/мин.;

1000 – коэффициент перевода литров в м<sup>3</sup> (1 м<sup>3</sup> = 1000 л).

Степень очистки воздуха фильтром от пыли характеризуется коэффициентом  $\eta$ , величина которого колеблется в пределах  $\eta = 0,8 \dots 0,95$ . Полное количество прошедшей через фильтр пыли составляет :

$$Q_{\text{вх}} = Q_{\text{ул}} / \eta = Q_{\text{ул}} / (0,8 \dots 0,95), \text{ мг/м}^3. \quad (4.4)$$

При этом  $Q_{\text{ВЫХ}}$  (количество пыли, вышедшее за пределы фильтра составит:

$$Q_{\text{ВЫХ}} = Q_{\text{ВХ}} * (0,05 \dots 0,2), \text{ мг/м}^3, \quad (4.5)$$

где  $Q_{\text{ВХ}}$  и  $Q_{\text{ВЫХ}}$  - концентрация пыли в воздухе до и после очистки (на входе в пылеуловитель и на выходе из него),  $\text{мг/м}^3$ ;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий степень очистки воздуха фильтром от пыли,  $\eta = 0,8 \dots 0,95$ .

Эффективность средств очистки воздуха при отсутствии подсоса воздуха извне определяют по формуле:

$$N = \frac{Q_{\text{ВХ}} - Q_{\text{ВЫХ}}}{Q_{\text{ВХ}}} * 100, \% \quad (4.6)$$

где  $Q_{\text{ВХ}} - Q_{\text{ВЫХ}} = Q_{\text{УЛ}}$ .

Тогда

$$N = \frac{Q_{\text{УЛ}}}{Q_{\text{ВХ}}} * 100, \% \quad (4.7)$$

Из (3.4) определяем

$$Q_{\text{УЛ}} = Q_{\text{ВХ}} * \eta, \quad (4.8)$$

подставляем выражение (3.7) в (3.6) получим

$$N = \eta * 100, \% \quad (4.9)$$

$$N = \eta * 100 = (0,8 \dots 0,95) * 100, \%$$

$$N_{\text{ср}} = 87,5 \%$$

Существующие способы борьбы с пылью подразделяют на сухие (без применения воды или растворов), мокрые и комбинированные. В данной работе исследуются сухие способы очистки воздуха от пыли с помощью циклона и тканевого рукавного фильтра.

Основными показателями работы пылеулавливающих средств являются: производительность по воздуху (пропускная способность),  $\text{м}^3/\text{час}$ ; аэро-

динамическое сопротивление аппарата, Па; общая и пофракционная эффективность пылеулавливания (%).

### 3. Порядок выполнения расчётов

1. Выполнить расчёт весовой концентрации пыли в  $\text{мг}/\text{м}^3$  по формуле 4.1 по данным, приведенным в вариантах заданий.

2. Выполнить расчет концентраций пыли на входе и выходе из установки по формулам 4.1-4.5 (по данным вариантов задач);

3. Рассчитать объём воздуха, протянутый через фильтр ( $\text{м}^3$ ), привести его к нормальным условиям (к температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлению 760 мм ртутного столба).

4. Определить эффективность очистки воздуха от фильтром (формула 3.4, 3.5). Результаты расчетов занести в таблицу 4.3.

5. Сделать вывод о соответствии измеренных концентраций пыли предельно допустимой концентрации (ПДК) (таблица 4.4).

6. Предложить дополнительные способы и средства борьбы с пылью, направленные на снижение концентрации пыли при очистке в установке.

Таблица 4.3 – Результаты измерений и расчетов

| Местоопределение концентрации пыли | $Q_{\text{вх}}, \text{мг}/\text{м}^3$ | Масса фильтра, мг |   | $Q_{\text{ул}}, \text{г}$ | $q, \text{л}/\text{мин}/\text{н}/\text{ми}$ | $t, \text{ин.}$ | В.мм рт.ст | Т, С | $v_{\text{пр}}, \text{м}^3$ | N, $\text{г}/\text{м}^3$ |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---|---------------------------|---|-----------------|------------|------|-----------------------------|--------------------------|
|                                    |                                       | 1                 | 2 |                           |   |                 |            |      |                             |                          |
| 1. На входе в установку            |                                       |                   |   |                           |   |                 |            |      |                             |                          |
| 2. На выходе из установки          |                                       |                   |   |                           |   |                 |            |      |                             |                          |

Таблица 4.4 – Предельно допустимые концентрации аэрозолей (ПДК) (Извлечение из ГОСТ 12.1.005-88)

| Вещество  | ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$ | Класс опасности |
|---|-----------------------------|-----------------|
| 1   | 2                           | 3               |
| Кремнесодержащие пыли:  |                             |                 |
| - содержание в пыли свыше 70% (кварцит и др.);  | 1                           | 3               |
| - содержание в пыли от 10 до 70% (гранит, слюда-сырец, углеродная пыль, шамот и др.)      | 2                           | 4               |
| - содержание в пыли от 2 до 10% (горючие сланцы, углеродная и угольная пыль, глина и др.) | 4                           | 4               |

Продолжение таблицы 4.4

| 1  | 2  | 3 |
|--|----|---|
| Кремний, карбид (карборунд)  | 6  | 4 |
| Легированные стали и их смеси с алмазом до 5%  | 6  | 4 |
| Магнезит   | 10 | 4 |
| Нефелин и нефелиновый сиенит, известняк  | 6  | 4 |
| Пыль растительного и животного происхождения:  |    |   |
| - с примесью двуокиси кремния более 10%(лубяная, хлопковая, хлопчатобумажная, льняная, шерстяная, пуховая и др.) | 2  | 4 |
| - с примесью двуокиси кремния от 2 до 10%  | 4  | 4 |
| - с примесью двуокиси кремния менее 2% (мучная, хлопчатобумажная, древесная и др.)                               | 6  | 4 |
| Сажи черные промышленные   | 4  | 4 |
| Силикаты и силикатосодержащие пыли:  |    |   |
| - асбест природный и искусственный, а также асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 10%;         | 2  | 4 |
| - асбестоцемент;   | 6  | 4 |
| - тальк, слюда-флагопит и мусковит, стеклянное и минеральное волокно;  | 4  | 4 |
| - цемент, оливин, апатит, глина.   | 6  | 4 |
| Пыли с содержанием углерода:   |    |   |
| - кокс нефтяной, пековый, сланцевый, антрацит  | 6  | 4 |
| -алмазы природные и искусственные  | 8  | 4 |
| - каменный уголь с содержанием свободного диоксида кремния до 5%   | 10 | 4 |
| Сильвинит  | 5  | 3 |

#### 4. Варианты заданий

Таблица 4.5. Входные данные

| Варианты заданий | Q <sub>вх</sub> , мг/м <sup>3</sup> | Масса фильтра АФА-ВП-10, мг |                | q, л/мин | t, мин. | В. мм рт. ст. | Т, °С |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------|---------|---------------|-------|
|                  |                                     | P <sub>1</sub>              | P <sub>0</sub> |          |         |               |       |
| 1                | 2                                   | 3                           | 4              | 5        | 6       | 7             | 8     |
| 1                | 10                                  | 112,3                       | 110,0          | 10,0     | 5,0     | 755           | 21    |
| 2                | 11                                  | 112,5                       | 111,2          | 11,0     | 6,0     | 740           | 21    |
| 3                | 12                                  | 114,5                       | 112,6          | 10,0     | 5,5     | 745           | 22    |
| 4                | 13                                  | 113,0                       | 111,4          | 11,5     | 5,0     | 746           | 21    |
| 5                | 14                                  | 12,5                        | 113,5          | 11,0     | 6,0     | 738           | 24    |
| 6                | 15                                  | 113,6                       | 111,3          | 10,8     | 6,5     | 750           | 23    |
| 7                | 12                                  | 114,0                       | 110,5          | 10,5     | 5,7     | 754           | 22    |
| 8                | 13                                  | 112,0                       | 110,5          | 10,2     | 5,4     | 749           | 21    |
| 9                | 14                                  | 111,5                       | 110,5          | 12,1     | 5,8     | 741           | 23    |
| 10               | 11                                  | 112,3                       | 110,5          | 11,3     | 5,4     | 747           | 21    |
| 11               | 13                                  | 113,5                       | 111,0          | 10,5     | 5,1     | 743           | 22    |
| 12               | 12                                  | 111,4                       | 110,6          | 10,2     | 5,3     | 738           | 21    |
| 13               | 14                                  | 112,6                       | 110,3          | 10,6     | 5,8     | 746           | 22    |
| 14               | 13                                  | 112,4                       | 110,4          | 10,5     | 5,3     | 749           | 21    |
| 15               | 11                                  | 113,4                       | 110,8          | 11,4     | 5,6     | 742           | 22    |

#### 5. Пример расчёта

*Условия задачи.* Определить эффективность обеспыливающей установки и сравнить полученный результат с нормативными данными ПДК пыли с содержанием углерода, приведенными в табл. 4.4. Исходные данные: P<sub>1</sub> = 112,1 м.г.; P<sub>0</sub> = 110 м.г.; q = 15 л/мин; t = 5 мин; В = 99,834 (749 мм. рт. ст.); Т = 20 °С, η = 0,875.

1. Рассчитываем весовую концентрации пыли (мг/м<sup>3</sup>) по формуле (4.1):

$$Q_{\text{ул}} = \frac{P_0 - P_1}{V_0} = \frac{112,1 - 110}{0,69} = 3,04 \text{ мг/м}^3.$$

2. Рассчитываем объём воздуха, протянутый через фильтр (м<sup>3</sup>), приведенный к нормальным условиям

$$V_0 = \frac{0,75 \cdot 273 \cdot 99,834}{(273 + 20) \cdot 101,3} = 0,69 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

3. Рассчитываем эффективность средств очистки воздуха по формуле:

$$N = \eta * 100 = 0,875 * 100 = 87,5 \%$$

### **Выводы**

1. Гравиметрическим методом определено пыли с содержанием углерода. Определена весовая концентрация пыли ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ), которая составила  $3,04 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

2. Рассчитана эффективность средств очистки воздуха, которая составила  $87,5 \%$

3. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88. Предельно допустимые концентрации аэрозолей (табл. 4.4), ПДК пылей с содержанием углерода (кокс нефтяной, пековый, сланцевый, антрацит, алмазы природные и искусственные, каменный уголь с содержанием свободного диоксида кремния до 5%) составляют соответственно 6, 8, 10  $\text{мг}/\text{м}^3$ , что в 1,97, 2,63, 3,29 раза превышают, полученный показатель ( $3,04 \text{ мг}/\text{м}^3$ ).

### **6. Контрольные вопросы.**

1. Что представляет собой промышленная пыль?
2. Что означает понятие дисперсный состав пыли?
3. Что называется массовой концентрацией пыли?
4. Какие методы определения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны Вы знаете?
5. В чем заключается весовой метод определения концентрации пыли?
6. Какие устройства и приборы используют для отбора проб воздуха на запыленность?
7. Чем определяется продолжительность отбора пробы?
8. С какой целью при определении концентрации пыли измеряют температуру и давление воздуха?
9. Перечислите основные показатели, характеризующие работы пылеуловителя.
10. Как определяется эффективность средств борьбы с пылью?



## Определение суммарного уровня шума от трех источников на рабочем месте токаря

Продолжительность занятий: 4 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК-12; ОПК-2; ППК-13.

**1. Цель практического занятия.** Определение суммарного уровня шума от трех источников на рабочем месте токаря и разработка мероприятий по его снижению.

**2. Теоретические положения.** За шум принимается всякий нежелательный звук. Шум вреден для здоровья, снижает работоспособность, повышает уровень травматизма. Поэтому необходимо предусматривать меры защиты от шума [14-22].

Уменьшить шум можно различными методами: применением полосы земных насаждений, стены – преграды. Шум в производственных помещениях можно значительно уменьшить облицовкой стен и потолков звукопоглощающими материалами (пористой штукатуркой, перфорированными, плотной пористой тканью).

Применяются два способа оценки уровня шума в окружающей среде:

1. Во всей полосе слышимости частот (16-20000 Гц). Этот уровень шума называют *эквивалентным уровнем шума*. В этом случае единицу измерения уровня звука обозначают не в дБ, а дБ (А).

2. Измерение уровня шума осуществляется на 8 средних геометрических частотах каждой октавы: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Расчет уровня шума с учетом расстояния производится по формулам:

$$L_{R1}=L_1-20 \lg R_1-8, \text{ дБ}, \quad (5.1)$$

$$L_{R2}=L_2-20 \lg R_2-8, \text{ дБ}, \quad (5.2)$$

$$L_{R3}=L_3-20 \lg R_3-8, \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

Суммарная интенсивность шума определяется последовательно по формуле (5.1):

$$L_{S1,2,3}=L_A+DL, \text{ дБ}, \quad (5.4)$$

где  $L_A$  - наибольший из 2-х суммируемых уровней, дБ.

Величина поправки  $DL$  - поправка, зависящая от разности уровней, определяется по таблице 5.1:

Если уровень шума превышает нормативный, предлагаются следующие меры защиты:

- а) использования звукоизолирующих материалов для покрытия стен и потолка;
- б) вынос рабочего места за стену-преграду;

Таблица 5.1 – Величина поправки DL

|                              |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Разность<br>$L_A - L_B$ , дБ | 0  | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 15  | 20  |
| Поправка<br>DL               | 30 | 25 | 2,0 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,0 |

5

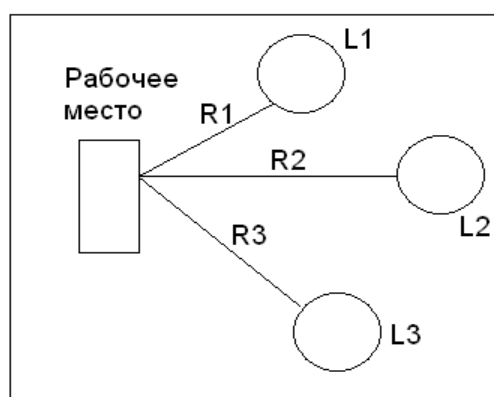


Рисунок 5.1 – Схема размещения источников шума

### 5.3. Порядок расчёта

Для использования меры «а») принять следующие исходные данные :

-  $\alpha_1, \alpha_2$ - соответственно коэффициенты поглощения материала потолка до и после покрытия шумопоглощающим материалом ( $\alpha_1 \cdot 10^{-3} = 20 \dots 45$ ;  $\alpha_2 \cdot 10^{-2} = 70 \dots 95$ );

-  $\beta_1$  и  $\beta_2$ - соответственно коэффициенты поглощения материала стен до и после покрытия ( $\beta_1 \cdot 10^{-3} = 30 \dots 35$ ;  $\beta_2 \cdot 10^{-2} = 70 \dots 95$ )

-  $\gamma$  - коэффициент поглощения пола. Пол не покрывается шумопоглощающим материалом. При расчете принять  $\gamma = 0,061$ .

Звукопоглощение стен и потолка до применения шумопоглощающих материалов формула (5.5)

$$M_1 = S_n \cdot \alpha_1 + S_c \cdot \beta_1 + S_{\text{пол}} \cdot \gamma, \text{ ед. погл.} \quad (5.5)$$

Звукопоглощение стен и потолка после применения шумопоглощающих материалов:

$$M_2 = S_n \cdot a_2 + S_c \cdot b_2 + S_{\text{пол}} \cdot \gamma, \text{ ед. погл.} \quad (5.6)$$

Площади пола и потолка равны. Снижение интенсивности шума составили формула (5.7):

$$K = 10 \lg \frac{M_2}{M_1} \quad \text{дБ} \quad (5.7)$$

С учетом применения материалов определим суммарный уровень шума формула (5.8):

$$L_M = L_{S1,2,3} - K, \quad \text{дБ} \quad (5.8)$$

$L_M$  - уровень шума с учетом применения шумопоглощающих материалов, дБ;

$L_{S1,2,3}$  - суммарный уровень шума от 3 источников на рабочем месте. дБ.

Полученные данные сравниваем с нормативным значением. Если уровень шума соответствует нормативному - расчет на этом заканчивается. Если нет - применяется мера б).

Для использования меры б) исходные данные приведены в таблице 5.2 (любые три по выбору)

Если между источником шума и рабочим местом есть стена-преграда, то уровень интенсивности шума снижается на N, дБ формула (5.9):

$$N = 14,5 \lg G + 15, \quad \text{дБ} \quad (5.9)$$

где G - масса одного м<sup>2</sup> стены- преграды, кг.

Определение уровня шума на рабочем месте с учетом стен-преград производится по формуле (5.10):

$$L_N = L_{S1,2,3} - N, \quad \text{дБ} \quad (5.10)$$

Таким образом, конечный уровень шума на рабочем месте определится как

$$L_N, \text{ дБ} = L_M - N = L_{S1,2,3} - K - N. \quad (5.11)$$

По результатам расчетов сделать выводы.

Определение уровня шума в жилом помещении с учетом материала стен и расстояния R от источника шума.

Для решения данной задачи можно воспользоваться методикой, изложенной выше.

1. Определить уровень шума с учетом расстояния:

$$L_R = L_{\text{экв}} - 20 \lg R - 8, \quad \text{дБ.} \quad (5.12)$$

2. Определить уровень шума за стенами дома:

$$N = 14,5 \lg G + 15, \text{ дБ.} \quad (5.13)$$

3, Определить уровень шума с учетом расстояния и стены-преграды

$$L_N = L_R - N, \text{ дБ.} \quad (5.14)$$

4. Сравнить с допустимыми уровнями шума в жилых и общественных зданиях (уровень шума в жилых помещениях должен быть не более 30дБА днем и 40дБА ночью).

5. Предложить мероприятия по снижению уровня шума до нормативных значений, в т.ч. и с использованием полосы зеленых насаждений (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Входные данные

| № п.п. | Полоса зеленых насаждений  | Ширина полосы, м | Снижение уровня звука $L_A$ зел., дБА |
|--------|--|------------------|---------------------------------------|
| 1      | 2  | 3                | 4                                     |
| 1      | Однорядная при шахматной посадке деревьев внутри полосы                                  | 10-15            | 4-5                                   |
| 2      | То же  | 16-20            | 5-8                                   |
| 3      | Двухрядная при расстояниях между рядами 3-5 м, ряды аналогичны однорядной посадке        | 21-25            | 8-10                                  |
| 4      | Двух- или трехрядная при расстояниях между рядами 3м, ряды аналогичны однорядной посадке | 26-30            | 10-12                                 |

Примечание. Высоту деревьев следует принимать не менее 5-6 м.

#### 4. Варианты заданий

Таблица 5.3 – Входные данные

| № п.п. | Параметры  | Варианты |    |    |     |    |     |     |    |    |     |
|--------|------------|----------|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
|        |            | 3        | 4  | 5  | 6   | 7  | 8   | 9   | 10 | 11 | 12  |
| 1      | $L_1$ , дБ | 70       | 80 | 50 | 90  | 90 | 100 | 100 | 80 | 80 | 90  |
| 2      | $L_2$ , дБ | 100      | 90 | 80 | 70  | 70 | 70  | 80  | 70 | 90 | 100 |
| 3      | $L_3$ , дБ | 95       | 70 | 50 | 85  | 95 | 90  | 95  | 90 | 85 | 80  |
| 4      | $R_1$ , м  | 2,5      | 2  | 3  | 5,5 | 4  | 3   | 2,5 | 3  | 4  | 4,5 |

Продолжение таблицы 5.3

|    |                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 2                                | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 5  | R <sub>2,м</sub>                 | 7   | 7,5 | 8   | 5,5 | 9   | 9,5 | 8,5 | 8,5 | 8   | 7,5 |
| 6  | R <sub>3,м</sub>                 | 7   | 6,5 | 6   | 5,5 | 5   | 4,5 | 4   | 3,5 | 3   | 2,5 |
| 7  | S <sub>nn,м<sup>2</sup></sub>    | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 |
| 8  | S <sub>c, м<sup>2</sup></sub>    | 160 | 180 | 200 | 220 | 250 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 |
| 9  | α <sub>1</sub> *10 <sup>-3</sup> | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 40  | 35  | 30  | 25  |
| 10 | α <sub>2</sub> *10 <sup>-2</sup> | 95  | 90  | 85  | 80  | 75  | 70  | 75  | 80  | 85  | 90  |
| 11 | β <sub>1</sub> *10 <sup>-3</sup> | 34  | 33  | 32  | 31  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  |
| 12 | β <sub>2</sub> *10 <sup>-2</sup> | 75  | 80  | 85  | 90  | 95  | 90  | 85  | 80  | 75  | 70  |

Таблица 5.4 – Характеристика стены – преграды

| № п.п. | Материалы и конструкции  | Толщина кон-<br>струкции, м | Масса 1 м <sup>2</sup><br>преграды, кг |
|--------|--------------------------|-----------------------------|--|
| 1      | 2                        | 3                           | 4                                      |
| 1      | Стена кирпичная          | 0,12                        | 250                                    |
| 2      | Стена кирпичная          | 0,25                        | 470                                    |
| 3      | Стена кирпичная          | 0,38                        | 690                                    |
| 4      | Стена кирпичная          | 0,52                        | 934                                    |
| 5      | Картон в несколько слоев | 0,02                        | 12                                     |
| 6      | Картон в несколько слоев | 0,04                        | 24                                     |
| 7      | Войлок                   | 0,025                       | 8                                      |
|        | Войлок                   | 0,05                        | 16                                     |

## 5. Примеры расчётов

1. Расчёт суммарного уровня шума от трех источников на рабочем месте слесаря.

Определить средний суммарный уровень шума от трёх источников на рабочем месте токаря. Сравнить, полученный результат с нормативным уровнем - 50 дБ. Сделать вывод.

$$L_{R1}=85\text{дБ}$$

$$L_{R2}= 95 \text{ дБ}$$

$$L_{R3}=100\text{дБ}$$

$$L_{S1,2}= 95+0,4= 95,4 \text{ дБ,}$$

где – 95- наибольший из сравниваемых уровней;

0,4- поправка разности ( $L_{R2} - L_{R1} = 10$ ) , определяемая по таблице 5.1;

$$\text{Далее сравнивают } L_{S1,2}= 95,4 \text{ дБ с } L_{R3}= 100 \text{ дБ и } L_{\Sigma 1,2,3}= 100 + 1,2 = \\ = 101,2\text{дБ,}$$

где: 100- наибольший из сравниваемых уровней;

1,2 – поправка определяемая по таблице 5.1 в зависимости от разности уровней и  $L_{R3} - L_{\Sigma 1,2} = 4,6$ .

Полученный результат сравнивают с нормативным уровнем -  $L_n = 50$  дБ для рабочего места токаря.

### **Выводы**

1. Суммарный уровень шума равный  $L_{\Sigma 1,2,3} = 101,2$  дБ в 2 раза превышает нормативный уровень шума  $L_n = 50$  дБ.

2. Вращающиеся части станка разбалансированы или подработаны, возникли биения.

3. Необходимо произвести ремонт, наладку или замену станка на более современную модель, не имеющую этого недостатка.

4. В качестве дополнительной меры – использовать средства индивидуальной средства индивидуальной защиты органов слуха.

### **2. Расчёт звукоизолирующей способности стены с проёмом**

Определить среднюю звукоизолирующую способность стены с дверью на частоте 1000 Гц, если перегородка на этой частоте имеет звукоизолирующую способность  $R_c = 40$  дБ, дверь —  $R_0 = 25$  дБ,  $S_0/S_{\text{общ}} = 10\%$ . Определить, что является более целесообразным – повышение звукоизоляции глухой части стены или двери.

**Решение.** Звукоизолирующая способность сложных стен, имеющих дверные или оконные проемы, зависит от звукоизоляции дверей и окон. Среднюю звукоизолирующую способность сложного ограждения определяют по формуле:

$$R = 10 \cdot \lg \frac{\sum_{k=1}^m S_k}{\sum_{k=1}^m S_k \cdot 10^{-0,1 \cdot R_k}}, \quad (5.15)$$

где  $S_k$  – площадь отдельного элемента сложного ограждения (глухой части стены, окна или др.),  $\text{м}^2$ ;

$R_k$  – звукоизолирующая способность этого элемента, дБ;

$m$  – количество элементов.

В случаях, когда сложное ограждение состоит только из двух элементов (например, стена с дверью или окном), удобно пользоваться номограммой (рис.5.2).

Находим разницу звукоизолирующей способности стены и двери:

$$R_c - R_o = 40 - 25 = 15 \text{ дБ.} \quad (5,16)$$

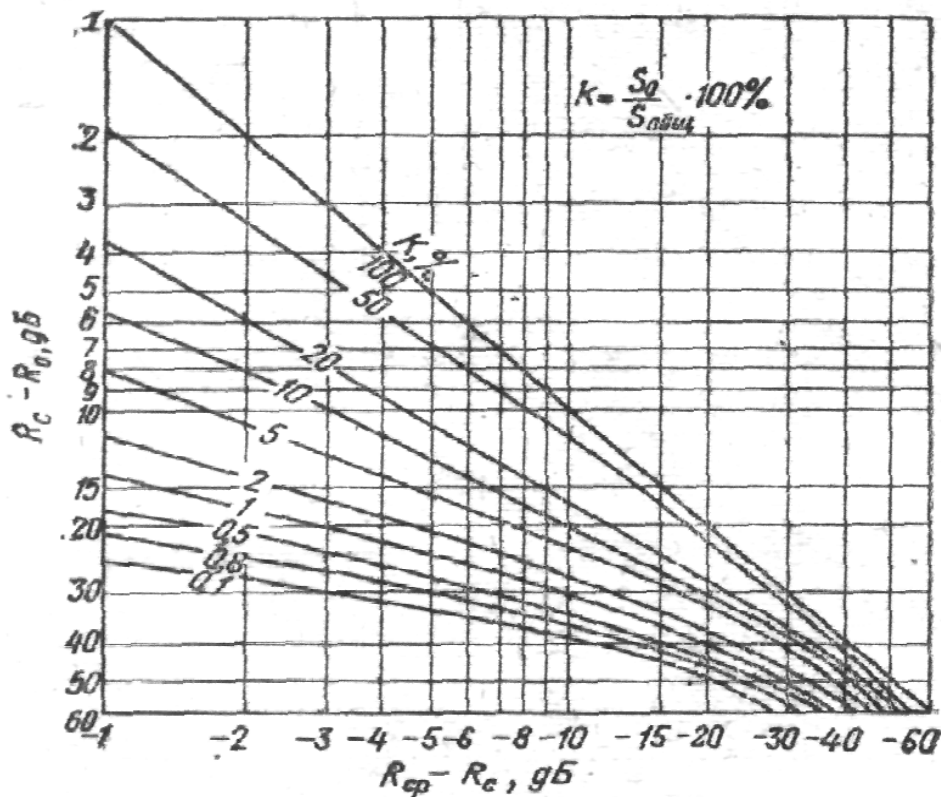


Рисунок 5.2 – Номограмма для определения средней звукоизолирующей способности ограждений неоднородной конструкции:

$R_c$  – звукоизолирующая способность глухой части стены, дБ;

$R_o$  – звукоизолирующая способность для элемента (двери, окна или др.) с меньшей звукоизоляцией, дБ;

$k, \%$  – процент площади, занятой элементом с меньшей звукоизоляцией.

По номограмме находим при  $k = S_c / S_{\text{общ}} = 10\%$  :

$$R_{\text{cp}} - R_c \approx - 6,5 \text{ дБ} \quad (5.17)$$

Находим  $R_{\text{cp}}$ :

$$R_{\text{cp}} = R_c - 6,5 = 40 - 6,5 = 33,5 \text{ дБ} \quad (5.18)$$

Определим, что является более целесообразным для повышения звукоизоляции стены – увеличение звукоизоляции глухой части стены или двери. Увеличим звукоизоляцию глухой части на 10 дБ, т. е.  $R_c = 50$  дБ. Тогда разница звукоизолирующей способности стены и двери составит:

$$R_c - R_o = 50 - 25 = 25 \text{ дБ} \quad (5.19)$$

По номограмме находим:

$$R_{cp} - R_c \approx - 15 \text{ дБ} \quad (5.20)$$

Находим  $R_{cp}$ :

$$R_{cp} = R_c - 15 = 50 - 15 = 35 \text{ дБ} \quad (5.21)$$

Повысим звукоизоляцию двери на 10 дБ, сделав в стене двойную дверь. При этом разница звукоизолирующей способности стены и двери составит:

$$R_c - R_o = 40 - 35 = 5 \text{ дБ} \quad (5.22)$$

По номограмме находим:

$$R_{cp} - R_c \approx - 1 \text{ дБ} \quad (5.23)$$

Находим  $R_{cp}$ :

$$R_{cp} = R_c - 1 = 40 - 1 = 39 \text{ дБ} \quad (5.24)$$

Отсюда ясно, что для улучшения звукоизоляции стен с проёмами следует в первую очередь повышать звукоизоляцию дверей и окон.

## 6. Контрольные вопросы

1. Как шум действует на человека?
2. Что такое интенсивность шума, уровень интенсивности?
3. Что такое порог слышимости, болевой порог?
4. Какие применяются меры защиты от воздействия шума?
5. Основные источники городских шумов, шумов жилой среды?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

### Вибрация и её воздействие на организм человека

Продолжительность практического занятия – 4 часа.

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК-6; ОК-12; ПК-16; ППК-13.

**1. Цель практического занятия.** Ознакомление с вредным воздействием вибрации на организм человека, овладение навыками работы с измерительными приборами, расчётами и анализом результатов измерения вибрации.



**2. Теоретические положения.** Вредное действие вибрации на организм человека проявляется в характере воздействия: уровень, частотного состава, продолжительности воздействия шума и вибрации и его индивидуальной чувствительности [20-29].

Продолжительное влияние интенсивной вибрации может вызвать расстройства деятельности центральной нервной системы, сосудистого тонуса, функций органов желудочно-кишечного тракта, эндокринной системы. Под влиянием вибрации возникает «вибрационная болезнь» нарушается точность координации движений, снижается производительность труда.

При длительных и интенсивных вибрациях развивается *вибрационная болезнь*. Локальная вибрация поражает нервно-мышечные ткани и опорно-двигательный аппарат и приводит к спазмам периферических сосудов.

Характеристика вибрации. Вибрация характеризуется скоростью ( $V$ , м/с) и ускорением ( $W$ , м/с<sup>2</sup>) колеблющейся твердой поверхности. Обычно эти параметры называют виброскоростью и виброускорением.

$$V = (2\pi f) A, \text{ м/с,}$$
$$W = (2\pi f)^2 A, \text{ м/с}^2,$$

где  $f$  – число колебаний, 1/с;

$A$  – амплитуда колебаний, м.

$\pi = 3,14$ .

Частота вибрации ( $f$ ) - количество колебаний в единицу времени. Частота измеряется в герцах (Гц, 1/с) - количестве колебаний в секунду, а частота производственных вибраций изменяется в диапазоне от 0,5 до 8000 Гц. Период колебания  $T$  (с):  $T = 1/f$  - время, в течение которого происходит одно колебание. Амплитуда виброперемещения  $A$  (м) - максимальное расстояние, на которое перемещается любая точка вибрирующего тела. Связь между виброперемещением, виброскоростью и виброускорением выражается формулами

В соответствии с законами биомеханики, ощущение человека, возникающие при различного рода внешних воздействиях и, в частности, вибрации, пропорциональны логарифму количества энергии раздражителя (закон Вебера- Фехнера). В этой связи в практику введены логарифмические величины - уровни виброскорости ( $V$ ) и виброускорения ( $W$ )

$$L_v = 10 \lg V/V_0$$

$$L_w = 20 \lg (W/W_0).$$

Единицей измерения уровня вибрации являются децибелы (ДБ), стандартизированные в международном масштабе величины и  $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$  м/с,  $W_0 = 3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup> приняты за пороговые значения виброскорости и виброускорения.

Вибрация может характеризоваться одной или несколькими частотами (дискретный спектр) или широким набором частот (непрерывный спектр). Спектр частот разбивается на частотные полосы (октавные диапазоны). В октавном диапазоне верхняя граничная частота  $f$  вдвое больше нижней граничной частоты  $2f$ , т.е.  $f / f = 2$ . Октавная полоса характеризуется ее среднегеометрической частотой, поэтому

$$V = 2f \pi A, \quad W = (2\pi f)^2 A.$$

Среднегеометрические частоты октавных полос частот вибрации стандартизированы и составляют: 1, 2, 4, 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц. Из определения октавы по среднегеометрическому значению ее частоты можно определить нижнее и верхнее значения октавной полосы частот.

**Классификация вибрации.** Производственная вибрация, в зависимости от ее физических характеристик, распространения в окружающей среде, источника возникновения классифицируется: по способу передачи - на общую и локальную.

**Общая вибрация** (вибрация рабочих мест) передается через опорные поверхности на все тело сидящего или стоящего человека.

**Локальная вибрация** (местная) передается на руки или отдельные участки тела человека, контактирующие с вибрирующим инструментом или вибрирующими поверхностями технологического оборудования.

**По направлению действия** - на вертикальную вибрацию ( $Z$ ), действующую вдоль ортогональной оси системы координат (стопа-голова); горизонтальную вибрацию ( $X$ ) (спина-грудь) и горизонтальную вибрацию ( $Y$ ) (правое плечо - левое плечо).

**По временным характеристикам** - на постоянные вибрации (величина виброскорости изменяется не более чем на 6 дБ); непостоянные вибрации (величина виброскорости изменяется не менее чем на 6 дБ).

**По спектру** - на узкополосные (уровни виброскорости на отдельных частотах или диапазонах частот более чем на 15 дБ превышают значения в соседних диапазонах); широкополосные (отсутствуют выраженные частоты или узкие диапазоны частот, на которых уровни виброскорости превышают более чем 15 дБ уровни соседних частот).

**По частотному спектру** - на низкочастотную ( $f_{сг} = 8, 16$  Гц для локальной вибрации и  $1, 4$  Гц для общей вибрации); среднечастотную ( $f_{сг} = 31,5, 63$  Гц для локальной и  $8, 16$  Гц для общей,); высокочастотную ( $f_{сг} = 125, 250, 500, 1000$  Гц для локальной и  $31,5, 63$  Гц - для общей).

**По источнику возникновения** общая вибрация подразделяется на 3 категории:

- транспортная вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах транспортных средств при их движении по местности (категория 1);

- транспортнотехнологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах машин с ограниченной зоной перемещения при их перемещении по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок (категория 2);

- технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин и технологического оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации (категория 3).

**Действие вибрации на организм.** В связи с тем, что вибрация воспринимается несколькими анализаторами (кожный, вестибулярный и др.), обладающими различными свойствами, ощущение вибрации меняется с изменением ее интенсивности, частотной характеристики, продолжительности, места и направления передачи [21, 22] и т.д. Поскольку тело человека является сложной колебательной системой с собственным резонансом, многие биологические эффекты имеют строго частотную зависимость.

Область резонанса для головы сидящего человека находится в зоне между  $20$  и  $30$  Гц. В этом диапазоне амплитуда ускорения головы может в 3 раза превышать амплитуду плеч. Установлено, что главный резонанс тела спящего или лежащего человека для вибрации, действующей в направлении оси  $Z$ , отмечается на частотах  $4-6$  Гц. Для стоящего на виброплощадке человека различают 2 резонансных типа на частотах  $5-12$  и  $17-25$  Гц.

Колебания внутренних органов в грудной и брюшной полостях при положении стоя обнаруживают резонанс под влиянием вибрации при частоте  $3,0-3,5$  Гц, но максимальная амплитуда колебаний брюшной стенки отмечается на частотах от  $7-8$  Гц, передней грудной стенки - от  $7$  до  $11$  Гц. Частотный диапазон от  $4$  до  $8$  Гц может оказаться лимитирующим для устойчивости человека и вибрации из-за смещения внутренних органов, особенно брюшной полости.

На рукоятке ручной машины при работе с ней имеются один максимум вибрации в области ниже  $5$  Гц и второй - в области  $30-40$  Гц.

Механическая система прямой руки человека имеет резонанс в области частот 30-60 Гц. При передаче вибрации от ладони к тыльной стороне кисти амплитуда колебаний при неизменной частоте 40-50 Гц уменьшается на 35-65%. Затухание колебаний увеличивается от кисти к локтю с максимальным эффектом в плечевом суставе и голове.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибрации на организм человека, относятся повышенные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия (прежде всего пониженная температура и повышенная влажность), шум высокой интенсивности, который, как правило, сопровождает вибрацию, психоэмоциональная напряженность. Охлаждение и смачивание рук значительно повышает риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций.

**Гигиеническое нормирование вибрации** [26-29]. Основными нормативными документами, регламентирующими предельно допустимые величины вибрации являются следующие санитарные нормы, правила и стандарты: «Санитарноэпидемиологические требования к условиям работы с источниками вибрации» ; «Санитарные нормы и правила при работе с машинами и оборудованием, создающими локальную вибрацию, передающуюся на руки работающих» № 3041-84; ГОСТ 12.1.012-7 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности».

Гигиеническое нормирование устанавливается отдельно для общей и локальной вибрации. Общая вибрация нормируется в диапазонах октавных полос со среднегеометрическими значениями частот 2, 4, 8, 16, 31,5, 63 Гц (для транспортной вибрации дополнительно нормируется вибрация в октавной полосе с  $f^{\wedge} = 1$  Гц). Локальная вибрация нормируется в диапазонах частот с  $f^{\wedge} = 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000$  Гц. Нормы установлены для продолжительности рабочей смены в 8 часов.

Допустимые значения уровня виброскорости для общей транспортной, транспортно-технологической и технологической вибрации, а также допустимые значения транспортной вибрации и локальной вибрации в октавных полосах частот представлены в таблицах 6.1 - 6.2.

Таблица 6.1 - Допустимые значения виброускорения и виброскорости

| Показатели   | Виброускорение   |      |     |             | Виброскорость       |     |     |     |
|--|------------------|------|-----|-------------|---------------------|-----|-----|-----|
|  | м/с <sup>2</sup> |      | дБ  |             | м/с*10 <sup>2</sup> |     | дБ  |     |
|  | Z                | XУ   | Z   | XУ          | Z                   | XУ  | Z   | XУ  |
| 1,0  | 1,10             | 0,40 | 121 | 1<br>1<br>2 | 20                  | 6,3 | 132 | 132 |
| 2,0  | 0,8              | 0,45 | 118 | 1<br>1<br>3 | 7,1                 | 3,5 | 123 | 117 |
| 4,0  | 0,56             | 0,79 | 115 | 1<br>1<br>8 | 2,5                 | 3,2 | 114 | 116 |
| 8,0  | 0,63             | 1,60 | 116 | 1<br>2<br>4 | 1,3                 | 3,2 | 108 | 116 |
| 16,0   | 1,10             | 3,20 | 121 | 1<br>3<br>0 | 1,1                 | 3,2 | 107 | 116 |
| 31,5   | 2,20             | 6,30 | 127 | 1<br>3<br>6 | 1,1                 | 3,2 | 107 | 116 |
| 63,0   | 4,50             | 13,0 | 133 | 1<br>4<br>2 | 1,1                 | 3,2 | 107 | 116 |
| Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни | 0,56             | 0,40 | 115 | 1<br>1<br>2 | 1,1                 | 3,2 | 107 | 116 |

Таблица 6.2 – Гигиенические нормы вибрации

| Вид вибрации  | Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах |    |    |    |    |      |     |     |     |     |      |
|---|--|----|----|----|----|------|-----|-----|-----|-----|------|
|   | 1  | 2  | 4  | 8  | 16 | 31,5 | 63  | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   |
| Общая транспортная:<br>вертикальная<br>горизонтальная | 13   | 12 | 11 | 10 | 10 | 107  | 107 |     |     |     |      |
|   | 2  | 3  | 4  | 8  | 7  | 116  | 116 |     |     |     |      |
|   | 13   | 11 | 11 | 11 | 11 |      |     |     |     |     |      |
|   | 2  | 7  | 6  | 6  | 6  |      |     |     |     |     |      |

Продолжение таблицы 6.2

| 1  | 2 | 3       | 4       | 5       | 6       | 7   | 8   | 9       | 10  | 11      | 12  |
|--|---|---------|---------|---------|---------|-----|-----|---------|-----|---------|-----|
| Транспортно-технологическ.   | - | 11<br>7 | 10<br>8 | 10<br>2 | 10<br>1 | 101 | 101 |         |     |         |     |
| Технологическая  | - | 10<br>8 | 99      | 93      | 92      | 92  | 92  |         |     |         |     |
| В производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию      | - | 10<br>0 | 91      | 85      | 84      | 84  | 84  |         |     |         |     |
| В служебных помещениях, здравпунктах, конструкторских бюро, лабораториях | - | 91      | 82      | 76      | 75      | 75  | 75  |         |     |         |     |
| Локальная вибрация   | - | -       | -       | 11<br>5 | 10<br>9 | 109 | 109 | 10<br>9 | 109 | 10<br>9 | 109 |

Таблица 6.3 - Предельно допустимые значения параметров локальной вибрации по осям Z, X, Y

| Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | Виброускорение   |     | Виброскорость         |     |
|---|------------------|-----|-----------------------|-----|
|   | м/с <sup>2</sup> | дБ  | м/с *10 <sup>-2</sup> | дБ  |
| 1   | 2                | 3   | 4                     | 5   |
| 1   | 2                | 3   | 4                     | 5   |
| 8   | 1,4              | 123 | 2,8                   | 115 |
| 16  | 1,4              | 123 | 2,8                   | 115 |
| 31,5  | 2,8              | 129 | 1,4                   | 109 |
| 63  | 5,6              | 135 | 1,4                   | 109 |
| 125   | 11,0             | 141 | 1,4                   | 109 |
| 250   | 22,0             | 147 | 1,4                   | 109 |
| 500   | 45,0             | 153 | 1,4                   | 109 |

Продолжение таблицы 6.3

|  |      |     |      |     |
|--|------|-----|------|-----|
| 1  | 2    | 3   | 4    | 5   |
| 1000   | 89   | 159 | 1,4  | -   |
| Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни | 20,0 | 129 | 20,0 | 112 |

Для предотвращения вредного действия вибрации на организм человека принимают следующие меры:

- устраняют или ослабляют причины, порождающие вибрации на месте его образования;
- используют местную виброизоляцию и амортизацию машин.

Параметры вибрации замеряют обычно теми же приборами, которыми замеряют параметры шума.

Измеритель вибрации ВШВ-003 предназначен для измерения общего уровня вибрации), а также спектрального состава их в пределах октавных полос и уровня звукового давления в дБ(А). Измеритель широко используется санэпидстанциями для измерения уровня вибрации в производственных цехах или на улицах (обычно, вблизи автомагистралей).

Таблица 6.4.. Предельно допустимые уровни вибрации на рабочих местах (извлечение из ГОСТ 12.1.003).

| Рабочие места | Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц |     |     |     |      |      |      |      | Уровни вибрации эквивалентные дБ(А) |
|---------------|--|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------------------------------------|
|               | 63   | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                                     |
| А             | 71   | 61  | 54  | 49  | 45   | 42   | 40   | 38   | 50                                  |
| Б             | 79   | 70  | 68  | 58  | 55   | 52   | 50   | 49   | 60                                  |
| В             | 83   | 74  | 68  | 63  | 60   | 57   | 55   | 54   | 65                                  |
| Г             | 94   | 87  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 70   | 80                                  |
| Д             | 99   | 92  | 86  | 83  | 80   | 78   | 76   | 74   | 85                                  |

А. Конструкторские бюро, комнаты расчетчиков-программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, для приема больных в здравпунктах.

Б. Помещения управления, рабочие комнаты.

В. Кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону. Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро.

Г. Кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, для размещения «шумных» агрегатов вычислительных машин.

Д. Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий.

Начало формы

### 3. Порядок проведения работы и расчётов.

1. Определить категорию общей вибрации (прил. Ж). Определить предельно допустимые значения вибрации в октавных полосах и скорректированное по частоте значение (табл. 3.1-3.6, прил. 3).

2. Ответ оформить в виде табл. 12 с пояснениями.

3. Определить скорректированное по частоте значение виброскорости.

4. Рекомендовать мероприятия по защите рабочих мест от вибрации.

### 4. Варианты заданий

Таблица 6.5. Входные данные

| № Варианта | Источник вибрации (рабочее место)  | Параметр по оси                               | Значение параметра в нормируемой зоне октавных полос | Скорректированное по частоте значение |
|------------|------------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 1          | 2                                  | 3   | 4  | 5                                     |
| 1          | Диспетчерская                      | Уровень виброскорости $Y_v(L)$ , дБ по оси    | 92; 90; 86; 84; 80; 77                               | 80                                    |
| 2          | Кран строительный                  | Виброускорение (a), $m/c^2$ по оси X          | 0,5; 0,45; 0,35; 0,39; 2,0; 2,3                      | 0,30                                  |
| 3          | Водитель КамАЗа                    | Уровень виброскорости ), дБ по оси $Y_v(L)$   | 126; 120; 119; 120; 118; 117; 116                    | 118                                   |
| 4          | Трактор                            | Уровень виброускорения ( $L_a$ ), дБ по оси Y | 109; 110; 120; 129; 135; 139; 145                    | 113                                   |
| 5          | Оператор одноковшового экскаватора | Уровень виброускорения ( $L_a$ ), дБ по оси X | 115; 113; 116; 118; 125; 130                         | 110                                   |



Продолжение таблицы 6.5.

| 1  | 2   | 3   | 4                                      | 5     |
|----|---|---|--|-------|
| 6  | Вентилятор в хлораторной воды                       | Виброскорость( $v$ ), м/с по оси Y 1              | 1,5; 0,5; 0,30; 0,25; 0,22; 0,21       | 0,23  |
| 7  | Системный блок ЭВМ при выполнении камеральных работ | Уровень виброускорения ( $L_a$ ), дБ по оси Y 8   | 88; 89; 90; 92; 96; 99                 | 90    |
| 8  | Крановщик   | Виброускорение ( $a$ ), м/с <sup>2</sup> по оси X | 0,45; 0,30; 0,32; 0,54; 0,68; 1,69     | 0,30  |
| 9  | Внутренние электросварочные работы                  | Уровень виброскорости ( $L_v$ ), дБ по оси Y      | 105; 102; 101; 108; 116; 120           | 105   |
| 10 | Шофер ремонтно-строительной машины                  | Виброскорость ( $v$ ), м/с по оси X               | 7,0; 4,2; 4,0; 3,8; 3,7; 3,6; 3,2      | 3,4   |
| 11 | Водитель автобуса                                   | Уровень виброскорости ), дБ по оси X( $L$         | 124; 120; 119; 117; 118; 116; 115      | 100   |
| 12 | Ручной пневмоинструмент                             | Уровень виброускорения ( $L_a$ ), дБ по оси Y     | 124; 125; 129; 136; 139; 149; 154; 160 | 130   |
| 13 | Ручная шлифмашина                                   | Уровень виброскорости ( $L_v$ ), дБ по оси X      | 117; 115; 113; 111; 110; 109; 109; 108 | 114   |
| 14 | Насосы в насосная станция 2-го подъема              | Виброускорение ( $a$ ), м/с <sup>2</sup> по оси X | 0,16; 0,11; 0,12; 0,18; 0,25; 0,45     | 0,017 |
| 15 | Насосы в насосная станция 1-го подъема              | Уровень виброускорения ( $L_a$ ), дБ по оси X     | 105; 102; 102; 108; 110; 117           | 105   |

### 5. Пример расчёта

**Задача.** Фактические параметры виброскорости действующей по оси X от грузового транспортного средства, составляют 7,5; 4,5; 4,2; 4,0; 3,9; 3,5; 3,3 м/с. Корректированное по частоте значение виброскорости составляет 4,2 м/с. Определить требуемое снижение вибрации, в течение которого вибрация не будет оказывать вредного воздействия на водителя грузового транспортного средства .

При решении этой задачи используются данные табл. 6.1 ... 6.4.

Таблица 6.5. Санитарно-гигиеническая оценка вибрации

| Вид и категория вибрации транспортная, первая категория |  |     |     |     |     |      |     |   |                                      |
|---|--|-----|-----|-----|-----|------|-----|---|--------------------------------------|
| Направление действия по оси X                           |  |     |     |     |     |      |     |   |                                      |
| Параметр  | Значение параметра в нормируемом диапазоне октавных полос со среднегеометрическими частотами, Гц |     |     |     |     |      |     |   | Корректированное по частоте значение |
|   | 1  | 2   | 4   | 8   | 16  | 31,5 | 63  | - |                                      |
| Фактическое значение, м/с                               | 7,5  | 4,5 | 4,2 | 4,0 | 3,9 | 3,5  | 3,3 | - | 4,2                                  |
| ПДЗ, м/с при = 480 минт                                 | 6,3  | 3,5 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2  | 3,2 | - | 3,2                                  |
| Превышение  | 1,2  | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 0,3  | 0,1 | - | 1,0                                  |

Предельно допустимое значение виброскорости определялось в одно октавных (1/1) полосах частот, так как оборудование уже имеется. Если же его еще нет и планируется возвести какой-то объект, и требуется дать оценку возможного уровня вибрации, то расчет выполняется укрупненный, с использованием значений в одна треть октавных (1/3) полосах.

**Вывод.** Параметры вибрации во всем частотном диапазоне (1,0 ... 63,0 Гц) превышают нормативные параметры, превышение выявлено и для скорректированного по частоте значения на 1 м/с. Для снижения влияния вибрации на водителя грузового транспортного средства предлагается использовать виброизоляторы для кресла водителя, повысить амортизирующую способность опорных элементов, своевременно проводить технический ремонт и сезонное обслуживание.

### Контрольные вопросы

1. Какими основными параметрами характеризуется вибрация?
2. Перечислите отрицательные стороны воздействия вибрации.
3. Перечислите меры устранения отрицательных воздействий вибрации.
4. Как проводятся измерения вибрации?
5. Какие способы оценки уровня вибрации известны?
6. Из каких элементов состоит виброизмерительный прибор?
7. Для чего служит прибор ВШВ-003?
8. Опишите процедуру измерения уровня вибрации.
9. На какие виды подразделяется вибрация?
10. Почему в таблице предельно допустимых уровней вибрации нормы даются двумя числами?

## Анализа производственного травматизма на предприятии

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК-9; ОК-12; ПК-16; ППК-13.

**1. Цель практического занятия.** Овладение методами количественной оценки производственного травматизма на промышленном предприятии. Сравнить, полученные результаты с данными предыдущего периода. Сделать выводы.

**2. Теоретические положения.** Анализ производственного травматизма является одним из инструментов управления охраной труда на предприятии. Критериями состояния охраны труда являются [16, 18, 21, 23, 25, 30, 71-73].

**Показатель частоты травматизма  $Kч$ .** Характеризует число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период времени (обычно за год)

$$Kч = 10^3 n / N . \quad (7.1)$$

**Показатель тяжести травматизма  $Kт$ .** Характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай

$$Kт = Д/n. \quad (7.2)$$

**Показатель нетрудоспособности  $Kн$**  (коэффициент производственных потерь). Комплексно учитывает частоту и тяжесть травм

$$Kн = Kч Kт = 10^3 Д/N . \quad (7.3)$$

**Показатель частоты несчастных случаев с летальным исходом  $Kл$ .** Характеризует уровень принудительной смертности на производстве, приходящийся на 1000 работающих

$$Kл = 10^3 n_л / N , \quad (7.4)$$

где  $n_л$  - численность травмированных людей за период времени;

$N$  - среднесписочное число работающих;

$Д$  - суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям;

$n_л$  - число летальных исходов в результате несчастных случаев на производстве.

Эти показатели ежемесячно сравниваются с показателями предыдущего года, проводится анализ динамики их изменения и на его основании делаются выводы об улучшении или ухудшении состояния охраны труда на

предприятию. Полученные данные используются для разработки более эффективных методов работы и технических мероприятий обеспечивающих повышение уровня охраны труда и безопасного ведения работ.

### 3. Порядок расчёта

#### Вариант 1

1. Рассчитать показатель (коэффициент) частоты травматизма.
2. Рассчитать показатель (коэффициент) тяжести травматизма.
3. Рассчитать показатель (коэффициент) производственных потерь.

#### Вариант 2

1 Определить несчастные случаи, подлежащие учету в отчетные периоды. За отчетный период принять календарный год.

2. Несчастные случаи, в которых потеря трудоспособности имеет переходящий характер (из одного года в другой), учитываются в последующем году.

3 Рассчитать общее количество дней нетрудоспособности  $D$  по несчастным случаям за отчетные периоды.

#### 4. Варианты заданий

##### К 1-му варианту расчёта

**Задача №1.** Оценить количественно уровень травматизма за год на предприятии со среднесписочным количеством человек  $N = 1200$ . Число несчастных случаев за год составляет  $n = 15$ . Число дней нетрудоспособности по закрытым больничным листам учтённых несчастных случаев составляет  $D = 120$  дней.

Таблица 7.1 – Входные данные

| Варианты | Показатели |    |     |
|----------|------------|----|-----|
|          | N          | n  | D   |
| 1        | 2          | 3  | 4   |
| 1        | 1000       | 18 | 110 |
| 2        | 950        | 11 | 95  |
| 3        | 1500       | 21 | 135 |
| 4        | 1350       | 20 | 125 |
| 5        | 1270       | 23 | 100 |
| 6        | 1300       | 19 | 140 |
| 7        | 1100       | 15 | 155 |
| 8        | 1700       | 28 | 215 |
| 9        | 1650       | 25 | 195 |
| 10       | 1320       | 22 | 205 |
| 11       | 1150       | 17 | 185 |
| 12       | 1200       | 16 | 170 |
| 14       | 1320       | 12 | 124 |
| 15       | 1150       | 10 | 98  |

## Ко 2-му варианту расчёта

**Задача № 2.** Определить коэффициенты производственного травматизма (частоты, тяжести, нетрудоспособности и производственных потерь) для производственного предприятия за предыдущий год и следующий год по общему и смертельному травматизму.

Таблица 7.2 – Входные данные

| Варианты   | Число дней нетрудоспособности по несчастным случаям за 7 месяцев года: |     |     |      |      |      |      |
|--|--|-----|-----|------|------|------|------|
|  | препредыдущем  |     |     |      |      |      |      |
| 1  | 5  | 2   | 3   | 4    | 10   | 10   | 5    |
| 2  | 4  | 3   | 3   | 12   | 6    | 12   | 6    |
| 3  | 6  | 4   | 8   | 5    | -    | 2    | 3    |
| 4  | 2  | 2   | 5   | 9    | 7    | 3    | 4    |
| 5  | -  | -   | 3   | 5    | 6    | 8    | 2    |
| 6  | 5  | 9   | 2   | 7    | 3    | 0,5  | 12   |
| 7  | 2  | 5   | 9   | 4    | 2    | -    | 5    |
| 8  | -  | 2   | -   | 3    | 2    | 6    | 9    |
| 9  | 2  | 4   | 6   | -    | 3    | 2    | 1    |
| 10   | 4  | 2   | 3   | 0,5  | 5    | 8    | 23   |
|  | следующем  |     |     |      |      |      |      |
| 1  | 4  | 2   | 4   | 2    | 7    | 25   | 10   |
| 2  | 15   | 9   | 7   | 9    | 2    | 3    | 2    |
| 3  | -  | 8   | 5   | 5    | -    | 0,5  | -    |
| Количество случаев со смертельным исходом в предыдущем году: |  |     |     |      |      |      |      |
| 1  | -  | -   | 1   | 1    | 1    | -    | 1    |
| Количество случаев со смертельным исходом в следующем году:  |  |     |     |      |      |      |      |
|  |  |     |     | 1    | 1    |      |      |
| Среднесписочное число работающих, чел.                       |  |     |     |      |      |      |      |
| 255  | 180  | 282 | 456 | 1260 | 1135 | 2155 | 1325 |

## 5. Примеры расчёта

**Задача №1.** Оценить количественно уровень травматизма за год на предприятии со среднесписочным количеством человек  $N = 1200$ . Число несчастных случаев за год составляет  $n = 15$ . Число дней нетрудоспособности по закрытым больничным листам, учтённых несчастных случаев составляет  $D = 120$  дней.

**Решение.** Количественный уровень используется при статистическом методе исследования производственного травматизма. Обычно рассчиты-

ваются коэффициенты частоты травматизма, тяжести травматизма, производственных потерь, которые сравниваются за некоторые периоды времени.

1. Рассчитаем показатель (коэффициент) частоты травматизма, который показывает число несчастных случаев, приходящиеся на 1000 человек работающих по формуле:

$$K_{\text{ч}} = n \cdot 10^3 / N,$$

где  $n$  – число несчастных случаев за период времени;

$N$  – среднесписочное число работающих на предприятии за тот же период;

Подставляем численные значения в формулу:

$$K_{\text{ч}} = \frac{15 \cdot 10^3}{1200} = 12,5$$

2. Рассчитаем показатель (коэффициент) тяжести травматизма, который показывает число дней нетрудоспособности на один несчастный случай по формуле:

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{n},$$

где  $D$  – число дней нетрудоспособности по закрытым больничным листам учтённых несчастных случаев за период времени;

Подставляем численные значения в формулу:

$$K_{\text{т}} = \frac{120}{15} = 8,$$

3. Рассчитаем показатель (коэффициент) производственных потерь, который представляет собой произведение коэффициента частоты и тяжести травматизма:

$$K_{\text{п.п.}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} = 12,5 \cdot 8 = 100 .$$

**Задача № 2.** Определить коэффициенты частоты, тяжести, нетрудоспособности и производственных потерь на предприятии за текущий год и следующий при списочном количестве работающих  $N = 1295$  чел., количество пострадавших  $n = 27$  чел. из них смертельно 3 чел. за прошедший год, и за 3 мес, следующего  $n = 9$  и 1 смертельный для производственного предприятия. Число дней нетрудоспособности по закрытым больничным листам учтённых несчастных случаев за прошедший год составило  $D = 129$  дней, за 3мес. текущего года 12 дней. Сравнить полученные результаты и сделать выводы.

1. Определить коэффициент частоты общего травматизма за прошедший год

$$K_{\text{ч}} = n \cdot 10^3 / N = 27 \cdot 1000 / 1295 = 20,85.$$

2. Определить коэффициент частоты смертельного травматизма за прошедший год

$$K_{\text{ч}} = n \cdot 10^3 / N = 3 \cdot 1000 / 1295 = 2,32.$$

3. Определить прогнозный коэффициент частоты общего травматизма за 3 мес. текущий год по данным за 3 мес. текущего года

$$K_{\text{ч}} = 4 \cdot (n \cdot 10^3 / N) = 4(9 \cdot 1000 / 1295) = 27,8.$$

4. Определить прогнозный коэффициент частоты смертельного травматизма за 3 мес. текущего года

$$K_{\text{ч}} = n \cdot 10^3 / N = 4(1 \cdot 1000 / 1295) = 3,09.$$

5. Определить коэффициент тяжести общего травматизма за прошедший год

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{n} = \frac{129}{27} = 4,78.$$

6.. Определить прогнозный коэффициент тяжести общего травматизма за текущий год

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{n} \cdot 4 = 4 \cdot \frac{12}{9} = 5,33.$$

7. Показатель нетрудоспособности  $K_{\text{н}}$  комплексно учитывает частоту и тяжесть травм за прошедший год

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} K_{\text{т}} = 10^3 D / N = 20,85 \cdot 4,78 = 99,7.$$

8. Прогнозный показатель нетрудоспособности  $K_{\text{н}}$  за текущий год

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} K_{\text{т}} = 10^3 D / N = 27,8 \cdot 5,33 = 143,9.$$

## **Выводы**

1. Сравнение всех расчетных показателей за прошедший год с прогнозными показателями текущего года показывает, что состояние охраны труда на предприятии имеет тенденцию к ухудшению.

2. В текущем году необходимо выполнить анализ причин повышения уровня травматизма, конкретно определить упущения в работе и устранить их.

## 6. Контрольные вопросы

1. Что относится к техническим причинам возникновения несчастных случаев?
2. Что такое производственный травматизм?
3. Перечислите критерии состояния охраны труда на предприятии?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

### Общеобменная вентиляция производственных помещений

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК- 8; ОК-12; ППК-13.

**1. Цель занятия.** Изучить методы расчёта воздухообмена в помещении с выделением вредных веществ при общеобменной вентиляции

**2. Теоретические положения. Основные принципы, положенные в основу расчёта воздухообмена.**

В соответствии с санитарным законодательством все производственные и вспомогательные помещения должны проветриваться. Необходимый воздухообмен при этом может быть определен различными методами в соответствии с санитарными нормами, в зависимости от конкретных условий каждого помещения [31-39].

1. При нормальном микроклимате и отсутствии вредных веществ или содержании их в пределах норм воздухообмен ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) можно определить по формуле

$$L = NL', \quad (8.1)$$

где  $N$  — число работающих;

$L'$  — расход воздуха на одного работающего, принимаемый в зависимости от объема помещения, приходящегося на каждого работающего.

Искомый расход воздуха может быть определен из условия баланса поступающих в помещение и удаляемых из него вредных веществ:

$$G + L * q_{\text{пр}} = L * q_{\text{выт}}, \quad (8.2)$$

где  $q_{\text{пр}}$  и  $q_{\text{выт}}$  — концентрации вредных веществ в приточном и в удаляемом воздухе;



$L$  — объем приточного или удаляемого воздуха, равный  $L = G / (q_{\text{выг}} - q_{\text{пр}})$ , м<sup>3</sup>/ч.

Если наружный воздух не содержит вредных веществ, то

$$L = G / q_{\text{выг}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (8.3)$$

Концентрация  $q_{\text{выг}}$  не должна превышать предельно допустимую концентрацию, т. е.  $q_{\text{выг}} \leq q_{\text{пдк}}$  (иначе будет нарушение санитарных норм), а концентрация  $q_{\text{пр}}$  должна быть по возможности минимальной (тогда необходимый воздухообмен будет относительно небольшим); по санитарным нормам  $q_{\text{пр}} \leq 0,3 q_{\text{пдк}}$ .

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны помещения нескольких вредных веществ, не обладающих характером однонаправленного действия, количество воздуха допускается принимать по тому вредному веществу, для которого требуется подача чистого воздуха наибольшего объема.

В производственных помещениях с объемом воздуха на каждого работающего менее 20 м<sup>3</sup> расход воздуха на одного работающего должен быть не менее 30 м<sup>3</sup>/ч, т. е.  $L' \geq 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а в помещениях с объемом от 20 до 40 м<sup>3</sup> —  $L' \geq 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В помещениях с объемом воздуха на каждого работающего более 40 м<sup>3</sup> и при наличии естественной вентиляции (открывание створок переплета окон и дверей) воздухообмен не рассчитывается. В тех же случаях, когда **естественная вентиляция отсутствует**, расход воздуха на одного работающего должен составлять не менее 60 м<sup>3</sup>/ч, т. е.  $L' \geq 60 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

При расчётах допуская, что вредные вещества выделяются равномерно по помещению и при длительной работе вентиляции изменения их содержания не происходит,

При выделении паров или газов в помещении необходимый воздухообмен определяется исходя из их разбавления до допустимых концентраций.

Количество выделяющихся вредных веществ принимается по данным технологической части проекта или берется из справочной литературы.

Для обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда в помещении должно поступать и одновременно удаляться  $L \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха.

**Расчёт требуемого воздухообмена в помещении по удалению вредных веществ**

Расчёт прогнозируемого воздухообмена и его кратность для вентиляционной системы для производственного помещения при наличии или отсутствии местных отсосов производится на основании данных проектно-конструкторской документации объекта, прогнозных показателей концентрации пыли в воздушной среде ( $W$ , мг/мин), нормативного показателя ПДК для данного вида пыли. В расчётах, как правило, принимаются следующие показатели: концентрация пыли в рабочей зоне  $C_{p.z.}$  принимается равной ПДК; концентрация пыли в удаляемом из помещения воздухе равна 30% концентрации её в рабочей зоне ( $C_{ух.} = 0,3 \cdot C_{p.z.}$ ); концентрация пыли в приточном воздухе  $C_{п} = 0,2$  мг/м<sup>3</sup>; количество воздуха, забираемого из рабочей зоны местными отсосами  $G_M = (0,10 - 0,15) \cdot G$ , где  $G$ , требуемый воздухообмен при отсутствии местных отсосов, в среднем  $G_M = 0,125 \cdot G$ , м<sup>3</sup>/час.

Прежде всего, определяем объём помещения ( $V$ ):

$$V = A \cdot B \cdot H, \text{ м}^3 \quad (8.4)$$

Определяем количество пыли (в миллиграммах), выделяемое за 1 час ( $q$ , мг/ч):

$$W = \frac{q \cdot 1000}{1/60}, \quad (8.6)$$

1) Наличие местных отсосов.

Определяем требуемый воздухообмен при наличии местных отсосов ( $G_{MO}$ ):

$$G_{MO} = G_M + \frac{W - G_M (C_{p.z.} - C_{п})}{C_{ух.} - C_{п}}. \quad (8.7)$$

2) Отсутствие местных отсосов

Определяем кратность воздухообмена в помещении при отсутствии местных отсосов:

$$K_{oo} = \frac{G_{oo}}{V}, \text{ обм./ч}, \quad (8.8)$$

то есть за 1 час воздух в цехе должен обмениваться  $K_{MO}$  ( $K_{oo}$ ) раз. В этом случае концентрация пыли в рабочей зоне не превысит ПДК.

Определяем кратность воздухообмена при наличии местных отсосов:

$$K_{MO} = \frac{G_{MO}}{V}, \text{ обм./ч}. \quad (8.9)$$

Определяем воздухообмен при отсутствии местных отсосов:

$$G_{oo} = \frac{W}{C_{ух.} - C_{п}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (8.10)$$

Таблица 8.1. – Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

| Нумерация по ГОСТ 12.1.005-88 | Наименование вещества                          | Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup> | Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства | Класс опасности | Особенности действия на организм |
|-------------------------------|--|---------------------------------|---|-----------------|----------------------------------|
| 1                             | 2  | 3                               | 4   | 5               | 6                                |
| 1                             | Азота диоксид                                  | 2                               | п   | III             | О                                |
| 2                             | Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> ) | 5                               | п   | III             | О                                |
| 23                            | Алюминий и его сплавы                          | 2                               | а   | III             | Ф                                |
| 58                            | Аммиак   | 20                              | п   | IV              |                                  |
| 59                            | Аммиачно-карбамидное удобрение                 | 25                              | п+а   | IV              |                                  |
| 66                            | Аммония хлорид                                 | 10                              | а   | III             |                                  |
| 75                            | Ангидрид серный+                               | 1                               | а   | II              |                                  |
| 76                            | Ангидрид сернистый+                            | 10                              | п   | III             |                                  |
| 86                            | Анилин+  | 0,1                             | п   | II              |                                  |
| 96                            | Ацетон   | 200                             | п   | IV              |                                  |
| 127                           | Бензин (растворитель, топливный)               | 100                             | п   | IV              |                                  |
| 131                           | Бензол+  | 15/5                            | п   | II              | К                                |
| 136                           | Бенз(а)пирен                                   | 0,00015                         | а   | I               | К                                |
| 160                           | Бром+  | 0,5                             | п   | II              | О                                |
| 168                           | Бутан  | 300                             | п   | IV              |                                  |
| 174                           | Бутилацетат                                    | 200                             | п   | IV              |                                  |
| 203                           | Водорода хлорид                                | 5                               | п   | II              | О                                |
| 433                           | Дихлорэтан+                                    | 10                              | п   | II              |                                  |
| 473                           | Зола горючих сланцев                           | 4                               | а   | III             | Ф                                |
| 474                           | Известняк                                      | 6                               | а   | IV              | Ф                                |
| 518                           | Капролактам                                    | 10                              | а   | III             |                                  |
| 519                           | Капрон   | 5                               | а   | III             | Ф                                |

Продолжение таблицы 8.1

| 1   | 2  | 3            | 4   | 5   | 6    |
|-----|--|--------------|-----|-----|------|
| 527 | Керамика   | 2            | а   | III | Ф    |
| 528 | Керосин (в пересчете на С)                         | 300          | п   | IV  |      |
| 529 | Кислота акриловая                                  | 5            | п   | III |      |
| 531 | Кислота азотная+                                   | 2            | а   | III |      |
| 537 | Кислота борная                                     | 10           | п+а | III |      |
| 566 | Кислота серная+                                    | 1            | а   | II  |      |
| 587 | Корунд белый                                       | 6            | а   | IV  | Ф    |
| 605 | Кремния карбид (карборунд)                         | 6            | а   | IV  | Ф    |
| 611 | Ксилол   | 50           | п   | III |      |
| 613 | Лавсан   | 5            | а   | III | Ф    |
| 631 | Марганец в сварочных аэрозолях:                    |              |     |     |      |
|     | при его содержании до 20%                          | 0,2          | а   | II  |      |
|     | при его содержании от 20 до 30%                    | 0,1          | а   | II  |      |
| 633 | Масла минеральные нефтяные+                        | 5            | а   | III |      |
| 748 | Натрия гидрокарбонат                               | 5            | а   | III |      |
| 755 | Натрия хлорид                                      | 5            | а   | III |      |
| 765 | Нефть+   | 10           | а   | III |      |
| 774 | Нитроаммофоска                                     | 4            | а   | III | Ф    |
| 800 | Озон   | 0,1          | п   | I   | О    |
| 859 | Поливинилхлорид                                    | 6            | а   | III |      |
| 874 | Полиэтилен   | 10           | а   | IV  |      |
| 892 | Пыль органическая:                                 |              |     |     |      |
|     | а) зерновая  | 4            | а   | III | А, Ф |
|     | б) мучная, древесная                               | 6            | а   | IV  | А, Ф |
|     | в) хлопчатобумажная, льняная, шерстяная            | 2            | а   | IV  | А, Ф |
| 900 | Ртуть металлическая                                | 0,01 / 0,005 | п   | I   |      |
| 901 | Ртуты неорганические соединения+ (по ртути)        | 0,2 / 0,05   | а   | I   |      |
| 905 | Свинец и его неорганические соединения (по свинцу) | 0,01 / 0,005 | а   | I   |      |
| 915 | Сероводород+                                       | 10           | п   | II  | О    |
| 917 | Сероуглерод  | 1            | п   | III |      |

Продолжение таблицы 8.1

| 1    | 2  | 3     | 4 | 5   | 6    |
|------|--|-------|---|-----|------|
| 918  | Силикатсодержащие пыли, силикаты:  |       |   |     |      |
|      | а) асбест, смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 10% | 2     | а | III | Ф, К |
|      | б) асбестопородные пыли при содержании в них асбеста до 10%                      | 4     | а | III | Ф, К |
|      | в) асбестоцемент   | 6     | а | IV  | Ф    |
|      | г) асбестобакелит, асбесторезина   | 8     | а | IV  | Ф    |
|      | д) слюды (флагопит, мусковит), тальк   | 4     | а | III | Ф    |
|      | е) искусственные минеральные волокна силикатные (стекловолокно, стекловата)      | 2     | а | III | Ф    |
|      | ж) цемент, апатит, глина, шамот каолиновый                                       | 6     | а | IV  | Ф    |
| 920  | Синтетические моющие средства  | 5     | а | III | Ф    |
| 923  | Скипидар (в пересчете на С)  | 300   | п | IV  |      |
| 927  | Сода кальцинированная+   | 2     | а | III |      |
| 947  | Спирт метиловый+   | 5     | п | III |      |
| 957  | Спирт этиловый   | 1000  | п | IV  |      |
| 960  | Стеклопластик на основе полиэфирной смолы  | 5     | а | III |      |
| 962  | Стирол   | 30/10 | п | III |      |
| 976  | Табак  | 3     | а | III | А    |
| 1018 | Тетраэтилсвинец+   | 0,005 | п | I   | О    |
| 1032 | Толуол   | 50    | п | III |      |
| 1103 | Углерода оксид   | 20    | п | IV  | О    |
| 1104 | Углерода пыли:   |       |   | V   |      |
|      | а) коксы каменноугольный, пековый, нефтяной                                      | 6     | а | IV  | Ф    |
|      | б) антрацит с содержанием свободного диоксида кремния до 5%                      | 6     | а | IV  | Ф    |

Продолжение таблицы 8.1

| 1    | 2                                      | 3   | 4   | 5   | 6    |
|------|--|-----|-----|-----|------|
| 1132 | Фенол+                                 | 0,3 | п   | II  |      |
| 1144 | Формальдегид+                          | 0,5 | п   | II  | О, А |
| 1161 | Хлор+                                  | 1   | п   | II  | О    |
| 1245 | Цинка оксид                            | 0,5 | а   | II  |      |
| 1251 | Чай                                    | 3   | а   | III |      |
| 1252 | Чугун в смеси с электрокорундом до 20% | 6   | а   | IV  | Ф    |
| 1253 | Шамотнографитовые огнеупоры            | 2   | а   | III | Ф    |
| 1278 | Этиленгликоль                          | 5   | п+а | III |      |

**Примечания:** 1. Если в графе "Величина ПДК" приведены две величины, то это означает, что в числителе максимальная, а в знаменателе - среднесменная ПДК.

2. Условные обозначения:

п - пары и/или газы; а - аэрозоль; п+а - смесь паров и аэрозоля;

О - вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;

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

К - канцерогены;

Ф - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

### 3. Порядок расчёта:

- определяем объём помещения;
- определяем количество вредного или опасного вещества (в миллиграммах), выделяемое за 1 час (q, мг/ч);
- определяем требуемый воздухообмен при наличии местных отсосов;
- определяем кратность воздухообмена при наличии местных отсосов;
- определяем воздухообмен при отсутствии местных отсосов;
- определяем кратность воздухообмена в помещении при отсутствии местных отсосов.

Сделать вывод об оптимальном варианте вентиляции помещения.

#### 4. Варианты заданий

Таблица 8.2. – Входные данные для вариантов задачи № 1

| Показатели          | Варианты заданий |     |      |     |     |     |     |      |     |
|---------------------|------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|
|                     | 1                | 2   | 3    | 4   | 5   | 6   | 7   | 8    | 9   |
| А, м                | 60               | 65  | 70   | 65  | 75  | 65  | 60  | 60   | 75  |
| В, м                | 25               | 30  | 35   | 30  | 30  | 35  | 30  | 25   | 35  |
| Н, м                | 7                | 8   | 9    | 8   | 7   | 8   | 8   | 6    | 7   |
| W, мг/мин           | 0,6              | 0,7 | 0,65 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,6  | 0,6 |
| C <sub>ух</sub> , % | 0,25             | 0,4 | 0,35 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,35 | 0,2 |

Остальные данные из текста задачи № 1.

Таблица 8.3. – Входные данные для вариантов задачи № 2

| Показатели          | Варианты заданий |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 1                | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| V                   | 25000            | 30000 | 35000 | 40000 | 35000 | 35000 | 35000 | 25000 | 30000 |
| t                   | 35               | 45    | 40    | 50    | 30    | 40    | 50    | 30    | 35    |
| m                   | 0,5              | 0,6   | 0,7   | 0,6   | 0,7   | 0,5   | 0,6   | 0,5   | 0,6   |
| q <sub>пр</sub> , % | 0,2              | 0,3   | 0,1   | 0,4   | 0,2   | 0,1   | 0,2   | 0,4   | 0,3   |
| n                   | 80               | 70    | 75    | 90    | 95    | 100   | 90    | 85    | 75    |

Остальные данные из текста задачи № 2.

#### 5. Примеры расчётов

##### Задача 1. Определение требуемого воздухообмена в помещении с выделением пылевой аэрозоли

Определить требуемый воздухообмен и его кратность для вентиляционной системы цеха с выделением пылевой аэрозоли при наличии и отсутствии местных отсосов. Цех имеет такие размеры: длина А = 72 м, ширина В = 24 м, высота Н = 8 м. В воздушную среду цеха выделяется пыль в количестве W = 0,6 мг/мин (для этого вида пыли предельно-допустимая концентрация ПДК = 4 мг/м<sup>3</sup>). Концентрация пыли в рабочей зоне C<sub>р.з.</sub> принимается равной ПДК, концентрация пыли (C<sub>ух</sub>) в удаляемом из цеха воздухе равна 30% концентрации её в рабочей зоне (C<sub>ух</sub> = 0,3·C<sub>р.з.</sub>). Концентрация пыли в приточном воздухе C<sub>п</sub> = 0,2 мг/м<sup>3</sup>. Количество воздуха, забираемого из рабочей зоны местными отсосами, равно G<sub>м</sub> = 4500 м<sup>3</sup>/час.

**Решение.** Определяем объём цеха.

$$V = A \cdot B \cdot H = 72 \cdot 24 \cdot 8 = 13824 \text{ м}^3 \quad (8.10)$$

Найдём выделение пыли (в миллиграммах) за 1 час:

$$W = \frac{0,6 \cdot 1000}{1/60} = 36000 \frac{\text{мг}}{\text{час}}$$

1) при наличие местных отсосов.

Требуемый воздухообмен при наличии местных отсосов определяем по формуле:

$$G = G_m + \frac{W - G_m(C_{p.z.} - C_{п.})}{C_{yx} - C_{п.}} = 4500 + \frac{36000 - 4500 \cdot (4 - 0,3)}{0,3 \cdot 4 - 0,2} = 23850 \text{ м}^3/\text{час}$$

Кратность воздухообмена в цехе составит:

$$K = \frac{G}{V} = \frac{23850}{13824} = 1,7 \text{ обменов/час,}$$

то есть за 1 час воздух в цехе должен обмениваться 1,7 раз. В этом случае концентрация пыли в рабочей зоне не превысит ПДК.

2) Отсутствие местных отсосов.

При отсутствии местных отсосов формула упрощается:

$$G = \frac{W}{C_{yx} - C_{п.}} = \frac{36000}{0,3 \cdot 4 - 0,2} = 36000 \text{ м}^3/\text{час}$$

Кратность воздухообмена в цехе при отсутствии местных отсосов составит:

$$K = \frac{G}{V} = \frac{36000}{13824} = 2,6 \text{ обменов/час}$$

## **Задача 2. Определение необходимого воздухообмена помещения с выделением вредных веществ**

В монтажном цехе приборостроительного предприятия объемом  $V=24000 \text{ м}^3$  производится пайка и лужение мягким припоем ПОС-40 (в его состав входит  $t = 40\%$  свинца). За 1 час работы расходуется  $m = 0,4 \text{ кг}$  припоя. Количество испаряющегося припоя  $q = 0,3\%$ . Число работающих  $n = 70$  человек. Определить необходимый воздухообмен, если содержание паров свинца в наружном воздухе  $C_{\text{прит}}$  равно нулю ( $C_{\text{прит}} = 0$ ).

**Решение.** Определяем по табл. 8.1 предельно-допустимую концентрацию свинца в воздухе рабочей зоны:  $\text{ПДК}_{\text{рв}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$ .

Определяем количество свинца, которое испарится за 1 час работы:

$$W = t \cdot m \cdot q \cdot 10^6 \text{ мг/час}, \quad (8.11)$$

где  $10^6$  – коэффициент для перевода из кг/час в мг/час:

$$W = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 0,003 \cdot 10^6 = 480 \text{ мг/час}$$



Определяем количество воздуха, которое нужно подать в рабочую зону для того, чтобы концентрация свинца в рабочем объеме не превышала значений ПДК:

$$G = \frac{W}{C_{\text{ПДК}} - C_{\text{прит}}} \quad , \quad (8.12)$$
$$G = \frac{480}{0,01 - 0} = 4,8 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{час} .$$

Определяем количество воздуха, которое нужно подать в рабочую зону для того, чтобы обеспечить необходимое количество воздуха на работающего:

$$G_1 = n \times G_{\text{чел}} \quad , \quad (8.13)$$

где  $G_{\text{чел}}$  – норма подачи приточного воздуха на 1 человека (по приложению 19 СНиП 2.04.05-91,  $G_{\text{чел}} = 60 \text{ м}^3/\text{час}$ ).

$$G_1 = 70 \times 60 = 4200 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Сравнивая нормы подачи  $G$  и  $G_1$  для дальнейших расчетов принимаем большее значение, то есть значение  $G$ .

Находим кратность воздухообмена:

$$k = \frac{G}{V} \quad ,$$
$$k = \frac{4,8 \cdot 10^4}{2,4 \cdot 10^4} = 2 \text{ час}^{-1}.$$

## 6. Контрольные вопросы

1. Принципы определения воздухообмена помещения?
2. Физический смысл воздухообменной вентиляции?
3. Как определяется необходимый воздухообмен при общеобменной вентиляции?
4. Как определяется кратность воздухообмена помещения?
5. К чему может привести несоответствие концентрации исходящего из помещения воздуха ПДК.
6. Причины утечек воздуха из помещения?
7. Как влияют утечки воздуха на воздухообмен и концентрацию вредных примесей в воздушной среде?

## Расчёт аэрации производственного помещения при удалении избыточного тепла

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда». Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: *ОК-5; ОК- 8; ОК-12; ППК-13.*

**1. Цель занятия.** Изучить методы расчёта воздухообмена при аэрации производственного помещения с выделением избыточного тепла.

**2. Теоретические положения [31-39].** Воздухообмен при естественной вентиляции происходит вследствие разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха, а также в результате действия ветра. При этом, создаётся разность плотностей воздуха снаружи и внутри помещения которая вызывают поступление холодного воздуха в помещение и вытеснение теплого: с наветренной стороны зданий – пониженное давление, с наветренной – избыточное и свежий воздух поступает в помещение. Эффективная работа вытяжных вентиляционных устройств в большой степени зависит от обдува их ветром.

Естественная вентиляция производственных помещений может быть неорганизованной и организованной. При **неорганизованной вентиляции** поступление и удаление воздуха происходит через неплотности и поры наружных ограждений (инфильтрация), через окна, форточки, специальные проемы (проветривание). **Организованная** (регулируемая) естественная вентиляция производственных помещений осуществляется **аэрацией и дефлекторами**.

**Аэрация** осуществляется в холодных цехах за счет ветрового давления, а в горячих цехах за счет совместного или раздельного действия теплового и ветрового давлений. Аэрация осуществляется следующим образом. В здании цеха, оборудованном тремя рядами проемов (1 - 3) со створками, в летнее время открываются проемы 1 и 3 (рис.9.1,а). свежий воздух поступает в помещение через нижние проемы 2, расположенные на высоте 4 – 7 и от пола (рис.9.1,б). Высота принимается с таким расчетом, чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел достаточно нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения. Меняя положение створок, можно регулировать воздухообмен.

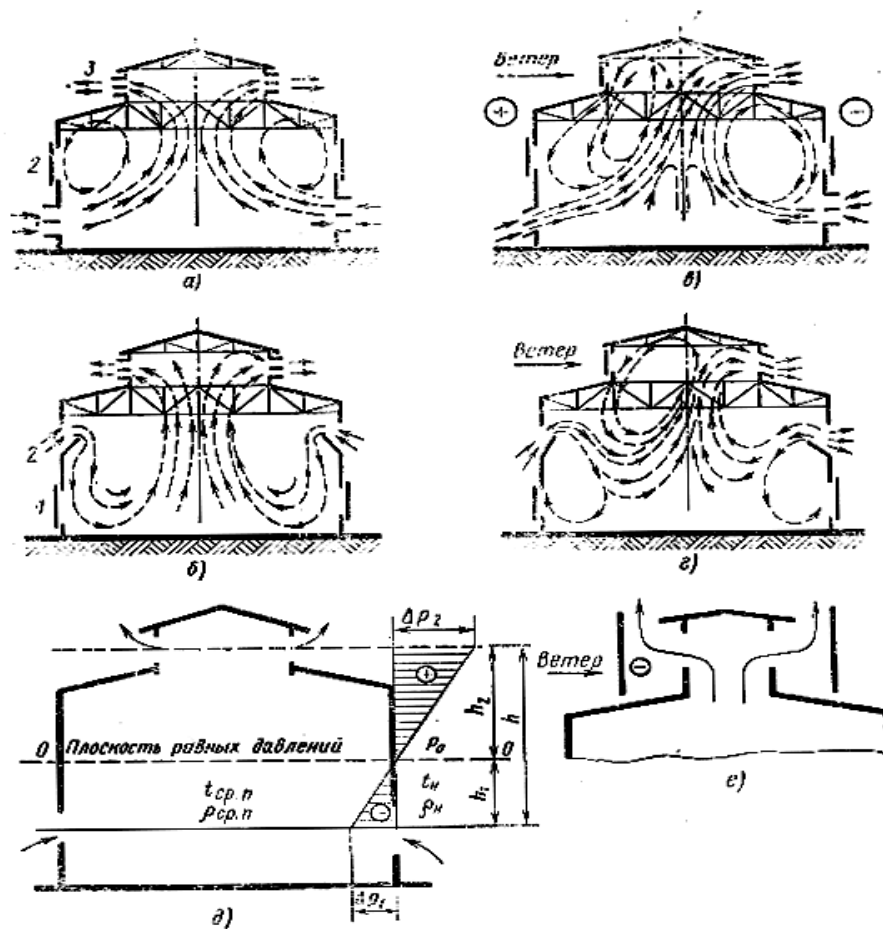


Рис. 9.1 – Аэрация зданий:

а, б – открытие створок проемов при безветрии в теплое и холодное время года; в, г – то же, при боковом ветре; д – распределение давления воздуха в здании цеха; е – незадуваемый фонарь.

Температура воздуха внутри цеха вследствие выделения избытков явной теплоты бывает, как правило, выше температуры наружного воздуха  $t_n$ . Следовательно, плотность наружного воздуха  $\rho_n$  больше плотности воздуха внутри цеха, что обуславливает наличие разности давлений наружного и внутреннего воздуха. На определенной высоте помещения, в так называемой плоскости равных давлений, расположенной примерно на середине высоты здания цеха (рис. 9.1, д), эта разность равна нулю.

Ниже плоскости равных давлений существует разрежение (Па), обуславливающее поступление наружного воздуха:

$$\Delta p_1 = h_1 g (\rho_n - \rho_{ср.п}) \quad (9.1)$$

где:  $\rho_{ср.п.}$  – средняя плотность воздуха в помещении,  $\text{кг/м}^3$ , соответствующая средней температуре воздуха в помещении  $t_{ср.п.}$ , определяемая по формуле

$$t_{\text{ср.п.}} = (t_{\text{р.з.}} + t_{\text{выт}}) / 2, \quad (9.2)$$

здесь  $t_{\text{р.з.}}$  и  $t_{\text{выт}}$  – температуры воздуха в рабочей зоне и воздуха, удаляемого из помещения;

$h_1$  – расстояние от середины нижних отверстий до плоскости равных давлений, м.

Выше плоскости равных давлений существует избыточное давление (Па), которое на уровне центра верхних отверстий составляет

$$\Delta p_2 = h_2 g (\rho_n - \rho_{\text{ср.п.}}), \quad (9.3.)$$

где  $h_2$  – расстояние от плоскости равных давлений до центра верхних отверстий, м.

Это давление, направленное наружу цеха, вызывает вытяжку воздуха.

Общая величина гравитационного давления  $p_r$  (Па), под влиянием которого происходит воздухообмен в помещении, равна сумме давлений на уровне нижних и верхних проемов

$$p_r = \Delta p_1 + \Delta p_2 = hg (\rho_n - \rho_{\text{ср.п.}}). \quad (9.4)$$

При расчете аэрации определяют площадь проемов. Расчет производят для летнего времени, как самого неблагоприятного для аэрации. В начале расчета обычно задаются площадью нижних проемов  $F_1$ . Зная необходимое количество воздуха  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), по избыткам явной теплоты определяют скорость воздуха в нижних проемах (м/с):  $v_1 = L/\mu F_1$ , где  $\mu$  – коэффициент расхода, величина которого зависит от конструкции створок и угла их открытия,  $\mu = 0,15 - 0,65$ .

Затем определяют потери давления в нижних проемах (Па)

$$P_1 = \rho_n v_1^2 / 2 \quad (9.5)$$

и величину  $p_r$  по формуле 9.4. Рассчитывают температуру уходящего воздуха по формуле и определяют по таблицам или известным формулам плотность  $\rho_n$  и  $\rho_{\text{ср.п.}}$ , соответствующую температурам  $t_n$  и  $t_{\text{ср.п.}}$ .

$$t_{\text{выт}} = t_{\text{н}} + (10 - 15). \quad (9.6)$$

После этого находят избыточное давление в плоскости вытяжных верхних вытяжных проемов  $\Delta p = p_{\text{г}} - \Delta p_1$  и необходимую их площадь ( $\text{м}^2$ )

$$F_2 = L / \mu v_2 = L / (\mu \sqrt{\Delta p_2 * 2 / \rho}) \quad (9.7)$$

При обдувании зданий ветром с наветренной стороны создается повышенное давление воздуха, а на заветренной стороне – разрежение, значения  $\sqrt{\Delta p}$  которых могут быть определены по формуле

$$\rho_{\text{ветр}} = \alpha * v_{\text{в}}^2 * \rho / 2 \quad (9.8)$$

где  $\rho_{\text{ветр}}$  – избыточное давление ветра, или разрежение, Па;  $v_{\text{ветр}}$  – скорость ветра, м/с;  $\alpha$  – аэродинамический коэффициент, зависящий от конфигурации здания и определяемый по результатам обдува моделей (величина  $\alpha$  обычно составляет 0,7 – 0,85 для наветренной стороны здания и от 0,3 до 0,45 для заветренной стороны).

Под напором воздуха с наветренной стороны наружный воздух будет поступать через нижние проемы и, распространяясь в нижней части здания, вытеснять более нагретый и загрязненный воздух через проемы в фонаре здания наружу (рис.2, в, г). Таким образом, действие ветра усиливает воздухообмен, происходящий за счет гравитационного давления, а в ряде случаев (в жаркие дни) является основным действующим фактором.

Расчет аэрации при совместном действии ветра и избытков явной теплоты производят аналогично приведенному выше, при этом дополнительно к давлениям воздуха, возникающим вследствие разности температур, прибавляют или вычитают давления, создаваемые ветром.

**При задувании ветра в верхние проемы** в фонаре здания потоки наружного воздуха опускаются вниз, где смешиваются с пылью и газами и попадают в рабочую зону. В этом случае уменьшается воздухообмен, повышается температура воздуха в рабочей зоне, т.е. задувание ветра приводит к ухудшению условий труда. Для исключения этого явления устраивают так называемые **незадуваемые фонари** (рис.2, е), в которых используют ветрозащитные щиты. За счет срыва струй ветра с заветренной стороны щита (у проема) всегда имеет место разрежение и тем большее, чем выше ско-

рость ветра. Поэтому незадуваемые фонари работают на вытяжку при любых направлениях ветра.

Преимуществом аэрации является то, что большие объемы воздуха (до нескольких миллионов кубических метров в час) подаются и удаляются без применения вентиляторов и воздуховодов. Система аэрации значительно дешевле механических систем вентиляции; она является мощным средством для борьбы с избытками выделения явной теплоты в горячих цехах.

Наряду с преимуществами аэрации имеет существенные недостатки, а именно: в летнее время эффективность аэрации может значительно снижаться вследствие повышения температуры наружного воздуха, особенно в безветренную погоду; кроме того, поступающий в помещение воздух не обрабатывается (не очищается, не охлаждается).

### 3. Порядок расчёта:

- определяем плотность воздуха приточного воздуха;
- определим расстояния от нейтральной зоны до центров вытяжных и приточных фрамуг;
- определяем тепловые напоры (Па) в плоскости приточных и вытяжных фрамуг;
- определяем количество воздуха (воздухообмен, м<sup>3</sup>/ч), поступающее в помещение или удаляемое из него,

### 4. Варианты заданий

**Задача.** Рассчитать необходимую площадь приточных и вытяжных фрамуг при аэрации производственного помещения по вариантам заданий, приведенных в таблице.

Таблица 9.1 – Входные данные

| Варианты заданий | Показатели |     |      |      |      |
|------------------|------------|-----|------|------|------|
|                  | Q          | H   | tн   | tyx  | α    |
| 1                | 35000      | 3   | 19.5 | 30.2 | 25.0 |
| 2                | 40000      | 4   | 19.8 | 30.0 | 30.0 |
| 3                | 38000      | 5   | 20.0 | 28.5 | 35.0 |
| 4                | 32000      | 4.5 | 21.3 | 28.3 | 32.0 |
| 5                | 45000      | 3.5 | 20.5 | 29.7 | 31.0 |
| 6                | 36000      | 3.7 | 22.3 | 31,6 | 28.3 |
| 7                | 31000      | 3.3 | 21.4 | 32.3 | 29.1 |
| 8                | 34000      | 3.6 | 20.6 | 31.2 | 30.3 |
| 9                | 32000      | 4.2 | 21.7 | 31.0 | 30.5 |

Продолжение таблицы 9.1

| 1  | 2     | 3   | 4    | 5    | 6    |
|----|-------|-----|------|------|------|
| 10 | 30000 | 4.3 | 22.1 | 30.4 | 31.3 |
| 11 | 38000 | 3.9 | 21.8 | 30.1 | 32.1 |
| 12 | 33000 | 4.3 | 21.8 | 29.3 | 31.1 |
| 13 | 39000 | 4.4 | 20.7 | 30.8 | 31.5 |
| 14 | 37000 | 3.5 | 22.1 | 31.2 | 31.7 |
| 15 | 42000 | 4.5 | 20.7 | 31.7 | 30.8 |

- $Q_{\text{теп}}$  - теплоизбытки в помещении, кДж/ч;
- $H$  - расстояния между центрами приточных и вытяжных фрамуг, м;
- $t_{\text{н}}$  - температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_{\text{ух}}$  - температура уходящего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\alpha$  - угол открытия створок фрамуг, град

### 5. Пример расчёта

**Задача.** Рассчитать необходимую площадь приточных и вытяжных фрамуг при аэрации производственного помещения, если теплоизбытки в помещении  $Q_{\text{теп}} = 40\,000$  кДж/ч; расстояния между центрами приточных и вытяжных фрамуг  $H = 4$  м; температура наружного воздуха  $t_{\text{н}} = 20,3^{\circ}\text{C}$ ; температура уходящего воздуха  $t_{\text{ух}} = 31^{\circ}\text{C}$ ;  $\alpha = 30$  град. угол открытия створок фрамуг

**Решение.** 1 Расчетная схема аэрации помещения приведена на рисунке 2.

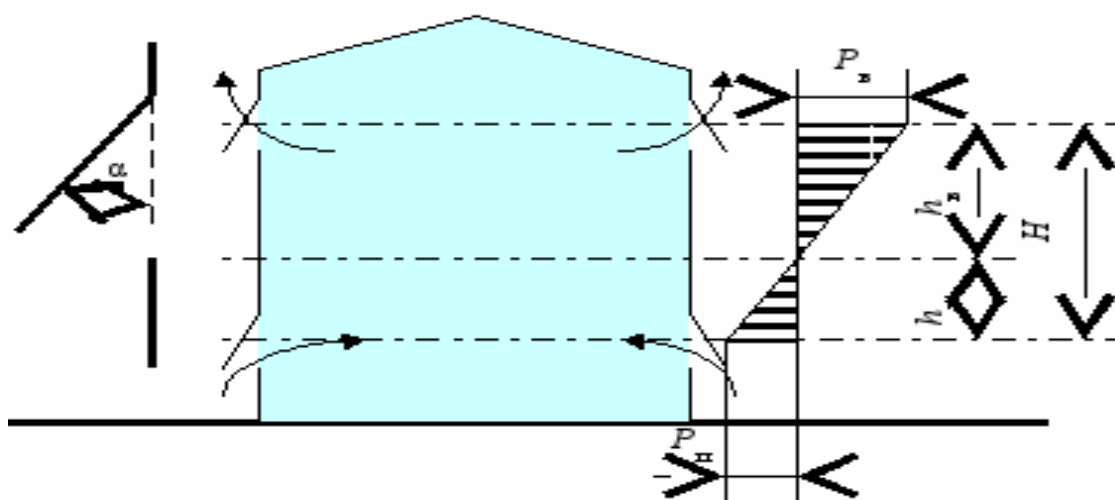


Рис.9.1 – Схема аэрации помещения

2. Во избежание опрокидывания естественного воздухообмена при ветровой нагрузке площадь приточных фрамуг должна быть больше вытяжных примерно на 25 %, поэтому соотношение площадей фрамуг приточных ( $f_{\text{п}}$ ) и вытяжных ( $f_{\text{в}}$ ) принимаем равным 1,25.

3. Необходимый воздухообмен  $L_{\text{теп}}$ , м<sup>3</sup>/ч, в производственном помещении

$$L_{\text{теп}} = \frac{Q_{\text{теп}}}{\rho c(t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})},$$

где  $Q_{\text{теп}}$  – выделение избыточного тепла в помещении, кДж/ч (дано по заданию);

$\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, которая зависит от температуры и может быть определена из выражения,  $\rho = 353 / (273 + t)$ ;

$c$  - принимается 1,005;

$\gamma$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг

$t_{\text{ух}}, t_{\text{пр}}$  °С – соответственно температура удаляемого (уходящего) и приточного воздуха, для условий задачи принимается  $t_{\text{пр}} = t_{\text{н}}$ .

4. Определяем плотность воздуха приточного воздуха

$$\rho_{\text{н}} = 353 / (273 + 20,3) = 1,205 \text{ кг/м}^3,$$

тогда

$$L_{\text{теп}} = \frac{40000}{1,205 \cdot 1,005 \cdot (31 - 20,3)} = 3002,7 \approx 3003 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Коэффициент расхода при угле открытия створок фрамуг

$$k = 0,63 \cdot \sin 30 = 0,315 = 0,63 \cdot \sin \alpha$$

5. Определим расстояния от нейтральной зоны до центров вытяжных и приточных фрамуг:



$$h_{\text{в}} = \frac{H}{\left(\frac{f_{\text{в}}}{f_{\text{п}}}\right)^2 \frac{\rho_{\text{ух}}}{\rho_{\text{н}}} + 1} \quad h_{\text{п}} = \frac{H}{\left(\frac{f_{\text{п}}}{f_{\text{в}}}\right)^2 \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{ух}}} + 1},$$

где  $H$  – расстояние между центрами приточных и вытяжных проемов, м;  
 $f_{\text{в}}, f_{\text{п}}$  – соответственно площади вытяжных и приточных отверстий, м<sup>2</sup>;  
 $\rho_{\text{ух}}, \rho_{\text{н}}$  – плотности воздуха соответственно удаляемого (уходящего) и наружного, кг/м<sup>3</sup>.

Предварительно находим плотность удаляемого воздуха:

$$\rho_{\text{в}} = \rho_{\text{ух}} = 353 / (273 + 31) = 1,161 \text{ кг/м}^3,$$

тогда расстояние от нейтральной зоны до центра вытяжных проемов (м)

$$h_{\text{в}} = \frac{4}{\left(\frac{1}{1,25}\right)^2 \cdot \frac{1,161}{1,205} + 1} = 2,47 \approx 2,5$$

Расстояние от нейтральной зоны до центра приточных проемов составит:

$$h_{\text{п}} = H - h_{\text{в}} = 4 - 2,5 = 1,5 \text{ м.}$$

6. Тепловые напоры, Па, в плоскости приточных и вытяжных фрамуг:

$$P_{\text{п}} = h_{\text{п}} \rho g (\rho_{\text{ух}} - \rho_{\text{н}}) \text{ и } P_{\text{в}} = h_{\text{в}} \rho g (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{ух}}),$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Подставив значения, получим:

$$P_{\Pi} = 1,5 \cdot 9,81 \cdot (1,205 - 1,161) = 0,65 \text{ Па};$$

$$P_{\text{В}} = 2,5 \cdot 9,81 \cdot (1,205 - 1,161) = 1,08 \text{ Па}.$$

Тепловые напоры в приточных и вытяжных отверстиях равны динамическим давлениям, за счет которых воздух поступает в помещение и удаляется из него.

$$P_{\Pi} = P_{\text{Д}}^{\Pi} = \frac{\rho_{\text{Н}} v_{\Pi}^2}{2} \quad \text{и} \quad P_{\text{В}} = P_{\text{Д}}^{\text{В}} = \frac{\rho_{\text{Н}} v_{\text{В}}^2}{2},$$

где  $v_{\Pi}$ ,  $v_{\text{В}}$  – соответственно скорости движения воздуха в области приточных и вытяжных фрагуг, м/с.

Преобразовав формулы, находим значения скоростей воздуха в приточных и вытяжных отверстиях:

$$v_{\Pi} = \sqrt{\frac{2P_{\Pi}}{\rho_{\text{Н}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,65}{1,205}} = 1,04 \quad \text{м/с}, \quad v_{\text{В}} = \sqrt{\frac{2P_{\text{В}}}{\rho_{\text{УХ}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,08}{1,161}} = 1,36 \quad \text{м/с}.$$

Количество воздуха (воздухообмен), м<sup>3</sup>/ч, поступающее в помещение или удаляемое из него,

$$L_i \mu = 3600 \sum f_i V_i.$$

Преобразовав формулу расчета  $L_i$ , рассчитываем площади приточных и вытяжных отверстий:

$$f_{\Pi} = \frac{L_{\text{теп}}}{3600 \mu v_{\Pi}} = \frac{3003}{3600 \cdot 0,315 \cdot 1,04} = 2,55 \quad \text{м}^2, \quad f_{\text{В}} = \frac{3003}{3600 \cdot 0,315 \cdot 1,36} = 1,95 \quad \text{м}^2.$$

7. Расчеты показывают, что для удаления теплоизбытков из помещения в количестве 40 000 кДж/ч воздухообмен должен быть 3003 м<sup>3</sup>/ч, при этом

площадь приточных фрамуг составит  $2,55 \text{ м}^2$ , а площадь вытяжных –  $1,95 \text{ м}^2$ .

## 6. Контрольные вопросы

1. Виды естественной вентиляции производственных помещений.
2. Дайте краткую характеристику аэрации помещений.
3. Опишите физические процессы происходящие при аэрации помещений.
4. Физическая сущность понятия плоскости равных давлений.
5. Чем характеризуются зоны выше и ниже плоскости равных давлений.
6. Что представляет собой гравитационное давления  $p_r$  (Па), и какова его роль в воздухообмене помещений, чему оно равно.
7. От чего зависит площадь проёмов при аэрации помещения?
8. Какие процессы происходят при обдувании здания ветром?
9. Что представляют собой незадуваемые фонари, их назначение.
10. Что представляет собой дефлектор. Принцип действия

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

### Микроклимат производственных помещений и средства измерения его параметров

---

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: *ОК-5; ОК- 8; ОК-12; ППК-13.*

**1. Цель занятия.** Познакомить студентов с применяющимися при определении микроклимата современными приборами и их устройством; ознакомить с основными принципами нормирования микроклимата в производственных помещениях; научить студентов определению параметров микроклимата на рабочих местах и их критическому оцениванию, дать оценку соответствия их нормативным значениям.

**2. Теоретические основы [40-43].** Производственные помещения— замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и соору-

жениях, 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, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха ниже +10°C.

Теплый период года– период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10°C.

Среднесуточная температура наружного воздуха –средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные 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). Характеристика категорий работ (Iа, Iб, IIа, IIб, III) табл. 10.1. и СанПиН 9-80 РБ 98.

Таблица 10.1 – . Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Категории работ по уровню энергозатрат (q), Вт/м <sup>2</sup> | Температура воздуха (tв), °С | Температура поверхностей (tп), °С | Относительная влажность воздуха(φ), % | Скорость движения воздуха (v), м/с |
|-------------|---|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Холодный    | Iа (до 139)   | 22-24                        | 21-25                             | 60-40                                 | 0,1                                |
|             | Iб (140-174)  | 21-23                        | 20-24                             | 60-40                                 | 0,1                                |
|             | IIа (175-232)   | 19-21                        | 18-22                             | 60-40                                 | 0,2                                |
|             | IIб (233-290)   | 17-19                        | 16-20                             | 60-40                                 | 0,2                                |
|             | III(более290)   | 16-18                        | 15-19                             | 60-40                                 | 0,3                                |
| Теплый      | Iа(до 139)  | 23-25                        | 22-26                             | 60-40                                 | 0,1                                |
|             | Iб (140-174)  | 22-24                        | 21-25                             | 60-40                                 | 0,1                                |
|             | IIа(175-232)  | 20-22                        | 19-23                             | 60-40                                 | 0,2                                |
|             | IIб (233-290)   | 19-21                        | 18-22                             | 60-40                                 | 0,2                                |
|             | III(более290)   | 18-20                        | 17-21                             | 60-40                                 | 0,3                                |

Тепловая нагрузка среды(ТНС) – сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость

движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в °С – ТНС-индекса.

### **Показатели микроклимата, тепловой баланс организма человека**

Метеорологические условия в производственных помещениях – это сочетание пяти физических производственных факторов:

- 1) температуры воздуха  $t$  (°С);
- 2) температуры поверхностей  $t_n$  (°С);
- 3) относительной влажности воздуха  $\phi$  (%);
- 4) скорости движения воздуха  $v$  (м/с);
- 5) интенсивности теплового облучения  $q$  (Вт/м<sup>2</sup>).

**Температура воздуха**– параметр, характеризующий степень нагретости воздуха.

**Температура поверхностей**– параметр, характеризующий степень нагрева поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств. Температура представляет собой меру средней кинетической энергии поступательного движения молекул, составляющих воздух (ограждающие конструкции, технологическое оборудование и т.д.).

**Влажность воздуха**– параметр, отражающий содержание в воздухе водяных паров.

Различают абсолютную действительную, абсолютную максимально возможную и относительную влажность воздуха. Абсолютной влажностью называется масса пара, содержащаяся в 1 м<sup>3</sup> влажного воздуха, численно равная плотности пара при парциальном давлении. Максимально возможной влажностью воздуха называется максимально возможная плотность водяных паров при данной температуре. Относительной влажностью воздуха называется отношение действительной абсолютной влажности ненасыщенного воздуха к максимально возможной абсолютной влажности воздуха при той же температуре.

**Скорость движения воздуха**– параметр, отражающий интенсивность движения воздушных масс.

**Интенсивность теплового облучения**– параметр, характеризующий перенос энергии излучением от нагретых поверхностей оборудования, отопительных и осветительных приборов, солнца, проникающего через оконные проемы.

Условием существования человека, как теплокровного биосущества, является соблюдение состояния теплового равновесия, при котором количество образовавшегося в нем тепла равно количеству тепла, выделенного во внешнюю среду в тот же промежуток времени.

Тепловой баланс человека с окружающей средой можно выразить уравнением:

$$M \pm C \pm R - \epsilon = 0,$$

где:  $M$ – метаболическое тепло (полученное за счет процесса обмена веществ в организме, равное 116,6... 125,5 Вт в условиях покоя);

С– тепло, получаемое организмом из внешней среды или отдающееся во внешнюю среду путем конвекции (теплообмен с окружающим воздухом);

Р– тепло радиации (теплообмен с окружающими поверхностями);

ε– испарение влаги через кожу и с выдыхаемым воздухом.

Значительное накопление тепла приводит к гипертермии– состоянию, при котором температура тела поднимается до 38... 39°C. Симптомы: головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение. Пульс и дыхание учащены. При этом наблюдается бледность, синюшность, зрачки расширены, временами возникают судороги, потеря сознания.

Гипотермия– переохлаждение организма. В начальный период воздействия умеренного холода наблюдается уменьшение частоты дыхания, увеличение объема вдоха. При продолжительном воздействии холода дыхание становится неритмичным, частота и объем вдоха увеличиваются.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия (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.).

### **Классификация условий труда по показателям микроклимата**

(Р 2.2.755–99 Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.)

Сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой, характеризуется понятиями нагревающего и охлаждающего микроклимата.

Нагревающий микроклимат– сочетание параметров микроклимата (температура воздуха, влажность, скорость его движения, тепловое излучение), при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой, выражающееся в накоплении тепла в организме выше верхней границы оптимальной величины ( $>0,87$  кДж/кг) и / или увеличении доли потерь тепла испарением пота ( $>30\%$ ) в общей структуре теплового баланса, появлении общих или локальных дискомфортных теплоощущений (слегка тепло, тепло, жарко).

Для оценки нагревающего микроклимата в помещении (вне зависимости от периода года), а также на открытой территории в теплый период года используется интегральный показатель – тепловая нагрузка среды (ТНС-индекс). Значения ТНС – индекса не должны выходить за пределы величин, рекомендуемых в табл. 6.3. приложения.

Охлаждающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место изменение теплообмена организма, приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в организме ( $<0,87$  кДж/кг) в результате снижения температуры «ядра» и / или «оболочки» тела (температура «ядра» и «оболочки» тела – соответственно температура глубоких и поверхностных слоев тканей организма).

В зависимости от теплового и функционального состояния человека условия труда по показателям микроклимата (нагревающего и охлаждающего) относят к тому или иному классу вредности и опасности.

Оптимальные условия микроклимата (1 класс) 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 отклонения в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинетах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.). Перечень других рабочих мест и видов работ, при которых должны обеспечиваться оптимальные величины микроклимата определяются Санитарными правилами по отдельным отраслям промышленности и другими документами, согласованными с органами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора в установленном порядке.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 6.1. приложения, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Допустимые условия микроклимата (2 класс) установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений и 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 экономическим обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 6.2. приложения, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.



Допустимые условия микроклимата условно относят к безопасным.

Оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата установлены с учетом периода года, интенсивности энерготрат работающих, продолжительности выполнения работы.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные. Вредные условия микроклимата (3 класс) характеризуются превышением оптимальных и допустимых гигиенических нормативов; оказывают неблагоприятное действие на организм работающего.

Вредные условия микроклимата по степени опасности подразделяются на 4 степени вредности.

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются значениями показателей микроклимата, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создают угрозу для жизни, высокий риск тяжелых форм перегрева и переохлаждения организма.

### **Приборы и оборудование**

Психрометр аспирационный МВ-4М служит для определения относительной влажности воздуха.

Прибор (рис. 10.1.) состоит из двух одинаковых ртутных термометров 3 и 4, закрепленных в специальной оправе. Резервуары термометров помещены в трубки защиты 1. В верхней части прибора аспирационная головка 5, внутри которой находится заводной механизм с вентилятором, протягивающим воздух около резервуаров термометров. Пружина заводного механизма вентилятора заводится ключом 7. Перед работой резервуар правого термометра обертывается батистом в один слой и смачивается чистой дистиллированной водой при помощи пипетки. Вращением вентилятора в прибор через защитные трубки всасывается воздух, который обтекая резервуары проходит по воздухопроводной трубке 2 к вентилятору и выбрасывается наружу. Вода, испаряясь с поверхности батиста, поглощает тепло, вследствие чего показания влажного термометра меньше, чем сухого.

Влажность воздуха определяется по показаниям сухого и влажного термометров по специальным психрометрическим таблицам или психрометрическому графику, а температура воздуха – по показаниям сухого термометра.

---



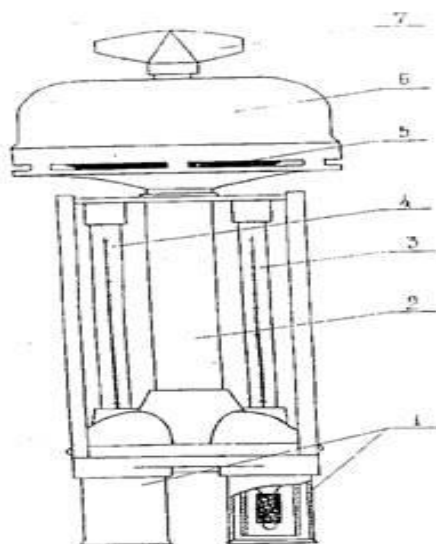


Рис. 10.1 – Психрометр аспирационный МВ-4М

1 – трубка защиты; 2 – воздухопроводная трубка; 3,4 – ртутные термометры; 5 – прорези; 6 – аспирационная головка; 7 – ключ.

Анемометр крыльчатый АСО-3 служит для определения скорости движения воздуха от 0,3 до 5 м/с. Прибор (рис. 10.2) состоит из ветроприемника и счетного механизма.

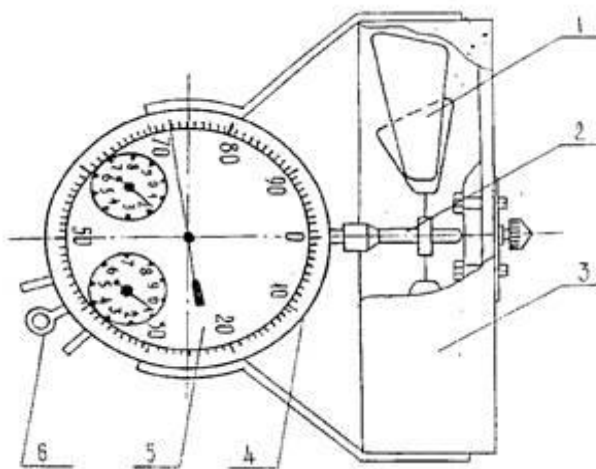


Рис. 10.2 – Анемометр крыльчатый АСО-3

1 – крыльчатка; 2 – трубчатая ось; 3 – корпус ветроприемника; 4 – корпус счетного механизма; 5 – циферблат; 6 – арретир.

**Ветроприемником служит крыльчатка 1**, насаженная на трубчатую ось 2. На конце трубчатой оси в корпусе 4 находится червяк, который через червячное колесо передает вращение крыльчатки на зубчатый редуктор счетного механизма.

**Счетный механизм имеет три стрелки**, а на его циферблате 5 нанесены три шкалы: единиц, сотен и тысяч.

Включение и выключение счетного механизма проводится арретиром 6. При повороте арретира против часовой стрелки, червячное колесо входит в зацепление с червяком и ветроприемник анемометра соединяется со счетным механизмом. Для выключения счетного механизма арретир поворачивают по часовой стрелке.

При измерении более высоких скоростей движения воздуха (от 1 до 20 м/с) применяют чашечный анемометр типа МС-13. Прибор отличается от крыльчатого анемометра только ветроприемником, где вместо крыльчатки – крестовина с четырьмя полыми полушариями.

Во время замера анемометр устанавливают вертикально таким образом, чтобы ось крестовины располагалась перпендикулярно направлению воздушного потока.

Термометры служат для определения температуры воздуха. В настоящее время большее распространение получили ртутные термометры. Это объясняется их точностью и возможностью применения в широком диапазоне температур от  $-35$  до  $+375^{\circ}\text{C}$ . Спиртовые и другие жидкостные термометры менее точны, т. к. спирт при нагревании выше  $0^{\circ}\text{C}$  расширяется не равномерно. Но они дают возможность измерить очень низкие температуры до  $-130^{\circ}\text{C}$ , для которых ртутные термометры непригодны, т. к. ртуть замерзает при температуре  $-38,9^{\circ}\text{C}$ .

Для измерения температуры в производственных помещениях, как правило, используют ртутные термометры с ценой деления шкалы  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Лучшими из них являются «сухие» термометры аспирационных психрометров, служащих для определения влажности воздуха.

Шаровой термометр используется для определения ТНС-индекса. Температура внутри зачерненного шара измеряется ртутным термометром, помещенным в центр шара. Зачерненный шар должен иметь диаметр 90 мм, минимально возможную толщину и коэффициент поглощения 0,95. Точность измерения температуры внутри шара  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

---

Средствами и способами нормализации микроклимата являются:

система отопления;

- кондиционирование воздуха;
- вентиляция;
- инсоляция помещений путем архитектурно-планировочных решений;
- незащитным зашториванием окон и др. способами; теплоизоляция нагретых поверхностей;
- воздушные душирования на рабочих местах;
- создание воздушных завес у открывающихся ворот и дверей;
- 6 подогрев (увлажнение воздуха) в системах вентиляции и кондиционирования и др.

### 3. Требования к измерениям параметров микроклимата.

1. Измерения параметров микроклимата следует производить в начале, середине и конце холодного и теплого периода года не менее 3 раз в смену (в начале, середине и конце).

2. Температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха измерять на высоте 1,0 м от пола при выполнении работы сидя и на высоте 1,5 м - при выполнении работ стоя.

3. Количество участков (точек замера) определяется в зависимости от площади помещений (до 100 м<sup>2</sup> - 4, от 100 до 400 м<sup>2</sup> - 8, свыше 400 м<sup>2</sup> - расстояния между точками замера не более 10 м).

4. Измерения параметров микроклимата по высоте рабочей зоны следует производить на высоте 0,1, 1,0 и 1,7 м от пола или рабочей площадки.

5. Все приборы должны иметь свидетельство о метрологической поверке.

**Измерение температуры.** Температуру воздуха, газов и жидкостей от -36 до +375 °С измеряют ртутными термометрами, а от -65 до +65 °С - спиртовыми термометрами, термографами, термоанемометрами, аспирационными психрометрами (при наличии источников теплового излучения). При измерении температуры выше +60 °С применяют ртутные термометры с ценой деления 1 °С. Для измерений, требующих повышенной точности, используют термометры с ценой деления 0,1-0,2 °С.

**Измерение влажности.** Влажность воздуха оценивается в абсолютных и относительных единицах. Относительную влажность воздуха измеряют психрометрами, гигрометрами и гигрографами. Принцип определения влажности психрометром основан на разности температур сухого и мокрого термометров при обтекании их резервуаров воздухом со скоростью не более 2,5 м/с. **Аспирационный психрометр с вентилятором** состоит из двух ртутных термометров 2, резервуар одного из них обернут одним слоем батиста и смачивается перед работой с помощью пипетки 5. Воду в пипетке нажатием на грушу 3 доводят до черточки (не ближе 1 см от края) и удерживают с помощью зажима 4. Затем при вертикальном положении прибора пипетку до отказа вводят в трубку 1 снизу вверх. Через 3-4 с разжимают зажим (излишняя вода вбирается в грушу) и вынимают пипетку (нельзя психрометр переворачивать трубками 1 вверх и заливать в него воду из пипетки).

Воздух с помощью вентилятора поступает в трубки и обтекает резервуары термометров со скоростью не более 2 м/с. Пружина вентилятора заводится ключом.

Диапазон измерения относительной влажности от 10 до 100% при температуре окружающей среды от 0 до + 40°С.

Масса прибора 1,1 кг, с футляром 2,8 кг.

При отрицательной температуре относительную влажность воздуха рекомендуется измерять волосяным гигрометром. Он состоит из металлической рамки, на которой с помощью винта, блока и грузика укреплен обезжиренный волос. На оси блока укреплена стрелка. Отсчет берется по шкале в процентах. Принцип работы волосяного гигрометра основан на изменении длины обезжиренного волоса в зависимости от влажности воздуха. Тарировка прибора производится по показаниям психрометра в лабораторных условиях.

**Измерение давления.** Абсолютное давление воздуха (атмосферы) измеряется барометрами - анероидами и барографами. **Барометр-анероид** работает на принципе измерения изменяющейся высоты анероидных коробок в зависимости от колебаний атмосферного давления. Через систему рычагов деформация коробок передается стрелке. Шкала должна быть отградуирована в паскалях, миллибарах или мм. рт. ст. Измерение охлаждающего действия атмосферы. Влияние совокупного действия температуры, скорости, влажности воздуха на отдачу тепла телом человека оценивают кататермометром. Он представляет собой спиртовой термометр со шкалой от 32 до 40°С. Прибор имеет верхний и нижний, заполненный спиртом, резервуары. У каждого кататермометра есть свой фактор F, показывающий потерю тепла в милликалориях с 1 см<sup>2</sup> спиртового резервуара при охлаждении его от 38 до 35°С. Значение фактора определяют при изготовлении прибора и записывают на его оборотной стороне. Измерение производят как сухим, так и мокрым кататермометром, в последнем случае резервуар обвязывают смоченной в воде марлей или батистом. Сухой кататермометр реагирует на скорость и температуру, а мокрый - на скорость, температуру и влажность воздуха.

Измерение скорости движения воздуха. Скорость замеряют анемометрами, термоанемометрами, воздухомерными трубками, кататермометрами и другими приборами.

Наибольшее распространение получили крыльчатый анемометр АСО-3 и чашечный МС-13. Крылатый анемометр со струнной осью АСО-3 состоит из крыльчатки, размещенной в металлической обечайке, счетного механизма и ручки. Крыльчатка сообщается со счетным механизмом при помощи трубчатой оси, на натянутой стальной струне. Давление движущегося потока воздуха приводит крыльчатку во вращение. Трубчатая ось посредством

червячной передачи передает вращение через счетный механизм на стрелки прибора. Включение счетного механизма в работу и выключение его производится арретиром. Анемометр АСО-3 применяют для измерения скорости от 0,2 до 5 м/с. **Чашечный анемометр МС-13** имеет предел измерения от 1 до 20 м/с. Давление воздушного потока воспринимается четырьмя полусферическими чашечками 1, закрепленными на двух взаимно перпендикулярных стержнях, жестко соединенных с осью 2, на конце которой имеется червячная передача, связанная с редуктором счетного механизма. Счетный механизм имеет три стрелки, отсчитывающие единицы, сотни и тысячи оборотов. Для измерения средней скорости движения воздуха анемометром применяют метод “обвода” по сечению, при малых скоростях движения воздуха - “точечный” метод.

**Термограф.** Датчиком температуры служит биметаллическая пластинка, деформация которой при изменении температуры окружающего воздуха передается системой рычагов на записывающее устройство и записывается на специальной ленте, на которой по горизонтали указано время, а по вертикали - температура. Лента закрепляется на барабане с часовым механизмом, имеющим суточный или недельный завод.

**Гигрограф** состоит из корпуса, внутри которого размещены барабан с суточным или недельным заводом и перо, соединенное с помощью системы рычагов с пучком обезжиренных волос. Концы волос закреплены в специальных зажимах крестовины. На барабан намотана специально разграфленнная лента. Начальная относительная влажность устанавливается с помощью специального винта по психрометру.

**Барограф** по принципу действия аналогичен барометру-анероиду. В барографе изменение высоты анероидных коробок через систему рычагов передается перу. Запись давления ведется на специальной ленте 1, укрепленной на барабане с суточным или недельным заводом. Первоначальное давление устанавливается с помощью специального винта по барометру-анероиду. Подготовка гигрографа (барографа, термографа) к работе. При этом необходимо: а) открыть крышку гигрографа (термографа, барографа) и вынуть барабан; б) закрепить на барабане специально разграфленную ленту; в) завести пружину часового механизма барабана; г) установить барабан в гигрограф (термограф, барограф); д) проверить наличие чернил в перо; е) регулировочным винтом установить перо на ленте гидрографа (термографа, барографа) на значение относительной влажности (температуры, давления) воздуха, измеренное психрометром, барометром в соответствии со временем суток; ж) поместить гигрограф (термограф, барограф) в место замера.

Проведенные замеры параметров микроклиматических условий в рабочих помещениях заносятся в таблицу, проводится сравнение их с нормативными показателями, делаются выводы о соответствии микроклиматических условий требованиям законодательства условиям труда.

#### 4. Варианты заданий

**Задание.** Дать оценку микроклиматическим условиям согласно СанПиН 9-80 РБ 98 и табл. 10.1. по показателям микроклимата на рабочих местах производственных помещений, приведенным в табл. 10.2.

Таблица 10.2 – Входные данные

| Варианты заданий | Показатели |         |        |     |       |
|------------------|------------|---------|--------|-----|-------|
|                  | $t_{в}$    | $t_{п}$ | $\phi$ | $v$ | $q$   |
| 1                | 2          | 3       | 4      | 5   | 6     |
| 1                | 25         | 25      | 60     | 0,1 | 139   |
| 2                | 22         | 23      | 55     | 0,2 | 145   |
| 1                | 2          | 3       | 4      | 5   | 6     |
| 3                | 20         | 21      | 50     | 0,2 | 190   |
| 4                | 18         | 18      | 60     | 0,3 | 240   |
| 5                | 23         | 23      | 40     | 0,1 | 200   |
| 6                | 18         | 19      | 60     | 0,2 | 220   |
| 7                | 20         | 22      | 45     | 0,3 | 230   |
| 8                | 17         | 18      | 60     | 0,2 | 235   |
| 9                | 23         | 24      | 40     | 0,2 | 160   |
| 10               | 19         | 20      | 50     | 0,1 | 175   |
| 11               | 21         | 22      | 60     | 0,2 | 230   |
| 12               | 16         | 17      | 45     | 0,1 | 180   |
| 13               | 20         | 21      | 55     | 0,2 | 170   |
| 14               | 18         | 18      | 60     | 0,3 | 300   |
| 15               | 16         | 15      | 40     | 0,3 | > 290 |

#### 5. Пример выполнения работы

**Задача.** Дать оценку условиям труда по показателям микроклимата на рабочих местах производственных помещений, если температура воздуха  $t_{в} = 19^{\circ}\text{C}$ ; температура поверхностей  $t_{п} = 20^{\circ}\text{C}$ ; относительная влажность воздуха  $\phi = 60\%$ ; скорость движения воздуха  $v = 0,2$  м/с; интенсивность теплового облучения  $q = 240$  Вт/м<sup>2</sup>.

Согласно СанПиН 9-80 РБ 98 и табл. 10.1:

- показатель  $t_b = 19^{\circ}\text{C}$  может относиться как к холодному, так и к тёплому периоду года;
- показатель  $t_{\text{п}} = 20^{\circ}\text{C}$  может относиться как к холодному, так и к тёплому периоду года;
- показатель  $\varphi = 60 \%$  может быть отнесен как к холодному, так и к тёплому периоду года;
- показатель  $v = 0,2$  м/с может быть отнесен как к холодному, так и к тёплому периоду года;
- показатель  $q = 240$  Вт/м<sup>2</sup> (категория работ по уровню энерготрат) в сочетании с другими показателями может относиться только ко IIб категории холодного и тёплого периода года.

### **Вывод.**

Проведенный анализ показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, приведенных в задаче и сравнение их с нормативными показателями даёт возможность сделать следующие выводы:

- определяющим показателем в оценке микроклиматических условий труда на рабочих местах является показатель  $q$  «категория работ по уровню энерготрат»;
- приведенные в задаче условия труда по показателям микроклимата на рабочих местах производственных помещений согласно СанПиН 9-80 РБ 98 относятся ко IIб категории работ по уровню энерготрат ( $q = 240$  Вт/м<sup>2</sup>) холодного и тёплого периода года;
- по показателям микроклимата условия труда могут быть оценены как удовлетворительные только для работ выше средней тяжести, составляющих по уровню энерготрат равных  $240$  Вт/м<sup>2</sup>.

---

### **6. Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятия микроклимата.
2. Как происходит формирование микроклимата помещения?
3. Назовите источники тепла, из каких составляющих складываются теплопотери ?
4. Поясните, в чем заключается принцип нормирования микроклимата.
5. В чем заключается гигиеническая оценка воздушной среды производственного помещения?
6. Как классифицируются виды работ по степени тяжести?
7. Как происходит теплоотдача человеческого организма, из каких составляющих складываются потери тепла?

8. Какова допустимая интенсивность теплового облучения для организма человека?

9. При какой температуре нагрева стенок оборудования и трубопроводов необходима их теплоизоляция?

10. Какими приборами осуществляется контроль параметров микроклимата?

11. Назовите основные способы и средства нормализации микроклимата помещения?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

### Расчет защитного заземления

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК-6; ОК-8; ОК-9; ОК-12; ПК-16; ППК-13.

**1. Цель занятия.** Изучить методы расчёта защитного заземления.

**2. Теоретические положения** [45-55]. Наиболее распространенное и надежное средство электрозащиты - защитное заземление.

Защитным заземлительным устройством называется совокупность заземлителя (металлического проводника или группы проводников, которые находятся в непосредственном соприкосновении с грунтом) и заземлительных проводников, которые соединяют заземленные части оборудования с заземлителями [50, 53].

Качество заземлителя определяется значением сопротивления заземления и изменением напряжения относительно земли. Под сопротивлением заземления заземлителя понимают сопротивление между заземлителем (у места соприкосновения с грунтом) и землей. Значение сопротивления заземления определяется как отношение полного напряжения относительно земли к полному току замыкания на землю. Под полным напряжением относительно земли понимается напряжение, возникающее в цепи тока замыкания на землю между заземлителем и землей (зона нулевого потенциала).

Если изоляция электроприемника повреждена, то его токоведущая часть электрически соединилась с незаземленным металлическим корпусом технологического оборудования или защитного устройства. Коснувшись такого корпуса или же поддерживающей его конструкции, оставленной без зазем-



ления, человек оказывается под напряжением прикосновения, значение которого равно фазному или близко к нему.

Таким образом, сущность защиты с помощью устройства заземлений заключается в создании такого заземления, которое обладало бы сопротивлением, достаточно малым для того, чтобы падение напряжения на нем (а именно оно и будет поражающим) не достигло значения, опасного для человека. В поврежденной цепи необходимо обеспечить такое значение тока, которое было бы достаточным для надежного срабатывания защитных устройств, установленных на источнике питания.

В зависимости от расположения заземлителей по отношению к заземленному оборудованию, конструкции заземления бывают выносными (сосредоточенными) и контурными (распределенными).

Расчёт защитного заземления производим согласно ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление» [50].

В контурных заземлительных устройствах заземлители располагают по контуру (периметру) здания, в котором находится электрооборудование, которое нужно заземлить (рис. 11,1 а).

В местах с высоким удельным сопротивлением более целесообразно устройство выносных заземлителей, которые размещают в наиболее проводящих пластах земли (рис. 11,1 б).

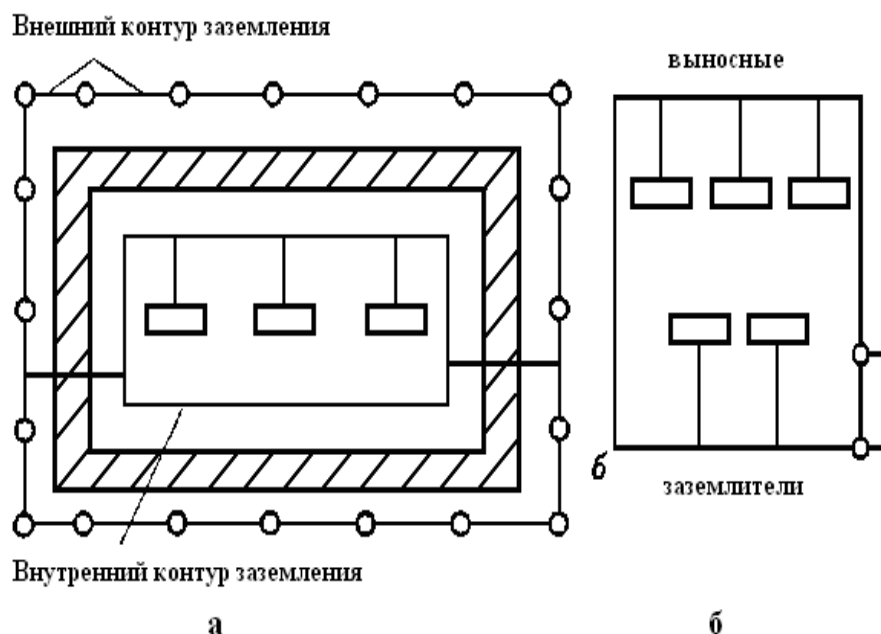


Рис. 11.1 – Схема контурного и выносного заземления

Группы выносных заземлителей соединяют с объектом магистралью заземления, кабельной линией.

Выносное защитное заземление защищает за счет малого сопротивления растеканию тока и небольшого тока замыкания на землю.

При контурном заземлении заземлители располагаются по периметру и внутри площадки, на которой установлено заземленное оборудование и электрически соединяются. Во время замыкания на корпус ток стекает на землю и благодаря системе заземлителей, расположенных в вершинах сети с определенным шагом, его потенциал снижается до неопасных для жизни человека значений.

Заземлители могут быть естественные и искусственные. Как **естественные заземлители** используют разнообразные металлоконструкции, которые имеют хороший контакт с землей: арматуры железобетонных конструкций, трубопроводы (кроме тех, что применяются для транспортировки горючих и взрывных жидкостей и газов), металлические оболочки кабелей (за исключением алюминиевых), обсадные трубы и т.п. **Искусственные заземлители** представляют собой специально устроенные металлоконструкции. В первую очередь, для заземления нужно использовать естественные заземлители, если они есть. Характеристики стационарных заземлителей и токоотводов приведены в табл. 11.1.

Таблица 11.1 – Характеристика стационарных заземлителей и токоотводов

| Токоотводы и заземлители | Название   | Характеристика  |
|--------------------------|--|---|
| 1                        | 2  | 3   |
| Токоотводы               | Заземление станков, машин, металлической аппаратуры, резервуаров, котлов, трубопроводов, сливо-наливных приборов | Стальная лента сечением 48 мм <sup>2</sup> , толщиной больше 4 мм |
| Токоотводы               | Заземление автоцистерн   | Стальной трос диаметром не меньше 6 мм                            |

Продолжение таблицы 11.1

| 1                 | 2   | 3   |
|-------------------|---|---|
|                   | Заземление резиновых шлангов и воронок              | Гибкий стальной провод сечением не меньше 12 мм <sup>2</sup>  |
| Заземлители       | Заземлительный контур из стальных труб (электродов) | Трубы диаметром 38...60 мм, с толщиной стенки больше 3,5 мм. Стальные стержни диаметром 40...50 мм, длиной 2...3 м. Вбивают вертикальные заземлители в землю на глубину от поверхности земли к верху трубы или стержня 0,6...0,8 м. |
| Стальные ленты    | Для токоотводов (электродов)                        | Сечением не меньше 100 мм <sup>2</sup> , толщиной не меньше 4...5 мм, углубляют в землю на глубину 0,6...0,8 м  |
| Стальные пластины | Для токоотводов (электродов)                        | Толщина не меньше 4 мм и площадью не меньше 1 м <sup>2</sup> . Углубляют в землю вертикально на глубину от поверхности земли к верхнему краю пластины 0,6...0,8 м   |

Снаружи зданий обычно формируют внешний заземлительный контур. Для этого за пределами отмостки дома, в специально выкопанной траншее глубиной 0,6...0,8 м вбивают вертикальные заземлители на расстоянии друг от друга 1...3 м, что равняется длине заземлителя. Вертикальные заземлители методом сваривания соединяют между собой полосой. Образуется замкнутый по периферии цеха внешний контур, от которого в середину цеха выводятся проводники. Последние также свариванием соединяются с внутренним контуром.

Внутренний контур, к которому присоединяются корпуса электроустановок - это закрепленный на внутренней стенке цеха проводник, который соединяется с внешним контуром. Большое внимание уделяется надежности соединений в конструкции заземления.

Сопротивление растеканию тока с одного заземлителя  $R_{тр}$  (трубы, стержня) зависит от удельного сопротивления грунта, глубины от поверхности земли к верху заземлителя и размеров самого заземлителя (трубы), определяют по выражению:

$$R_{mp} = 0,366 \frac{\rho}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + 0,5 \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (11.1)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;  
 $l$  – длина заземлителя, м;  
 $d$  – диаметр заземлителя, м;  
 $t$  – расстояние от поверхности земли к середине вертикального заземлителя, м;

$$t = h_g + l/2. \quad (11/2)$$

где  $h_g$  – глубина выкопанной траншеи, в которую вбивают вертикальные заземлители, м (рис. 11.2).

Удельное сопротивление грунта зависит от его строения, содержащихся в нем растворимых веществ, влаги, температуры воздуха. Оно изменяется сезонно, а следовательно - сезонно изменяется и значение сопротивления растеканию тока заземлительной системы. Наибольшее значение удельное сопротивление имеет засушливым летом и зимой в большой мороз. Наилучшие грунты для устройства заземления - влажные (торф, чернозем, глина, садовая земля). Самым плохим является скалистый грунт. Можно уменьшить удельное сопротивление грунта внесением кухонной соли вокруг вертикальных заземлителей, подливанием перегноя. Пласт соли и земли поочередно укладывают в грунт на глубину 1/3 длины заземлителя и поливают водой. Для снижения удельного сопротивления используют также намоченный водой шлам или раствор глины в воде.

Удельное электрическое сопротивление грунта зависит от его структуры, влажности, температуры, твердости и времени года (табл. 2).

Таблица 11.2 – Удельное электрическое сопротивление грунта

| Грунт    | Удельное электрическое сопротивление, Ом·м |                        |
|----------|--|------------------------|
|          | При влажности до 10%                       | При влажности 10...20% |
| Чернозем | 9...53                                     | 20                     |
| Глина    | 8...70                                     | 40                     |
| Суглинок | 40...150                                   | 100                    |
| Песок    | 400...700                                  | 700                    |
| Супесок  | 150...400                                  | 300                    |

Удельное электрическое сопротивление грунта с учетом коэффициента сезонности определяется по формуле:

$$\rho = \rho_v \cdot \eta_c, \quad (11.3)$$

где  $\rho_v$  – измерительное удельное электрическое сопротивление, Ом·м;  
 $\eta_c$  – коэффициент сезонности.

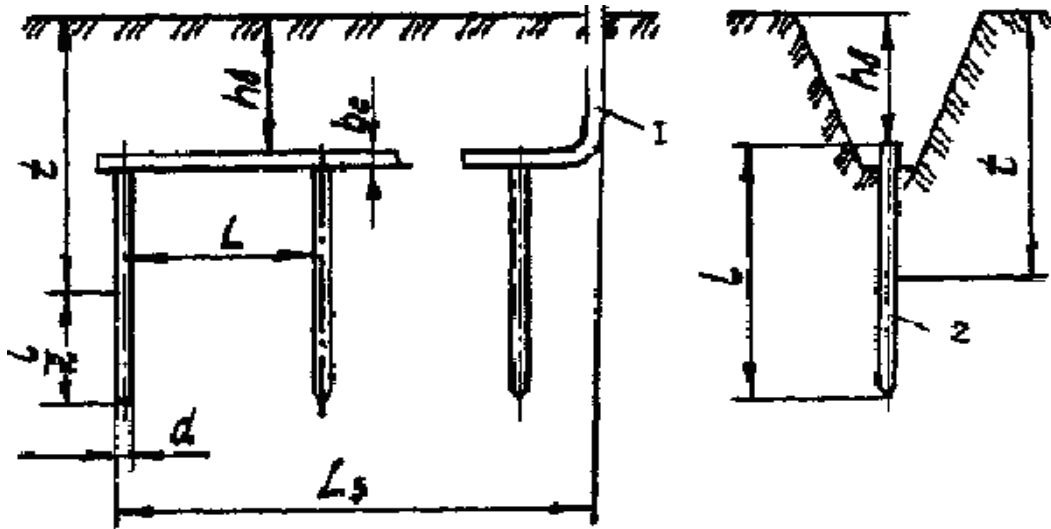


Рис. 3. Схема размещения заземлителей (труб) группового заземления:

1 – соединительная лента; 2 – заземлитель (труба);  $h_g$  – глубина закладки заземлителей;  $L$  – расстояние между заземлителями;  $t$  – расстояние от середины заземлителя к поверхности грунта;  $l$  – длина заземлителя (стержня или трубы);  $b$  – ширина соединительной ленты

Коэффициент сезонности зависит от влажности земли при (табл. 11.3).

Таблица 11.3 – Значение коэффициента сезонности для вертикального заземлителя и горизонтальной ленты

| Влажность земли при измерении                   |            |        |
|---|------------|--------|
| 1   | 2          | 3      |
| повышенная                                      | нормальная | низкая |
| $\eta_c$ для вертикального электрода $l=3$ м    |            |        |
| 1,9   | 1,7        | 1,5    |
| 1,7   | 1,5        | 1,3    |
| 1,5   | 1,3        | 1,2    |
| 1,3   | 1,1        | 1,0    |
| $\eta_c$ для горизонтального электрода $l=10$ м |            |        |
| 9,3   | 5,5        | 4,1    |
| 5,9   | 3,5        | 2,5    |

Продолжение таблицы 11.3

|   |     |      |
|---|-----|------|
| 1   | 2   | 3    |
| 4,0   | 2,5 | 2,0  |
| 2,5   | 1,5 | 1,1  |
| $\eta_c$ для горизонтального электрода $l=50$ м |     |      |
| 7,2   | 4,5 | 3,6  |
| 4,8   | 3,0 | 2,4  |
| 3,2   | 2,0 | 1,6  |
| 2,2   | 1,4 | 1,12 |

Групповое расположение вертикальных заземлителей (труб) оказывает взаимное влияние полей растекания (экранирование) тока, увеличивая сопротивление растеканию тока  $R_p$ .

Учитывая коэффициент экранирования, получим:

$$R_p = R_{mp} / n * \eta_e, \quad (11.4)$$

где  $R_{mp}$  – сопротивление растеканию тока одного заземлителя, Ом·м;

$n$  – количество заземлителей, шт;

$\eta_e$  – коэффициент экранирования.

Значение коэффициента экранирования вертикальных заземлителей (труб) для контурного заземления представлено в табл. 11.4.

С учетом коэффициентов сезонности и экранирования количество заземлителей (труб) определяется по формуле:

$$n = R_{mp} / R_{\delta} * \eta_c * \eta_e, \quad (11.5)$$

где  $R_{тр}$  – сопротивление одного заземлителя (трубы), Ом;

$R_{\delta} = 4$  Ом - допустимое сопротивление растекания тока заземления.

Таблица 11.4. Значение коэффициента экранирования

| Отношение расстояния между электродами (трубами) к длине электрода, $L_{л}$ | Число заземлителей (труб) |             |             |             |              |
|---|---------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|   | 4                         | 6           | 10          | 20          | 40           |
| 1   | 2                         | 3           | 4           | 5           | 6            |
| 1   | 0,66...0,72               | 0,58...0,65 | 0,52...0,58 | 0,44...0,50 | 0,38...0...0 |
| 2   | 0,76...0,80               | 0,71...0,75 | 0,66...0,71 | 0,61...0,66 | 0,55...0,61  |
| 3   | 0,83...0,86               | 0,78...0,82 | 0,74...0,78 | 0,68...0,73 | 0,64...0,69  |

Длину соединительной ленты определяют по формуле:

$$L = 1.05 L (n - 1), \quad (11.6)$$

где  $L$  - расстояние между заземлителями (трубами), м.

Сопротивление растеканию тока в соединительной ленте можно определить по формуле:

$$R_{стр} = 0,366 \frac{\rho}{l_{стр}} \lg \frac{2l_{стр}^2}{h \cdot b \cdot \eta_{стр}}, \quad (11.7)$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление грунта с учетом коэффициента сезонности, Ом · м;

$l_{стр}$  – длина соединительной ленты, м;

$h$  – глубина (траншеи) закладки соединительной ленты, м;

$b$  – ширина соединительной ленты, м;

$\eta_{стр}$  – коэффициент экранирования соединительной ленты.

Коэффициент экранирования соединительной ленты для контурного заземления принимают в зависимости от количества заземлителей (табл. 11.5).

Таблица 11.5 – Значение коэффициента экранирования для контурного заземления (ленты)

| Отношение расстояния между электродами (трубой) к длине электрода, $L/l$ | Число заземлителей (труб) |      |      |      |      |
|--|---------------------------|------|------|------|------|
|  | 4                         | 6    | 10   | 20   | 40   |
| 1  | 2                         | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 1  | 0,45                      | 0,40 | 0,34 | 0,27 | 0,23 |
| 2  | 0,55                      | 0,48 | 0,40 | 0,32 | 0,25 |
| 3  | 0,70                      | 0,64 | 0,56 | 0,45 | 0,40 |

Общее сопротивление растеканию тока заземлителей (труб) и соединительной ленты определяется по формулам:

$$R_з = \frac{1}{\frac{1}{R_{тр}} + \frac{1}{R_{стр}}} \leq R_о, \quad (11.8)$$

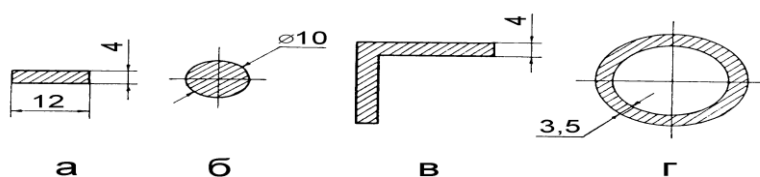
или

$$R_3 = \frac{R_{mp} \cdot R_{cmp}}{\frac{1}{R_{mp}} + \frac{1}{R_{cmp}}} \leq R_0 \quad (11.9)$$

Защитное заземление устанавливают в трехфазных сетях с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В, и выше 1000 В – при любом режиме работы нейтрали. Заземлению подлежат электроустановки напряжением выше 42 В сменного тока в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также во внешних установках. В табл. 11.6 приведены минимальные размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников мм (ПУЭ-86, утверждено приказом Министерством топлива и энергетики Украины от 28 августа 2006 г. № 305).

Таблица 11.6 – Минимальные размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников (мм)

|   |   | Место расположения        |                       |         |     |
|---|---|---------------------------|-----------------------|---------|-----|
|   |   | В зданиях                 | В наружных установках | В земле |     |
| а | Прямоугольные   | сечением, мм <sup>2</sup> | 24                    | 48      | 48  |
|   |   | толщиной, м               | 3                     | 4       | 4   |
| б | Круглые, диаметром, мм  |                           | 5                     | 6       | 10  |
| в | Угловая сталь с толщиной полос, мм                                      |                           | 2                     | 2,5     | 4   |
| г | Стальные водогазопроводные (некондиционные) трубы с толщиной стенок, мм |                           | 2,5                   | 2,5     | 3,5 |



Ручные электрифицированные инструменты, которые работают с напряжением выше 42 В, подключают в сеть через штепсельные розетки, которые, кроме фазных контактов, имеют и заземлительный контакт. Штепсельные соединения выполнены так, чтобы во время включения заземляющий контакт входил в соединение с сетью заземлителя раньше фазных контактов, за счет чего обеспечивается безопасность при обслуживании электрооборудования. Заземляющий контакт длиннее фазного, это исключает ошибочное включение.



### 3. Порядок расчёта

1. Детально анализируется выражение определения сопротивления растеканию тока с одного заземлителя  $R_{тр}$  (трубы, стержня), зависящего от удельного сопротивления грунта, глубины от поверхности земли к верху заземлителя и размеров самого заземлителя (трубы).

2. Определяется удельное электрическое сопротивление грунта с учетом коэффициента сезонности.

3. Определяется сопротивление одного заземлителя с учётом коэффициента экранирования.

4. Определяется количество заземлителей с учетом коэффициентов сезонности и экранирования.

5. Определяется длина ленты, которая соединяет заземлители.

6. Определяется сопротивление растеканию тока в соединит. ленте.

7. Определяется общее сопротивление растеканию тока заземлителей и соединительной ленты.

### 4. Варианты заданий

Выполнить расчёт защитного заземления производственного помещения (цеха) по данным, приведенным в таблице.

Таблица 11.7 – Входные данные

| Вариант задания | Род грунта | Глубина расположения верхнего конца заземлителя, см | Климатическая зона | Длина вертикальных электродов, см | Наружный диаметр электродов, см | Форма заземления | Расстояние между электродами, м | $R_{доп}$ , Ом |
|-----------------|------------|---|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------|
| 1               | 2          | 3   | 4                  | 5                                 | 6                               | 7                | 8                               | 9              |
| 1               | сугл       | 0,6   | I                  | 180                               | 4                               | ряд.             | 2,5                             | 3,5            |
| 2               | песок      | 0,62  | III                | 260                               | 6                               | конт.            | 3                               | 4              |
| 3               | глина      | 0,6   | II                 | 190                               | 4                               | ряд              | 4,5                             | 5,5            |
| 4               | ченок      | 0,65  | I                  | 300                               | 5                               | конт             | 4,5                             | 6              |
| 5               | песок      | 0,52  | I                  | 300                               | 6                               | конт             | 3                               | 7              |
| 6               | глина      | 0,7   | II                 | 250                               | 6                               | ряд              | 5                               | 8              |
| 7               | сугл       | 0,78  | III                | 225                               | 5                               | конт             | 6,5                             | 7              |
| 8               | черн       | 0,50  | II                 | 275                               | 5                               | ряд              | 5                               | 5              |
| 9               | песок      | 0,65  | III                | 280                               | 6                               | конт             | 5,5                             | 4              |
| 10              | глина      | 0,55  | II                 | 250                               | 4                               | ряд              | 4,0                             | 3              |

Продолжение таблицы 11.7

| 1  |       | 2    | 3   | 4   | 5 | 6    | 7   | 8   |
|----|-------|------|-----|-----|---|------|-----|-----|
| 11 | сугл  | 0,7  | I   | 240 | 5 | конт | 2,5 | 3   |
| 12 | черн  | 0,7  | I   | 250 | 5 | ряд  | 4   | 6   |
| 13 | глина | 0,8  | II  | 250 | 4 | конт | 4,5 | 6,5 |
| 1  | 2     | 3    | 4   | 4   | 6 | 7    | 8   | 9   |
| 14 | сугл  | 0,75 | I   | 300 | 6 | ряд  | 6   | 7   |
| 15 | песок | 0,55 | III | 260 | 4 | конт | 3,5 | 8   |
| 16 | черн  | 0,60 | II  | 270 | 6 | ряд  | 3   | 2   |

## 5. Примеры расчёта

### Задача № 1. Расчёт защитного заземления в однослойном грунте

Рассчитать защитное заземление в однослойном грунте. Сопротивление естественного заземлителя составляет  $R_e = 10$  Ом, допустимое сопротивление заземлителя  $R_d = 4$  Ом, удельное сопротивление грунта  $\rho = 87$  Ом·м. Коэффициент сезонности  $\psi = 1,3$ . Глубина залегания электрода  $h = 0,5$  м.

**Решение.** Контур заземления выполняют из стальных стержней, уголков, некондиционных труб и др. В траншее глубиной до 0,7 м вертикально забиваются стержни (трубы, уголки и др.), а выступающие из земли верхние концы соединяются сваркой внахлест стальной полосой или прутком.

Сечение соединительной полосы должно быть (табл. 11.6) не менее 48 мм<sup>2</sup>, толщина – не менее 4 мм;

- Минимальный диаметр прутка - 10 мм;
- Длина стержня должна быть не менее 1,5...2 м, чтобы достичь незамерзающего слоя почвы.

Поэтому в качестве вертикальных электродов принимаем прутки диаметром  $d = 0,02$  м и длиной  $l = 3,5$  м.

Находим допустимое сопротивление искусственного заземлителя:

$$R_{и} = \frac{R_e \cdot R_d}{R_e - R_d} = \frac{10 \cdot 4}{10 - 4} = 6,67 \text{ Ом} \quad (11.10)$$

Находим расстояние от поверхности земли до середины вертикального электрода:

$$t = h + \frac{l_B}{2} = 0,5 + 1,75 = 2,25 \text{ м.} \quad (11.11)$$

Принимаем расстояние между вертикальными электродами  $a = 3,5$  м

Находим сопротивление одиночного вертикального заземлителя

$$R_B = \frac{\rho \cdot \psi}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l_B}{4 \cdot t - l_B} \right), \quad (11.12)$$

$$R_B = \frac{87 \cdot 1,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 3,5}{0,02} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,25 + 3,5}{4 \cdot 2,25 - 3,5} \right) = 31, \text{ Ом}$$

Находим ориентировочное число вертикальных заземлителей:

$$n^{\text{ориент}} = \frac{R}{R_B} = \frac{31}{6,67} = 4,6 \text{ шт.} \quad (11.13)$$

Коэффициент использования вертикальных электродов:

$$\eta_B^{\text{ориент}} = 0,7$$

Находим число вертикальных заземлителей

$$n = \frac{R_B}{R_{\text{и}} \cdot \eta_B} = \frac{31}{6,67 \cdot 0,7} = 6,63 \quad (11.14)$$

Округляем число электродов до 7 и находим коэффициент использования вертикальных электродов

$$\eta_B = 0,73$$

Находим длину горизонтального электрода. При расположении электродов в ряд длина горизонтального электрода:

$$l_r = a \cdot (n - 1) = 3,5 \cdot (7 - 1) = 21 \quad (11.15)$$

Принимаем толщину горизонтального электрода  $b = 0,005$  м.

Находим сопротивление горизонтального электрода:

$$R_r = \frac{\rho \cdot \psi}{2 \cdot \pi \cdot l_r} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_r^2}{b \cdot h} \text{ Ом} \quad (11.16)$$

$$R_r = \frac{87 \cdot 1,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 21} \cdot \ln \frac{2 \cdot 21^2}{0,005 \cdot 0,5} = 11,0$$

Находим коэффициент использования горизонтального электрода:

$$\eta_r = 0,65$$

Находим сопротивление искусственного заземлителя:

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{в}} \cdot R_{\text{г}}}{R_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{г}} + n_{\text{в}} \cdot R_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{в}}} = \frac{31 \cdot 11}{31 \cdot 0,73 + 7 \cdot 11 \cdot 0,65} = 4,69 \text{ Ом} \quad (11.17)$$

Находим общее сопротивление заземлителя:

$$R = \frac{R_{\text{е}} \cdot R_{\text{и}}}{R_{\text{е}} + R_{\text{и}}} = \frac{10 \cdot 4,69}{10 + 4,69} = 3,19 \text{ Ом} \quad (11.18)$$

Поскольку сопротивление заземлителя менее  $R_{\text{д}} = 4 \text{ Ом}$  расчёт выполнен верно.

## Задача № 2. Расчёт контурного заземляющего устройства

Заземлению подлежит оборудование, работающее под напряжением 380/220 В. Грунт – чернозём, с удельным сопротивлением  $\rho_{\text{изм}} = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Заземляющее устройство расположено вдоль периметра здания со сторонами  $A = 10 \text{ м}$  и  $B = 20 \text{ м}$ . В качестве вертикальных электродов предполагается применять уголок с шириной полок  $S = 40 \times 40 \text{ мм}$  и длиной 3 м. В качестве соединительной полосы — стальную шину сечением  $a \times b = 40 \times 4 \text{ мм}$ . Естественным заземлением является арматура железобетонных конструкций с сопротивлением растеканию тока  $R_{\text{е}} = 8,5 \text{ Ом}$ . Расстояние от поверхности грунта до стержня  $h = 0,8 \text{ м}$ .

**Решение.** В соответствии с требованием ПУЭ-86 в электроустановках напряжением до 1000 В сопротивлением заземляющего устройства  $R_{\text{д}} = 4 \text{ Ом}$ .

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi$$

где  $\psi = 1,5$  – коэффициент сезонности для однородной земли

$$\rho_{\text{расч}} = 200 \cdot 1,5 = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Определяем сопротивление искусственного заземления с учетом выполнения условия  $R_{\text{д}} = 4 \text{ Ом}$ :

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{е}} \cdot R_{\text{д}}}{R_{\text{е}} - R_{\text{д}}} = \frac{8,5 \cdot 4}{8,5 - 4} = 7,5 \text{ Ом}$$

Находим расстояние от поверхности земли до середины вертикального электрода:

$$t = h + \frac{l_B}{2} = 0,8 + 1,5 = 2,3 \text{ м}$$

Определяем сопротивление одиночного вертикального заземления по формуле

$$R_B = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \cdot \left( \ln \frac{2,1 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2 \cdot t + l_B}{4,2 \cdot t - l_B} \right)$$

$$R_B = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left( \ln \frac{2,1 \cdot 3}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2 \cdot 2,3 + 3}{4,2 \cdot 2,3 - 3} \right) = 85,6 \text{ Ом}$$

Находим длину горизонтального электрода. При расположении электродов по периметру длина горизонтального электрода:

$$l_{\Gamma} = A + B + A + B = 10 + 20 + 10 + 20 = 60 \text{ м}$$

Определяем сопротивление соединительной полосы по следующей формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\Gamma}^2}{b \cdot h}$$

где  $l_{\Gamma}$  – длина соединительной полосы (шины);

$h = 0,8 \text{ м}$  – расстояние от поверхности грунта до центра стальной шины

$$R_{\Gamma} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 60} \cdot \ln \frac{2 \cdot 60^2}{0,004 \cdot 0,8} = 11,6 \text{ Ом}$$

Ориентировочное число вертикальных заземлителей при контурном групповом заземлителе определяется по формуле:

$$n^{\text{ориент}} = \frac{2 \cdot R_B}{R_{\text{и}}} - \frac{R_B}{2 \cdot R_{\Gamma}}$$

Расстояние между вертикальными стержнями в контурном заземлителе вычисляются по формуле:

$$a = \frac{l_{\Gamma}}{n}$$

Определяем ориентировочное расстояния между вертикальными заземлителями:

$$a_{\text{ориент}} = \frac{2 \cdot R_{\text{и}} \cdot R_{\text{г}} \cdot I_{\text{г}}}{4 \cdot R_{\text{в}} \cdot R_{\text{г}} - R_{\text{и}} \cdot R_{\text{в}}} = \frac{2 \cdot 7,5 \cdot 11,6 \cdot 60}{4 \cdot 85,6 \cdot 11,6 - 7,5 \cdot 85,6} = 3,1 \text{ м}$$

при этом отношение

$$\frac{a_{\text{ориент}}}{l_{\text{в}}} = \frac{3,1}{3} = 1,03$$

Для уменьшения явления экранирования и уменьшения шагового напряжения отношение  $(a_{\text{ориент}}/l_{\text{в}})$  должно быть в пределах от 1 до 3. Примем  $(a_{\text{ориент}}/l_{\text{в}}) = 1$ . После этого разместим заземлители на плане контура заземления, определяем число вертикальных заземлителей.

$$n_{\text{ориент}} = \frac{2R_{\text{в}}}{R_{\text{и}}} - \frac{R_{\text{в}}}{2R_{\text{г}}} = \frac{2 \cdot 85,6}{7,5} - \frac{85,6}{2 \cdot 11,6} = 19,14 \cong 19 \text{ шт.}$$

## 6. Контрольные вопросы

1. Определение защитного заземления
2. В чем заключается сущность защиты с помощью устройства заземлений.
3. Какими бывают конструкции заземления?
4. Виды заземлителей
5. Что такое внутренний и внешний контуры?
6. За счёт каких свойств осуществляется защита выносным защитным заземлением?
7. От чего зависит сопротивление растеканию тока с одного заземлителя.
8. Что такое удельное сопротивление грунта и от чего оно зависит?
9. Из каких элементов состоит заземление?
10. Поясните сущность коэффициентов сезонности и экранирования.

## Расчёт зануления электрической сети

Продолжительность занятий: 2 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», методические указания по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: *ОК-5; ОК-6; ОК-8; ОК-9; ОК-12; ПК-16; ППК-13.*

**1. Цель занятия.** Изучить методы расчёта защитного зануления.

**2. Теоретические положения [45-55].** Занулением называется преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей электроустановок с нулевым, многократно заземленным проводом.

**Занулением** называется электрическое соединение металлических нетоковедущих частей электроустановок с заземленной нейтралью вторичной обмотки трехфазного понижающего трансформатора или генератора, с заземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной средней точкой в сетях постоянного тока.

**Принцип действия зануления основан** на возникновении короткого замыкания при пробое фазы на нетоковедущую часть прибора или устройства, что приводит к срабатыванию системы защиты (автоматического выключателя или перегоранию плавких предохранителей).

**Зануление** — основная мера защиты при косвенном прикосновении в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью. Поскольку нейтраль заземлена, зануление можно рассматривать как специфическую разновидность заземления.

**Нулевым защитным проводником** называется проводник, соединяющий зануляемые части (корпуса, конструкции, кожухи и т.п.) с заземленной нейтралью источника питания (трансформатора, генератора)..

В сетях 380/220 В в соответствии с требованиями ПУЭ применяется заземление нейтралей (нулевых точек) трансформаторов или генераторов.

Рассмотрим вначале сеть 380 В с заземленной нейтралью. Такая сеть изображена на рис. 12.1.

Если человек прикоснется к проводнику этой сети, то под воздействием фазного напряжения образуется цепь поражения, которая замыкается через тело человека, обувь, пол, землю, заземление нейтрали (см. стрелки). Та же цепь образуется, если человек прикоснется к корпусу с поврежденной изоляцией. Однако просто выполнить заземление корпуса электроприемника нельзя.

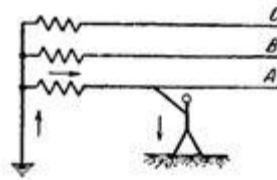


Рис. 12.1 – Прикосновение к проводнику в сети с заземленной нейтралью

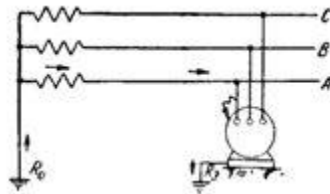


Рис.12. 2 – Заземление электроприемника в сети с заземленной нейтралью

Чтобы это понять, допустим, что такое заземление все же выполнено (рис. 12.2) и на установке произошло замыкание на корпус двигателя. Ток замыкания будет протекать через два заземлителя - электроприемника  $R_3$  и нейтрали  $R_0$  (см. стрелки).

По закону Ома фазное напряжение сети  $U_\phi$  распределится между заземлителями  $R_3$  и  $R_0$  пропорционально их величинам, т. е. чем больше сопротивление заземлителя, тем больше будет падение напряжения в нем.

Если, например, сопротивление  $R_0 = 1$  ом,  $R_3 = 4$  ом и  $U_\phi = 220$  В, то падение напряжения распределится так: на сопротивлении  $R_3$  будем иметь 176 В, а на сопротивлении  $R_0$  будем иметь = 44 В.

Таким образом, между корпусом электродвигателя и землей возникает достаточно опасное напряжение. Человек, прикоснувшийся к корпусу, может быть поражен электрическим током. Если будет иметь место обратное соотношение сопротивлений, т. е.  $R_0$  будет больше, чем  $R_3$ , опасное напряжение может возникнуть между землей и корпусами оборудования, установленного возле трансформатора и имеющими общее заземление с его нейтралью.

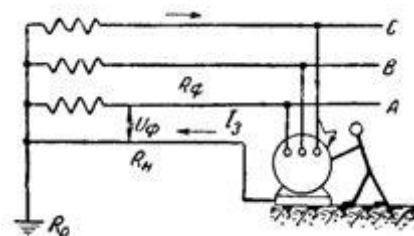


Рис. 12.3 – Зануление электроприемника в сети с заземленной нейтралью

По указанной причине в установках с заземленной нейтралью напряжением 380/220 В применяется система заземления иного вида: все металлические корпуса и конструкции связываются электрически с заземленной нейтралью



трансформатора через нулевой провод сети или специальный зануляющий проводник (рис. 12.3). Благодаря этому любое замыкание на корпус превращается в короткое замыкание, и аварийный участок отключается предохранителем или автоматическим выключателем. Такая система заземления и называется **занулением**.

Таким образом, обеспечение безопасности при занулении достигается путем отключения участка сети, в котором произошло замыкание на корпус.

**Нулевой защитный провод** имеет сечение в два раза меньшее, чем нулевой рабочий провод. Нулевой рабочий провод используется в 4-проводных сетях с несимметричной нагрузкой (например, бытовой).

Зануление осуществляет 2 защитных действия:

1. быстрое автоматическое отключение поврежденного участка,
2. снижение напряжения прикосновения за счет заземления.

Область применения - трехфазные четырехпроводные сети до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, в однофазных двухпроводных сетях переменного тока; в трехпроводных сетях постоянного тока - с глухозаземленной средней точкой.

Для схемы зануления необходимы: нулевой защитный проводник, глухое заземление нейтрали и повторное заземление нулевого защитного провода (рис. 12.4).

Нулевой защитный провод снижает сопротивление цепи короткого замыкания и обеспечивает тем самым достаточно большой ток замыкания для надежного срабатывания максимальной токовой защиты.

Глухое заземление нейтрали обеспечивает малое напряжение прикосновения. Повторное заземление нейтрали обеспечивает малое напряжение прикосновения для удаленных электроприемников.

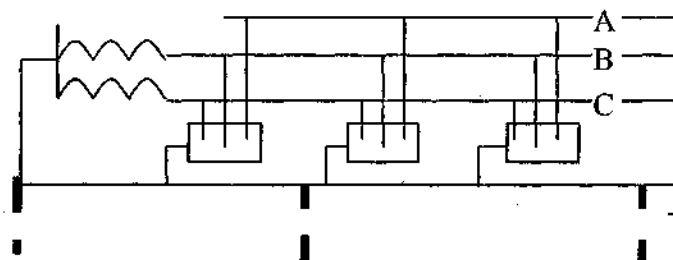


Рис. 12.4 – Защитное зануление

**Расчет зануления** имеет целью определить условия, при которых оно надежно выполняет возложенные на него задачи — быстро отключает поврежденную установку от сети и в то же время обеспечивает безопасность прикосновения человека к зануленному корпусу в аварийный период. В соответствии с этим защитное зануление рассчитывают на отключающую способность, а также на безопасность прикосновения к корпусу при замыкании фазы на землю (расчет заземления нейтрали) и на корпус (расчет повторного заземления нулевого защитного проводника).

**а) Расчет на отключающую способность [79, 115].**

При замыкании фазы на зануленный корпус электроустановка автоматически отключится, если значение тока однофазного короткого замыкания (т. е. между фазным и нулевым защитным проводниками)  $I_k$ , А, удовлетворяет условию

$$I_k \geq k \cdot I_{ном}$$

где  $k$  — коэффициент кратности номинального тока  $I_n$  А, плавкой вставки предохранителя или уставки тока срабатывания автоматического выключателя, А. (Номинальным током плавкой вставки называется ток, значение которого указано (выбито) непосредственно на вставке заводом-изготовителем. При этом токе плавкая вставка может работать сколь угодно долго, не перегорая и не нагреваясь выше установленной заводом-изготовителем температуры)

**Значение коэффициента  $k$**  принимается в зависимости от типа защиты электроустановки. Если защита осуществляется автоматическим выключателем, имеющим только электромагнитный расцепитель (отсечку), т. е. срабатывающим без выдержки времени, то  $k$  принимается в пределах 1,25—1,4.

Если установка защищается плавкими предохранителями, время перегорания которых зависит, как известно, от тока (уменьшается с ростом тока), то в целях ускорения отключения принимают

$$k \geq 3.$$

Если установка защищается автоматическим выключателем с обратной зависимой от тока характеристикой, подобной характеристике предохранителей, то также

$$k \geq 3.$$

Значение  $I_k$  зависит от фазного напряжения сети  $U_{ф}$  и сопротивлений цепи, в том числе от полных сопротивлений трансформатора  $z_t$ , фазного проводника  $z_{ф}$ , нулевого защитного проводника  $z_{нз}$ , внешнего индуктивного сопротивления петли (контура) фазный проводник — нулевой защитный проводник (петли фаза — нуль)  $X_p$ , а также от активных сопротивлений заземлений нейтрали обмоток источника тока (трансформатора)  $r_0$  и повторного заземления нулевого защитного проводника  $r_p$  (рис. 12.5, а).

Поскольку  $r_0$  и  $r_p$ , как правило, велики по сравнению с другими сопротивлениями цепи, можно не принимать во внимание параллельную ветвь, образованную ими. Тогда расчетная схема упростится (рис. 12.5 б), а выражение для тока КЗ  $I_k$ , А, в комплексной форме будет

$$\dot{I}_k = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + \underline{z}_\phi + \underline{z}_{\text{НЗ}} + jX_\Pi} \quad (12.1)$$

или

$$\dot{I}_k = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + \underline{z}_\Pi} \quad (12.2)$$

где  $U_\phi$  — фазное напряжение сети, В;

$Z_T$  — комплекс полного сопротивления обмоток трехфазного источника тока (трансформатора), Ом;

$z_\phi$  — комплекс полного сопротивления фазного провода, Ом;

$z_{\text{НЗ}}$  — комплекс полного сопротивления нулевого защитного проводника, Ом;

$R_\phi$  и  $R_{\text{НЗ}}$  активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

$X_\phi$  и  $X_{\text{НЗ}}$  — внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

— комплекс полного сопротивления петли фаза — нуль, Ом.

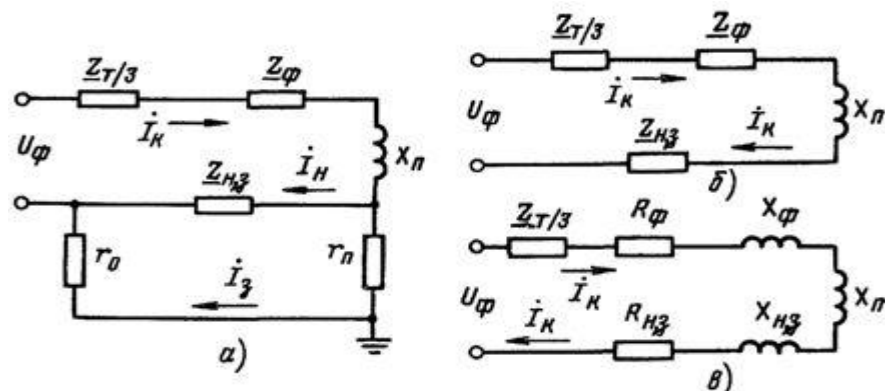


Рис. 12.5.. Расчетная схема зануления в сети переменного тока на отключающую способность: а — полная, б, в — упрощенные

При расчете зануления допустимо применять приближенную формулу для вычисления действительного значения (модуля) тока короткого замыкания  $I_k$ , в которой модули сопротивлений трансформатора и петли фаза — нуль  $Z_T$  и  $z_\Pi$  Ом, складываются арифметически:

$$I_k = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + z_\Pi} \quad (12.3)$$

Некоторая неточность (около 5%) этой формулы ужесточает требования безопасности и поэтому считается допустимой.

**Полное сопротивление петли фаза — нуль** в действительной форме (модуль) равно, Ом

**Расчётная формула имеет следующий вид:**

$$k \cdot I_{\text{ном}} \leq \frac{U_{\phi}}{\frac{z_T}{3} + \sqrt{(R_{\phi} + R_{\text{нз}})^2 + (X_{\phi} + X_{\text{нз}} + X_{\text{п}})^2}} \quad (12.4)$$

Здесь неизвестными являются лишь сопротивления нулевого защитного проводника и , которые могут быть определены соответствующими вычислениями по этой же формуле. Однако, эти вычисления обычно не производятся, поскольку сечение нулевого защитного проводника и его материал принимаются заранее из условия, чтобы полная проводимость нулевого защитного проводника ( $1/r_{\text{нз}}$ ) была не менее 50% полной проводимости фазного провода ( $1/2 \cdot r_{\phi}$ ), т. е.

$$1/r_{\text{нз}} \geq 1/2 \cdot r_{\phi}, \quad (12.5)$$

или

$$r_{\text{нз}} \leq 2 \cdot r_{\phi}, \quad (12.6)$$

Это условие установлено ПУЭ в предположении, что при такой проводимости  $I_k$  будет иметь требуемое значение

$$I_k \geq k \cdot I_{\text{ном}}. \quad (12.7)$$

В качестве нулевых защитных проводников ПУЭ рекомендуют применять неизолированные или изолированные проводники, а также различные металлические конструкции зданий, подкрановые пути, стальные трубы электропроводок, трубопроводы и т. п. Рекомендуется использовать нулевые рабочие провода одновременно и как нулевые защитные. При этом нулевые рабочие провода должны обладать достаточной проводимостью (не менее 50% проводимости фазного провода) и не должны иметь предохранителей и выключателей.

**Таким образом, расчет зануления на отключающую способность является поверочным расчетом правильности выбора проводимости нулевого защитного проводника, а точнее, достаточности проводимости петли фаза — нуль.**

**Значение  $z_T$ , Ом,** зависит от мощности трансформатора, напряжения и схемы соединения его обмоток, а также от конструктивного исполнения

трансформатора. При расчетах зануления значение  $z_T$  берется из таблиц (например, табл. 12.1).

Значения  $R_{\phi}$  и  $R_{H3}$ , Ом, для проводников из цветных металлов (медь, алюминий) определяют по известным данным: сечению  $s$ , мм<sup>2</sup>, длине  $l$  м, и материалу проводников  $\rho$ . При этом искомое сопротивление

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s}, \quad (12.8)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление проводника, равное для меди 0,018, а для алюминия 0,028 Ом<sup>2</sup>/м.

Таблица 12.1 – Приближенные значения расчетных полных сопротивлений  $z_T$ , Ом, обмоток масляных трехфазных трансформаторов

| Мощность трансформатора, кВ А | Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ | z <sub>T</sub> , Ом, при схеме соединения обмоток |                       |
|-------------------------------|---|---|-----------------------|
|                               |   | Y/Y <sub>H</sub>                                  | Д/Y <sub>H</sub> U/ZH |
| 1                             | 2   | 3   | 4                     |
| 25                            | 6-10  | 3,110   | 0,906                 |
| 40                            | 6-10  | 1,949   | 0,562                 |
| 63                            | 6-10  | 1,237   | 0,360                 |
|                               | 20-35   | 1,136   | 0,407                 |
| 100                           | 6-10  | 0,799   | 0,226                 |
|                               | 20-35   | 0,764   | 0,327                 |
| 160                           | 6-10  | 0,487   | 0,141                 |
|                               | 20-35   | 0,478   | 0,203                 |
| 250                           | 6-10  | 0,312   | 0,090                 |
|                               | 20-35   | 0,305   | 0,130                 |
| 400                           | 6-10  | 0,195   | 0,056                 |
|                               | 20-35   | 0,191   | —                     |

Подолжение таблицы 12.1

| 1    | 2     | 3     | 4     |
|------|-------|-------|-------|
| 630  | 6-10  | 0,129 | 0,042 |
|      | 20-35 | 0,121 | —     |
| 1000 | 6-10  | 0,081 | 0,027 |
|      | 20-35 | 0,077 | 0,032 |
| 1600 | 6-10  | 0,054 | 0,017 |
|      | 20-35 | 0,051 | 0,020 |

Примечание. Данные таблицы относятся к трансформаторам с обмотками низшего напряжения 400/230 В. При низшем напряжении 230/127 В значения сопротивлений, приведенные в таблице, необходимо уменьшить в 3 раза.

Если нулевой защитный проводник стальной, то его активное сопротивление определяется с помощью таблиц, например табл. 2, в которой приведены значения сопротивлений 1 км ( $r_{\omega}$ , Ом/км) различных стальных проводников при разной плотности тока частотой 50 Гц.

Для этого необходимо задаться профилем и сечением проводника, а также знать его длину и ожидаемое значение тока КЗ $I_k$ , который будет проходить по этому проводнику в аварийный период. Сечением проводника задаются из расчета, чтобы плотность тока КЗ в нем была в пределах примерно 0,5-2,0 А/мм<sup>2</sup>.

Таблица 12.2 – Активные  $r_{\omega}$  и внутренние индуктивные  $x_{\omega}$  сопротивления стальных проводников при переменном токе (50 Гц), Ом/км

| Размеры или диаметр сечения, мм | Сечение, мм <sup>2</sup> | $r_{\omega}$   | $x_{\omega}$ | $r_{\omega}$ | $x_{\omega}$ | $r_{\omega}$ | $x_{\omega}$ | $r_{\omega}$ | $x_{\omega}$ |
|---------------------------------|--------------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                 |                          | при ожидаемой плотности тока в проводнике, А/мм <sup>2</sup> |              |              |              |              |              |              |              |
|                                 |                          | 0,5  |              | 1,0          |              | 1,5          |              | 2,0          |              |
| Полоса прямоугольного сечения   |                          |  |              |              |              |              |              |              |              |
| 1                               | 2                        | 3  | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           |
| 20 x 4                          | 80                       | 5,24   | 3,14         | 4,20         | 2,52         | 3,48         | 2,09         | 2,97         | 1,78         |
| 30 x 4                          | 120                      | 3,66   | 2,20         | 2,91         | 1,75         | 2,38         | 1,43         | 2,04         | 1,22         |
| 30 x 5                          | 150                      | 3,38   | 2,03         | 2,56         | 1,54         | 2,08         | 1,25         | —            | —            |

Продолжение таблицы 12.2

| 1                          | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 40 x 4                     | 160   | 2,80 | 1,68 | 2,24 | 1,34 | 1,81 | 1,09 | 1,54 | 0,92 |
| 50 x 4                     | 200   | 2,28 | 1,37 | 1,79 | 1,07 | 1,45 | 0,87 | 1,24 | 0,74 |
| 50 x 5                     | 250   | 2,10 | 1,26 | 1,60 | 0,96 | 1,28 | 0,77 | —    | —    |
| 60 x 5                     | 300   | 1,77 | 1,06 | 1,34 | 0,8  | 1,08 | 0,65 | —    | —    |
| Проводник круглого сечения |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5                          | 19,63 | 17,0 | 10,2 | 14,4 | 8,65 | 12,4 | 7,45 | 10,7 | 6,4  |
| 6                          | 28,27 | 13,7 | 8,20 | 11,2 | 6,70 | 9,4  | 5,65 | 8,0  | 4,8  |
| 8                          | 50,27 | 9,60 | 5,75 | 7,5  | 4,50 | 6,4  | 3,84 | 5,3  | 3,2  |
| 10                         | 78,54 | 7,20 | 4,32 | 5,4  | 3,24 | 4,2  | 2,52 | —    | —    |
| 12                         | 113,1 | 5,60 | 3,36 | 4,0  | 2,40 | —    | —    | —    | —    |
| 14                         | 150,9 | 4,55 | 2,73 | 3,2  | 1,92 | —    | —    | —    | —    |
| я                          | 201,1 | 3,72 | 2,23 | 2,7  | 1,60 | —    | —    | —    | —    |

Значения  $X_f$  и  $X_{нз}$  для медных и алюминиевых проводников сравнительно малы (около 0,0156 Ом/км), поэтому ими можно пренебречь. Для стальных проводников внутренние индуктивные сопротивления оказываются достаточно большими, и их определяют с помощью таблиц, например табл. 2. В этом случае также необходимо знать профиль и сечение проводника, его длину и ожидаемое значение тока.

Значение  $X_p$ , Ом, может быть определено по известной из теоретических основ электротехники формуле для индуктивного сопротивления двухпроводной линии с проводами круглого сечения одинакового диаметра  $d$ , м,

$$X_p = \omega \cdot L = \omega \cdot \frac{\mu_r \cdot \mu_0}{\pi} \cdot l \cdot \ln \frac{2 \cdot D}{d}, \quad (12.9)$$

где  $\omega$  — угловая скорость, рад/с;  $L$  — индуктивность линии, Гн;  $\mu_r$  — относительная магнитная проницаемость среды;  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  — магнитная постоянная, Гн/м;  $l$  — длина линии, м;  $D$  — расстояние между проводами линии, м.

Для линии длиной 1 км, проложенной в воздушной среде ( $\mu_r = 1$ ) при частоте тока  $f = 50$  Гц ( $\omega = 314$  рад/с), формула принимает вид, Ом/км,  $f = 60$  Гц ( $\omega = 377$  рад/с)

$$X_{\text{п}} = 314 \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{\pi} \cdot 10^3 \cdot \ln \frac{2 \cdot D}{d} = 0,1256 \cdot \ln \frac{2 \cdot D}{d} . \quad (12.10)$$

Из этого уравнения видно, что внешнее индуктивное сопротивление зависит от расстояния между проводами  $D$  и их диаметра  $d$ . Однако поскольку  $d$  изменяется в незначительных пределах, влияние его также незначительно и, следовательно  $X_{\text{п}}$ , зависит в основном от  $D$  (с увеличением расстояния растет сопротивление). Поэтому в целях уменьшения внешнего индуктивного сопротивления петли фаза — нуль **нулевые защитные проводники необходимо прокладывать совместно с фазными проводниками или в непосредственной близости от них.**

При малых значениях  $D$ , соизмеримых с диаметром проводов  $d$ , т. е. когда фазный и нулевой проводники расположены в непосредственной близости один от другого, сопротивление  $X_{\text{п}}$  незначительно (не более 0,1 Ом/км) и им можно пренебречь.

В практических расчетах обычно принимают  $X_{\text{п}} = 0,6$  Ом/км, что соответствует расстоянию между проводами 70 — 100 см (примерно такие расстояния бывают на воздушных линиях электропередачи от нулевого провода до наиболее удаленного фазного)..

### 3. Порядок расчёта

1. Определяем номинальный ток потребления.
2. Определяем ожидаемое значение тока короткого замыкания
3. Находим активное сопротивление воздушной линии из алюминиевых проводников.
4. Находим активное сопротивление кабельной линии из медных проводников.
5. Находим длину петли «фаза-нуль».
6. Определяем сопротивление петли фаза-нуль.
7. Определяем полное сопротивление петли «фаза-нуль».
8. Определяем ток однофазного короткого замыкания.
9. Проверяем условие токовой защиты.
10. Находим напряжение на корпусе нагрузки.
11. Вычисляем напряжение на корпусе при наличии повторного заземлителя.
12. Выводы.



#### 4. Варианты заданий

**Задача.** Рассчитать зануление автономной электрической сети напряжением  $U, В$ , которая питает потребителей общей мощностью  $P, кВт$ . Воздушная линия длиной  $L_{al}, м$ , которая соединяет питающий трансформатор с общим электрическим щитом выполнена из алюминиевого провода. В помещении проложена кабельная линия из медного провода длиной  $L_{cup}, м$ . Мощность питающего трансформатора  $P_{ТР}$  (соединение обмоток треугольник – звезда).

Таблица 12.3 – Входные данные

| Варианты заданий | Показатели |          |             |              |               |
|------------------|------------|----------|-------------|--------------|---------------|
|                  | $U, В$     | $P, кВт$ | $L_{al}, м$ | $L_{cup}, м$ | $P_{ТР}, кВт$ |
| 1                | 2          | 3        | 4           | 5            | 6             |
| 1                | 380/220    | 25       | 31          | 42           | 21            |
| 2                | 660/380    | 30       | 28          | 40           | 25            |
| 3                | 380/220    | 25       | 34          | 38           | 24            |
| 4                | 380/220    | 25       | 30          | 45           | 28            |
| 5                | 660/380    | 35       | 40          | 48           | 30            |
| 6                | 380/220    | 20       | 32          | 50           | 22            |
| 7                | 380/220    | 20       | 39          | 43           | 23            |
| 8                | 660/380    | 30       | 50          | 44           | 35            |
| 9                | 380/220    | 25       | 40          | 47           | 26            |
| 10               | 380/220    | 20       | 32          | 38           | 24            |
| 11               | 660/380    | 30       | 35          | 47           | 22            |
| 12               | 380/220    | 25       | 37          | 46           | 29            |
| 13               | 380/220    | 20       | 29          | 43           | 27            |
| 14               | 660/380    | 30       | 38          | 40           | 25            |
| 15               | 380/220    | 25       | 33          | 42           | 20            |

#### 5. Пример расчёта

**Задача.** Рассчитать зануление автономной электрической сети напряжением  $V = 380/220 В$ , которая питает потребителей общей мощностью  $W = 21 кВт$ . Воздушная линия длиной  $l_{\phi}^{ал} = 30 м$ , которая соединяет питающий трансформатор с общим электрическим щитом выполнена из алюминиевого провода. В помещении проложена кабельная линия из медного провода длиной  $l_{\phi}^{мед} = 40 м$ . Мощность питающего трансформатора  $P_{ТР} = 160 кВт$  (соединение обмоток треугольник – звезда).

**Решение..** Расчёт зануления складывается из трех частей: расчёт на отключающую способность, определение максимального напряжения на корпусе относительно земли при замыкании токоведущих частей на корпус и расчёт рабочего и повторного заземлений. Предварительно выбирается вид автоматической защиты электроустановки:- плавкие и предохранители или

автоматы, установленные для защиты от токов короткого замыкания, автоматы с комбинированными расцепителями. Выбрать элемент автоматической защиты можно из приложения

Определяем номинальный ток потребления:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{21 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 32,3 \text{ А.} \quad (12.11)$$

С учётом запаса выбираем автоматический выключатель типа АЗ114/1 с током срабатывания теплового размыкателя  $I_3^{\text{тепл}} = 40 \text{ А}$  (защита от перегрузок) и с током срабатывания электромагнитного размыкателя  $I_3^{\text{эм}} = 400 \text{ А}$  (токовая защита для зануления). Время его срабатывания не превышает 0,2 с.

Определяем ожидаемое значение тока короткого замыкания:

$$I_{\text{кз}}^{\text{ож}} \geq K \cdot I_3^{\text{н}} = 1,1 \cdot 400 = 440 \text{ А,} \quad (12.12)$$

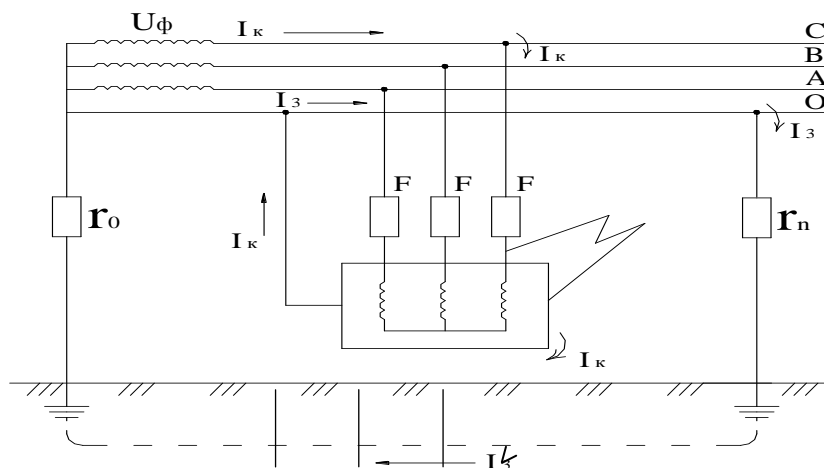


Рис12.6. Схема защитного зануления

где  $K$  – коэффициент кратности тока; для автоматических выключателей  $K = 1,1$ .

Принимаем сечение алюминиевых проводов  $S_{\text{в}} = 10 \text{ мм}^2$ , медных проводов  $S_{\text{в}} = 6 \text{ мм}^2$ .

Находим активное сопротивление воздушной линии из алюминиевых проводников:

$$R_{\text{ф}}^{\text{алюм}} = R_{\text{н}}^{\text{алюм}} = \rho_{\text{алюм}} \cdot \frac{l_{\text{в}}}{S_{\text{в}}} = 0,028 \frac{30}{10} = 0,084 \text{ Ом,} \quad (12.13)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление проводника, которое для меди равно 0,018, а для алюминия 0,028 Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$l$  – длина проводника, м;

$S$  – сечение проводника, мм<sup>2</sup>.

Находим активное сопротивление кабельной линии из медных проводников:

$$R_{\phi}^{\text{мед}} = R_{\text{н}}^{\text{мед}} = \rho_{\text{мед}} \cdot \frac{l_{\text{к}}}{s_{\text{к}}} = 0,018 \frac{40}{6} = 0,12 \text{ Ом.} \quad (12..14)$$

Индуктивные сопротивления медных и алюминиевых проводов  $X_{\text{н}}$  и  $X_{\phi}$  очень малы и ими можно пренебречь. Сопротивление взаимоиндукции зависит от расстояния между проводами  $D$  и их диаметра  $d$ . Обычно при отдельно проложенных нулевых защитных проводах принимают  $X_{\text{фн}} = 6 \cdot 10^{-4} \cdot l$ , при кабельных линиях, значением  $X_{\text{фн}}$  можно пренебречь.

Находим длину петли «фаза-нуль»:

$$\begin{aligned} l_{\text{н}} &= l_{\phi}^{\text{ал}} + l_{\phi}^{\text{мед}} + l_{\text{н}}^{\text{мед}} + l_{\text{н}}^{\text{ал}} = \\ &= 30 + 40 + 40 + 30 = 140 \text{ м} \end{aligned} \quad (12.15)$$

Определяем сопротивление петли фаза-нуль:

$$X_{\text{фн}} = X_{\text{н}} l_{\text{н}}, \quad (12.16)$$

где  $X_{\text{н}}$  – удельное сопротивление петли фаза-нуль;  $X_{\text{н}} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ Ом/м}$ ;

$$X_{\text{фн}} = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 140 = 0,084 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление петли «фаза-нуль»:

$$Z_{\text{н}} = \sqrt{(R_{\phi}^{\text{алюм}} + R_{\text{н}}^{\text{алюм}} + R_{\phi}^{\text{мед}} + R_{\text{н}}^{\text{мед}})^2 + (X_{\text{фн}} + X_{\phi} + X_{\text{н}})^2} \quad (12.17)$$

$$Z_{\text{н}} = \sqrt{(0,084 + 0,084 + 0,12 + 0,12)^2 + (0,084 + 0 + 0)^2} = 0,42 \text{ Ом}$$

При мощности питающего трансформатора  $P_{\text{тр}} = 160 \text{ кВт}$  его сопротивление

$$Z_{\text{тр}} = 0,047 \text{ Ом.}$$

Ток однофазного короткого замыкания будет равен:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{\left(\frac{Z_{\text{тр}}}{3}\right) + Z_{\text{н}}} = \frac{220}{\frac{0,047}{3} + 0,42} = 504,9 \text{ А} \quad (12.18)$$

Проверяем условие токовой защиты:

$$I_{\text{кз}}^{\text{ож}} \leq I_{\text{кз}}$$

$440 \leq 504,9$  – условие выполняется

Находим напряжение на корпусе нагрузки:

$$U_{\text{н}} = I_{\text{кз}} \cdot (R_{\text{н}}^{\text{алюм}} + R_{\text{н}}^{\text{мед}}) = 504,9 \cdot (0,084 + 0,12) = 103 \text{ В}, \quad (12.19)$$

что меньше допускаемого (при времени срабатывания 0,2 с допускаемое напряжение  $U_{\text{доп}} = 160 \text{ В}$ ).

Вычисляем напряжение на корпусе при наличии повторного заземлителя ( $R_{\text{н}} = 6 \text{ Ом}$ ):

$$U_{\text{н}} = I_{\text{кз}} \cdot (R_{\text{н}}^{\text{алюм}} + R_{\text{н}}^{\text{мед}}) \cdot \frac{R_{\text{н}}}{R_0 + R_{\text{н}}} \quad (12.20)$$

$$U_{\text{н}} = 504,9 \cdot (0,084 + 0,12) \cdot \frac{6}{4 + 6} = 62 \text{ В}.$$

что меньше допускаемого (при времени срабатывания 0,2 с допускаемое напряжение  $U_{\text{доп}} = 160 \text{ В}$ ) в 2,5 раза.

**Вывод.** Проведенные расчёты показывают, что зануление автономной электрической сети напряжением 380/220 В, которая питает потребителей общей мощностью 21 кВт выполнено успешно с положительным результатом, обеспечивает эффективную защиту от поражения электрическим током.

## 6. Контрольные вопросы

1. Физический смысл «зануления»
2. Что такое номинальный ток потребления?
3. Поясните понятие «ожидаемое значение тока короткого замыкания».
4. Что такое активное сопротивление воздушной кабельной линии?
5. Что такое петля «фаза-нуль»?
6. Как определяется полное сопротивление петли «фаза-нуль»?
7. Поясните, что такое ток однофазного короткого замыкания.
8. Что такое условие токовой защиты?
9. Преимущества и недостатки «зануления».

## Расчёт уровня обеспечения пожарной безопасности и времени эвакуации людей при пожаре

Продолжительность занятий: 4 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.

Формируемые компетенции: ОК-5; ОК-6; ОК-9; ОК-12; ППК-13.

**1. Цель занятия.** Изучить методы определения уровня пожарной безопасности промышленного предприятия и времени эвакуации людей при пожаре из аварийного объекта

**2. Теоретические положения** [56-62]. Уровень обеспечения безопасности людей при пожарах в помещении промышленного предприятия должен отвечать требованию

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (13.1)$$

где  $Q_B$  – расчётная вероятность воздействия опасного фактора пожара (ОФП) на отдельного человека в год;

$Q_B^H$  – допустимая вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год.

Нормативную вероятность  $Q_B^H$  принимаем равной  $1 \times 10^{-6}$

Вероятность воздействия ОФП ( $Q_B$ ) на отдельного человека в год вычисляют по формуле:

$$Q_B = Q_{п.з} * (1 - P_{э}) * (1 - P_{п.з}), \quad (13.2)$$

где  $Q_{п.з}$  – вероятность пожара в здании в год;

$P_{э}$  – вероятность эвакуации людей;

$P_{п.з}$  – вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты.

Вероятность эвакуации ( $P_{э}$ ) вычисляют по формуле:

$$P_{э} = 1 - (1 - P_{э.п}) * (1 - P_{д.в}), \quad (13.3)$$

где  $P_{э.п}$  – вероятность эвакуации по эвакуационным путям;

$P_{д.в}$  – вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции здания.

Необходимое время срабатывания системы оповещения о пожаре ( $t_{ноб}$ ) находим по приложению ПЗ № 13.7. Необходимое значение времени

начала эвакуации ( $t_{н.э}$ ) равно времени срабатывания системы оповещения о пожаре с учетом её инерционности:

$$t_{н.э} = t_{нб}.$$

Вероятность эвакуации по эвакуационным путям:

$$t_p < t_{нб} \text{ и } t_p > t_{бл} - t_{н.э},$$

поэтому по приложению ПЗ № 13.7 вероятность эвакуации по эвакуационным путям:

$$P_{ЭП} = \frac{t_{бл} - t_p}{t_{н.э}}, \quad (13.4)$$

По приложению ПЗ № 13.7 находим вероятность эвакуации людей по наружным эвакуационным лестницам ( $P_{д.в}$ )

Находим вероятность эвакуации по формуле 13.3.

Вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты  $P_{п.з}$  вычисляют по формуле:

$$P_{п.з} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i), \quad (13.5)$$

где  $n$  – число технических решений противопожарной защиты в здании;

$R_i$  – вероятность эффективного срабатывания  $i$ -го технического решения.

Расчётную вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год  $Q_v$  находим по формуле 13.2.

Проверяем уровень обеспечения безопасности людей при пожаре в помещении промышленного предприятия:

$$Q_v \leq Q_v^H,$$

Условие безопасности должно выполняться.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 планировка зданий и сооружений должны обеспечивать безопасную и быструю эвакуацию людей в случае возникновения пожара. Согласно СНиП 2.01.02-85 эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено. Ширина участков путей должна быть не менее 1 м, а минимальная ширина дверей на путях эвакуации 0,8 м, причем эти двери должны открываться по направлению выхода из здания. Количество эвакуационных выходов из зданий, помещений и с каждого этажа здания должно быть не менее двух. Необходимое время эвакуации из помещений производственных зданий зависит от категории производства, объема помещения и степени огнестойкости зданий. Так, время эвакуации из помещения объемом 40 тыс. м<sup>3</sup> категории **B** составляет 2 мин, а из помещений того же объема категорий **A** и **B** – 1 мин.

Минимальное расстояние между наиболее удаленными один от другого эвакуационными выходами из помещения следует определять по формуле:

$$L \geq 1,5 \cdot \sqrt{P}, \text{ м} \quad (13.6)$$

где  $P$  – периметр помещения, м.

Если по требованию технологии или архитектуры расстояние менее полученного по расчету, то два близлежащих выхода рассматриваются как один выход, а в расчет эвакуации принимается ширина одного выхода (двери).

Из помещения площадью до 300 м<sup>2</sup>, расположенного в подвальном или цокольном этаже, предусматривается один эвакуационных выходов, если число постоянно находящихся в нем людей не превышает 5 человек. При числе людей от 6 до 15 допускается предусматривать второй выход через люк размерами 0,6×0,8 м с вертикальной лестницей или через окно размерами не менее 0,75×1,50 м с приспособлением для выхода. Выходы из подвалов и цокольных этажей следует предусматривать непосредственно наружу, за исключением ряда случаев.

Особое значение имеет движение людей во время возникновения пожаров в здании, аварий или какого-либо стихийного бедствия. В этом случае от своевременной и правильной организации движения людей зависит их жизнь. Так как возникновение пожара возможно в любом помещении, то расчет аварийной эвакуации людей обязателен для любого помещения и в целом здания или сооружения.

Расчет эвакуации - это определение времени выхода всех людей, сформированных в потоки, из здания -  $t$ , мин.

В практике наблюдаются различные варианты формирования потоков при эвакуации. Рассмотрим основные расчетные случаи движения людских потоков.

- движение одного людского потока через границы смежных участков пути: поток выходит из помещения (комнаты), проходит коммуникационные помещения (коридор, лестница, выходная дверь);
- движение нескольких людских потоков одновременно через границы смежных участков пути, при этом потоки движутся в одном направлении, могут догонять друг друга и сливаться, образуя новый поток.

Каждый участок пути имеет свои параметры людского потока и собственно пути. Продолжительность эвакуации складывается из времени прохождения людскими потоками всех участков пути:

$$t = t_1 + t_2 + \dots + t_n, \text{ мин} \quad (13.7)$$

где  $t_1, t_2, t_3, t_n$  - время прохождения людскими потоками участков пути 1, 2, ..., n

Время движения людских  $t_n$  потоков на любом участке пути определяется по формуле:

$$t_n = \frac{L_n}{V_n}, \quad (13.8)$$

где  $L_n$  - длина любого участка пути, м (берется по плану помещения);

$V_n$  - скорость движения людского потока, м/мин. Определяется по нормативной таблице с учетом плотности людского потока.

### 3. Порядок расчёта

1. Усвоить требования к уровню обеспечения безопасности людей при пожарах.
2. Установить в качестве предельного уровня пожарной безопасности показатель нормативной вероятности возникновения пожара.
3. Вычислить вероятность безопасности людей при пожаре в помещении.
4. Рассчитать вероятность эвакуации людей по эвакуационным путям.
5. Рассчитать вероятность эвакуации людей по наружным эвакуационным лестницам.
6. Рассчитать вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты.



7. Находим расчётную вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год.

8. Проверяем уровень обеспечения безопасности людей при пожаре в здании промышленного предприятия.

9. Выводы.

#### 4. Варианты заданий

**Задача.** Определить уровень обеспечения пожарной безопасности промышленного предприятия и времени эвакуации работников в случае пожара из аварийного объекта

. Статистическая вероятность возникновения пожара в аналогичных объектах в год равна  $Q_{п}$ . В здании предполагается устройство вентиляционной системы противодымной защиты с вероятностью эффективного срабатывания  $R_1$  и системы оповещения людей о пожаре с вероятностью эффективного срабатывания  $R_2$ . Время начала эвакуации составляет  $t_{но}$ , мин. Расчётное время выхода людей  $t_p$ . Наружные эвакуационные лестницы присутствуют.

Таблица 13.1 – Входные данные

| Варианты заданий | $Q_{п}$              | $R_1$ | $R_2$ | $t_{но}$ | $t_p$ |
|------------------|----------------------|-------|-------|----------|-------|
| 1                | 2                    | 3     | 4     | 5        | 6     |
| 1                | $4,0 \times 10^{-4}$ | 0,91  | 0,92  | 0,2      | 1,5   |
| 2                | $4,2 \times 10^{-5}$ | 0,93  | 0,93  | 0,3      | 1,7   |
| 3                | $6,5 \times 10^{-6}$ | 0,95  | 0,95  | 0,25     | 1,9   |
| 4                | $7,5 \times 10^{-5}$ | 0,97  | 0,97  | 0,35     | 1,4   |
| 5                | $4,1 \times 10^{-6}$ | 0,99  | 0,98  | 0,37     | 2,3   |
| 6                | $8,5 \times 10^{-6}$ | 0,94  | 0,93  | 0,29     | 2,1   |
| 7                | $9,3 \times 10^{-6}$ | 0,93  | 0,94  | 0,27     | 2,0   |
| 8                | $5,5 \times 10^{-6}$ | 0,91  | 0,96  | 0,45     | 2,2   |
| 9                | $7,1 \times 10^{-5}$ | 0,95  | 0,95  | 0,26     | 1,8   |
| 10               | $7,2 \times 10^{-6}$ | 0,97  | 0,91  | 0,45     | 1,7   |
| 11               | $6,1 \times 10^{-6}$ | 0,96  | 0,93  | 0,37     | 2,4   |
| 12               | $5,9 \times 10^{-6}$ | 0,93  | 0,96  | 0,48     | 2,1   |
| 13               | $6,4 \times 10^{-6}$ | 0,92  | 0,97  | 0,44     | 1,8   |
| 14               | $7,8 \times 10^{-6}$ | 0,94  | 0,98  | 0,37     | 2,2   |
| 15               | $9,1 \times 10^{-6}$ | 0,97  | 0,99  | 0,5      | 2,5   |

#### 5. Пример расчёта

**Задача.** Определить уровень обеспечения пожарной безопасности промышленного предприятия и времени эвакуации работников в случае пожара из аварийного объекта

. Статистическая вероятность возникновения пожара в аналогичных объектах в год равна  $Q_{\text{п}} = 4 \times 10^{-5}$ . В здании предполагается устройство вентиляционной системы противодымной защиты с вероятностью эффективного срабатывания  $R_1=0,95$  и системы оповещения людей о пожаре с вероятностью эффективного срабатывания  $R_2=0,98$ . Время срабатывания системы оповещения о пожаре с учётом её инерционности составляет  $t_{\text{оп}} = 0,3$  мин. Расчётное время выхода людей  $t_{\text{р}} = 1,89$ . Наружные эвакуационные лестницы присутствуют.

**Решение.** Уровень обеспечения безопасности людей при пожарах отвечает требуемому, если:

$$Q_{\text{в}} \leq Q_{\text{в}}^{\text{н}}, \quad (13.9)$$

где  $Q_{\text{в}}$  – расчётная вероятность воздействия опасного фактора пожара (ОФП) на отдельного человека в год;

$Q_{\text{в}}^{\text{н}}$  – допустимая вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год.

Нормативную вероятность  $Q_{\text{в}}^{\text{н}}$  принимаем равной  $1 \times 10^{-6}$

Вероятность  $Q_{\text{в}}$  вычисляют для людей в помещении по формуле:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{п}} * (1 - P_{\text{э}}) * (1 - P_{\text{п.з}}), \quad (13.10)$$

где  $Q_{\text{п}}$  – вероятность пожара в здании в год;

$P_{\text{э}}$  – вероятность эвакуации людей;

$P_{\text{п.з}}$  – вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты.

Вероятность эвакуации ( $P_{\text{э}}$ ) вычисляют по формуле:

$$P_{\text{э}} = 1 - (1 - P_{\text{э.п}}) * (1 - P_{\text{д.в}}), \quad (13.11)$$

где  $P_{\text{э.п}}$  – вероятность эвакуации по эвакуационным путям;

$P_{\text{д.в}}$  – вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции здания.

Необходимое время срабатывания системы оповещения о пожаре ( $t_{\text{нб}}$ ) с учетом её инерционности находим по приложению (табл. ПЗ № 13.6).

Необходимое значение времени начала эвакуации ( $t_{\text{н.э}}$ ) равно времени оповещения о пожаре  $t_{\text{оп}}$ :

$$t_{\text{н.э}} = t_{\text{оп}},$$

$$t_{\text{нб}} = 2 \text{ мин}$$

$$t_{\text{оп}} = 0,3 \text{ мин}$$

Находим вероятность эвакуации по эвакуационным путям. В нашем случае  $t_p < t_{нб}$  ( $1,89 < 2$ ) и  $t_p > t_{бл} - t_{н.э}$  ( $1,89 > 2 - 0,3$ ), поэтому по приложению вероятность эвакуации по эвакуационным путям:

$$P_{ЭП} = \frac{t_{бл} - t_p}{t_{н.э}} = \frac{2 - 1,89}{0,3} = 0,37 \quad (13.12)$$

По формуле 13.3 находим вероятность эвакуации людей по наружным эвакуационным лестницам:

$$P_{Э} = 1 - (1 - P_{ЭП}) * (1 - P_{ДВ}) = 1 - (1 - 0,37) * (1 - 0,03) = 0,39 \quad (13.13)$$

Вероятность эвакуации людей  $P_{д.в}$  по наружным эвакуационным лестницам и другими путями эвакуации  $P_{д.в} = 0,03$ .

Вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты  $P_{п.з}$  вычисляют по формуле:

$$P_{п.з} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i), \quad (13.14)$$

где  $n$  – число технических решений противопожарной защиты в здании;

$R_i$  – вероятность эффективного срабатывания  $i$ -го технического решения.

Подставляем значения в формулу:

$$P_{п.з} = 1 - (1 - 0,95) * (1 - 0,98) = 0,999$$

Находим расчётную вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год  $Q_B$  по формуле 13.10:

$$Q_B = 4 * 10^{-5} * (1 - 0,39) * (1 - 0,999) = 2,44 * 10^{-8}$$

Проверяем уровень обеспечения безопасности людей при пожаре в здании промышленного предприятия:

$$2,44 * 10^{-8} < 10^{-6}$$

Условие безопасности выполняется.

## **6. Контрольные вопросы**

1. Какое требование предъявляется к уровню обеспечения безопасности людей при пожарах?
2. Какой нормативный предельный уровень пожарной безопасности принят в качестве нормативной вероятности возникновения пожара?
3. Как вычислить вероятность безопасности людей при пожаре в помещении?
4. Какие факторы оказывают влияние на вероятность эвакуации людей по эвакуационным путям?
5. Какие факторы оказывают влияние на вероятность эвакуации людей по наружным эвакуационным лестницам?
6. Какие факторы оказывают влияние на вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты?
7. Какие факторы оказывают влияние на вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год?
8. Оценка обеспечения безопасности людей при пожаре в здании промышленного предприятия.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 14**

### **Оказание доврачебной помощи пострадавшим при несчастных случаях на производстве**

Продолжительность занятий: 4 часа

Материально-техническое обеспечение: конспект лекций по «Охране труда», Практикум по проведению практических занятий, калькулятор.  
Формируемые компетенции: *ОК-5; ОК-6; ОК-9; ОК-12; ПК-16; ППК-13.*

**Цель работы.** Ознакомиться с организацией первой помощи, научиться оказывать доврачебную помощь пострадавшим при травмах, поражении электрическим током, отравлениях и утоплениях.

**14.1. Теоретические сведения** [10, 25, 30-32,34, 36, 58, 59, 64-70]. Своевременная квалифицированная медицинская помощь, оказанная при несчастных случаях, ведет к восстановлению функции поврежденных органов, значительному сокращению времени нетрудоспособности, снижению инвалидности, а в тяжелых случаях и предотвращению смертельных исходов. Поэтому предупреждение несчастных случаев и оказание первой помощи пострадавшим играют большую роль в сохранении здоровья и трудоспособности работников.

Одним из важнейших положений оказания первой помощи является ее срочность: чем быстрее она оказана, тем больше надежды на благоприятный

исход. Поэтому такую помощь своевременно может и должен оказать тот, кто находится рядом с пострадавшим. Каждый работник предприятия должен уметь оказать помощь так же квалифицированно, как выполнять свои профессиональные обязанности.

**Оказывающий помощь должен знать:** основные признаки нарушения жизненно важных функций организма человека; общие принципы оказания первой помощи и ее приемы применительно к характеру полученного пострадавшим повреждения; основные способы переноски и эвакуации пострадавших.

**Оказывающий помощь должен уметь:** оценивать состояние пострадавшего и определять, в какой помощи в первую очередь он нуждается; выполнять искусственное дыхание и непрямой массаж сердца; останавливать кровотечение; накладывать повязки при ранениях, ожогах, отморожениях, ушибах; иммобилизовать поврежденную часть тела при переломе костей; использовать подручные средства при переноске, погрузке и транспортировке пострадавших; пользоваться аптечкой первой помощи.

### **Организация само – и взаимопомощи**

Доврачебная помощь пострадавшим включает комплекс мероприятий, направленных на:

- прекращение воздействия повреждающих факторов на человека (электротока, температуры, обрушившихся тяжестей и т. д.) или удаление пострадавшего из неблагоприятной среды (воды, огня, отравляющих веществ и т. п.);

- оказание первой помощи на месте происшествия пострадавшему (остановка кровотечения, наложение повязки, шины, проведение искусственного дыхания, выведение из тяжелого состояния, обморока, теплового удара, замерзания и т. д.);

- скорейшую доставку (транспортировку) пострадавшего в медицинское учреждение.

Обычно несчастный случай происходит в очень неблагоприятных для оказания помощи условиях, когда нет соответствующих медикаментов, инструментов и квалифицированных медицинских работников. Во всех случаях своевременно и правильно оказанная первая медицинская помощь не только спасает пострадавшему жизнь, облегчает страдания, но и предупреждает в дальнейшем развитие осложнений (шока, нагноения раны, сепсиса и др.).

Для организации само- и взаимопомощи на рабочих местах, в тракторных, полевых бригадах, гаражах, мастерских, на животноводческих фермах, строительных участках, складах и других объектах выделяют санитарные посты из 3–5 человек, обученных оказанию первой помощи пострадавшим.

В настоящее время является законом создание санитарных постов и аптек первой помощи, содержание их в полной готовности на случай травмы или внезапного заболевания. Утвержден перечень вложений, входящих в аптечку первой медицинской помощи универсальную;

На санитарных пунктах должны быть носилки для транспортировки пострадавших. Ответственность за укомплектованность аптечки и регистрацию пострадавших несет начальник санитарного поста (чаще всего это инженер по технике безопасности, начальник отделения, бригадир, звеньевой и т. д.). В тетрадь заносятся следующие сведения: дата, ФИО пострадавшего, что повреждено, причина травмы, какая оказана помощь.

Пополнение аптек производится за счет средств предприятий и контролируется медицинскими работниками.

Санитарные посты являются активными помощниками медицинского персонала не только в оказании первой помощи, но и в проведении ряда профилактических мероприятий: наблюдение за санитарно-гигиеническими условиями труда, соблюдение правил техники безопасности, обеспечение работающих спецодеждой, водой, мылом, полотенцем, защитными очками, респираторами, выявление больных и лиц в не трезвом состоянии, проведение санитарно-просветительной работы по профилактике травматизма.

## **14.2. Основные методы и последовательность оказания первой помощи пострадавшему.**

### **14.2.1. Способы оживления организма при клинической смерти**

Реанимация, или оживление – восстановление важнейших функций организма, прежде всего дыхания и кровообращения. Реанимацию проводят тогда, когда отсутствуют дыхание и сердечная деятельность или они угнетены настолько, что не обеспечивают минимальных потребностей организма.

Реанимация основана на том, что смерть не наступает сразу, ей всегда предшествует терминальное состояние, в котором различают предагонию, агонию и клиническую смерть.

**Преагония** характеризуется резким угнетением или отсутствием сознания, бледностью или синюшностью кожных покровов. Артериальное давление снижается до нуля. Пульс на периферических артериях отсутствует, дыхание учащено, сокращения сердца редкие.

**Агония** – предшественник смерти. Она характеризуется последними проявлениями жизнедеятельности организма. Во время агонии сознание отсутствует, артериальное давление и пульс не определяются, дыхание становится поверхностным и замедленным и, наконец, совсем прекращается. Температура тела снижается на 1–2 °С, исчезает реакция зрачков на свет, возникают судороги, непроизвольное мочеиспускание и дефекация (паралич сфинктеров). Продолжительность этого периода различна – от нескольких минут до нескольких часов.

После агонии наступает *клиническая смерть*, при которой отсутствуют основные признаки жизни – дыхание и сердцебиение. Она длится 3–5 мин, Это время необходимо использовать для реанимации.

По истечении 8–10 минут в коре головного мозга наступают необратимые изменения и в дальнейшем развивается биологическая, смерть – в этой фазе спасти пострадавшему жизнь уже невозможно.

При обнаружении признаков жизни необходимо немедленно приступить к оказанию первой помощи.

#### **14.2.2. Признаки жизни пострадавшего:**

- наличие сердцебиения и пульса на крупных артериях (сонной, бедренной, лучевой);

- наличие самостоятельного дыхания (устанавливается по движению грудной клетки, по увлажнению зеркала, приложенного ко рту и носу пострадавшего);

- сужение зрачков глаз при освещении разными источниками света (можно открытый глаз пострадавшего закрыть ладонью, а затем быстро отвести её в сторону);

- сохранена произвольная реакция на боль;

- сохранен роговичный рефлекс – произвольное мигание при дотрагивании до роговицы глаза;

Однако следует помнить, что отсутствие сердцебиения, пульса, дыхания и реакции зрачков на свет еще не означает, что пострадавший мертв. При установлении жив ли пострадавший или уже мертв, исходят из так называемых сомнительных и явных трупных признаков.

**Сомнительные признаки смерти:** пострадавший не дышит, биение сердца не определяется, отсутствует реакция на укол иглой, реакция зрачков на сильный свет отрицательная. До тех пор, пока нет полной уверенности в смерти пострадавшего, ему необходимо оказывать помощь в полном объеме.

**Явные трупные признаки:** одним из первых глазных признаков является помутнение роговицы и ее высыхание. При сдавливании глаза с боков пальцами зрачок суживается и напоминает кошачий глаз.

Трупное окоченение начинается через 2–4 часа после смерти. Охлаждение тела происходит постепенно; появляются трупные синеватые пятна. При положении трупа на спине они появляются в области лопаток, поясницы, ягодиц, а при положении на животе – на лице, шее, груди, животе.

В первую очередь необходимо убедиться в наличии пульса на сонной артерии и дыхания.

Если пульс есть, а дыхание отсутствует, немедленно приступают к проведению искусственной вентиляции легких.

**14.2.3. Сердечно-легочная реанимация.** Мероприятия сердечно-легочной реанимации проводят в следующем порядке:

- восстановление проходимости дыхательных путей;
- искусственная вентиляция легких;
- искусственное кровообращение путем непрямого массажа сердца

**Реанимация, начатая в первые три минуты после остановки кровообращения, дает положительные результаты в 15–18 раз чаще, чем в последующие 1–2 минуты.**

**14.2.4. Восстановление проходимости дыхательных путей.** Остановка дыхания у пострадавшего в бессознательном состоянии обычно бывает вызвана закупоркой дыхательных путей корнем языка (особенно при наклоне головы вперед) или инородными телами (пыль, рвотные массы, кровь и др.).

Первоначально обеспечивают восстановление проходимости дыхательных путей. Для этого пострадавшего укладывают на спину и оказывающий помощь подкладывает руку под шею, а ладонью другой руки, помещенной на лоб больного, запрокидывает его голову назад (рисунок 2). В результате корень языка отодвигается от задней стенки гортани и восстанавливается проходимость дыхательных путей.



Рисунок 14.1 – Очистка рта перед осуществлением искусственного дыхания способом «рот в рот»

При подозрении на повреждение шейного отдела позвоночника запрокидывание головы недопустимо. Ей придают среднее положение между разгибанием и сгибанием, выдвигают вперед нижнюю челюсть.



Рисунок 14.2 – Восстановление проходимости дыхательных путей

Проверяют и очищают ротовую полость от инородных тел (куски пищи, песок, мокроты и др.). Для этого используют бинт, салфетку, носовой платок, намотанные на указательный палец. Все делают быстро, но осторожно, чтобы не нанести дополнительных травм.



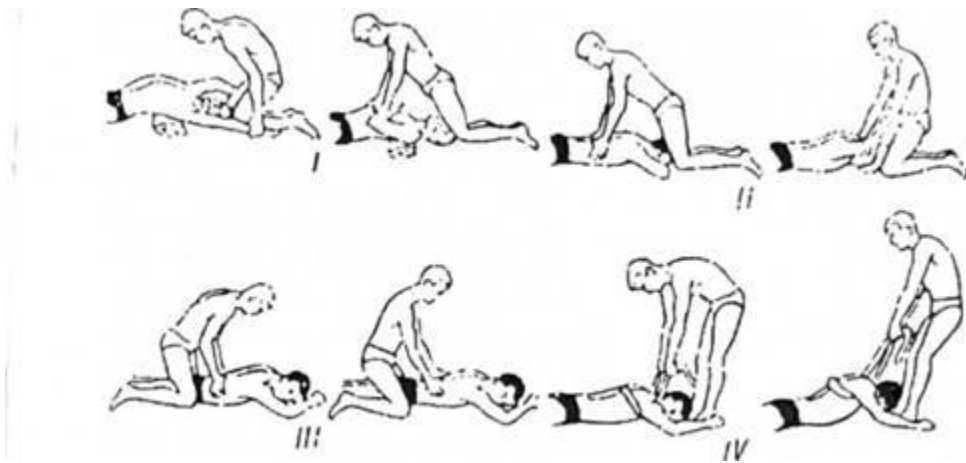


Рисунок 14.3 – Способы проведения искусственного дыхания

Открыть рот при спазме жевательных мышц можно шпателем, черепком ложки, после чего между челюстями вставляют в виде распорки свернутый бинт.

**14.2.5. Искусственная вентиляция легких** проводится в тех случаях, когда пострадавший не дышит или дышит редко, судорожно, как бы со всхлипыванием, а также, если его дыхание постоянно ухудшается.

Если дыхательные пути свободны, но дыхание отсутствует, приступают к искусственной вентиляции легких методом «рот в рот» или «рот в нос». Для этого, удерживая запрокинутой голову пострадавшего и сделав глубокий вдох, вдувают ему выдыхаемый воздух в рот. Нос пострадавшего зажимают пальцами для предотвращения выхода воздуха во внешнюю среду (рисунок 3). Критерий эффективности – увеличение объема грудной клетки пострадавшего. После того как грудная клетка расширилась, оказывающий помощь освобождает рот больного, поворачивает его голову в сторону и у пострадавшего происходит пассивный выдох.

Если у пострадавшего хорошо определяется пульс и необходимо только искусственное дыхание, то интервалы между отдельными дыхательными циклами должны составлять 5 с (1 дыхательный цикл на 5 счетов), не чаще 10–12 циклов в 1 мин.

Искусственная вентиляция легких методом «рот в нос» проводится при невозможности использования метода «рот в рот» (если челюсти пострадавшего плотно сжаты и открыть рот не удастся, при челюстно-лицевых травмах). Реаниматор одной рукой, находящейся на лбу пострадавшего, запрокидывает его голову назад, а другой рукой поднимает нижнюю челюсть вверх, закрывая рот.

При отсутствии самостоятельного дыхания и наличии пульса искусственную вентиляцию легких можно выполнять и в положении сидя или вертикальном, если несчастный случай произошел, например, в люльке, на опоре и т.д.

Следует помнить, что при нарушении проходимости дыхательных путей или слишком энергичном вдувании воздуха значительное количество его может попадать в желудок, что проявляется вздутием верхней части живота. Это может привести к рвоте и попаданию содержимое желудка в легкие. При этом необходимо немедленно повернуть голову и плечи пострадавшего на бок и очистить полость рта и глотки.

Прекращают искусственное дыхание после восстановления у пострадавшего достаточно глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания.

В случае отсутствия не только дыхания, но и пульса на сонной артерии делают подряд два искусственных вдоха и приступают к непрямому массажу сердца.

**Прекардиальный удар.** Для восстановления работы сердца во многих случаях может быть достаточным проведение прекардиального удара.

Для этого кулаком наносят удар в точку, расположенную на нижней средней трети грудины, на 2–3 см выше мечевидного отростка, которым заканчивается грудная кость. Делают это коротким резким движением. Затем повторно проверяют наличие пульса на сонной артерии и при его отсутствии приступают к проведению наружного массажа сердца и искусственной вентиляции легких.

***Правильно и вовремя нанесенный прекардиальный удар может в считанные секунды вернуть человека к жизни!***

**14.2.6. Непрямой массаж сердца.** Простейшим методом восстановления и поддержания кровообращения является непрямой массаж сердца. Сущность его заключается в том, что при сдавливании сердца между позвоночником и грудиной кровь выталкивается в крупные артерии большого и малого круга кровообращения. После прекращения давления на грудину сердце вновь заполняется венозной кровью.

Пострадавшего укладывают на жесткую ровную поверхность (земля, пол, стол) на спину. Оказывающий помощь помещает обе свои ладони на нижнюю треть грудины (на 2 пальца выше мечевидного отростка) и энергичными толчками надавливает на грудную стенку, используя при этом и массу собственного тела (рисунок 4). Грудная клетка, смещаясь к позвоночнику на 3–5 см, сжимает сердце и выталкивает кровь из его камер по естественному руслу. После каждого надавливания на грудину реаниматор быстро поднимает руки. Массаж сердца осуществляют с частотой 50–70 надавливаний в минуту. Для быстрого возврата крови к сердцу необходимо приподнять ноги пострадавшего.

Для определения появления самостоятельного пульса или изменения положения тела пострадавшего массаж сердца нельзя прекращать более чем на 5 с. Об эффективности непрямого массажа сердца можно судить уже через 1–2 минуты. Признаки эффективности непрямого массажа сердца – покраснение кожи лица и сужение зрачков.

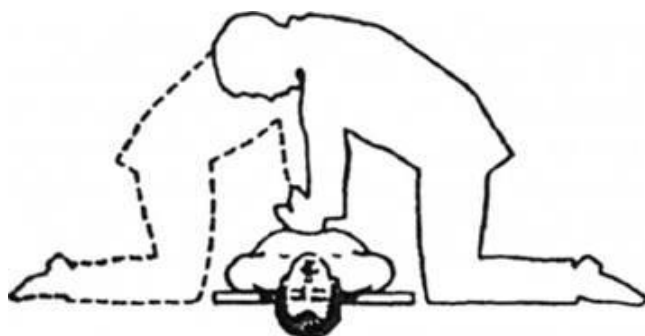


Рисунок 14.4 – Непрямой массаж сердца

При появлении этих признаков, но при отсутствии пульса на сонной артерии не прямой массаж сердца можно продолжать бесконечно долго. Проводить не прямой массаж сердца даже при отсутствии признаков его эффективности следует не менее 20–30 минут.

Для проведения непрямого массажа сердца необходимо строго соблюдать следующие семь правил.



Рисунок 14.5 – Положение рук при проведении непрямого массажа сердца

Правило первое. Надавливать на грудину можно только в строго определенном месте: на 2–3 сантиметра выше мечевидного отростка (в точке прекардиального удара).

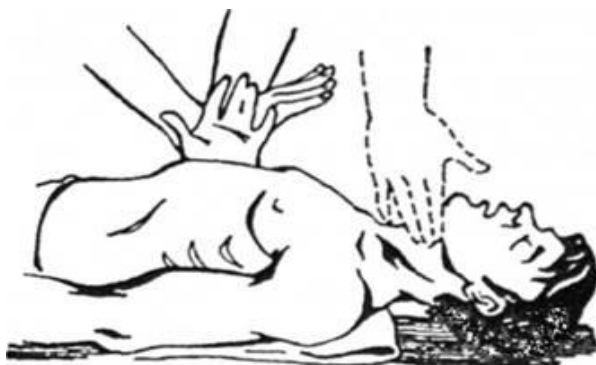


Рисунок 14.6 – Правильное положение рук при проведении непрямого массажа сердца и определении пульса

Правило второе. Ладонь следует расположить по средней линии грудины так, чтобы большой палец был направлен либо на подбородок, либо на живот пострадавшего.

Правило третье. Давить на грудину нужно только прямыми руками. Это позволит сохранить силы на длительное время.

Правило четвертое. Чтобы как можно дольше сохранить силы, используют не столько силу рук, сколько усилия всего плечевого пояса, спины и верхней половины туловища, а для этого необходимо переместить центр тяжести на руки.

Правило пятое. Рассчитывать на эффективность непрямого массажа сердца можно лишь тогда, когда при каждом толчкообразном надавливании грудная клетка прогибается на 3–4 сантиметра. Частота надавливаний не чаще одного раза в секунду.

Правило шестое. Ладонь не должна расставаться с грудиной пострадавшего. Если не дожидаться, пока грудина вернется в исходное положение и оторвать от нее руки, то следующий толчок превратится в чудовищный удар.

Правило седьмое. Каждое следующее движение следует начинать только после того, как грудная клетка вернется в исходное положение. Если проигнорировать это правило, то буквально в первые же минуты массажа сердца у пострадавшего будет сломано несколько ребер (определяется по характерному хрусту во время сдавливания грудины), что является серьезным осложнением. Однако и в этом случае массаж сердца необходимо продолжать, обратив особое внимание на технику его выполнения.

**14.2.7. Сочетание непрямого массажа сердца с искусственной вентиляцией легких.** Следует помнить, что массаж сердца может быть эффективным только при насыщении крови кислородом. Поэтому его проводят одновременно с искусственной вентиляцией легких.



Рисунок 14.7 – Проведение непрямого массажа сердца и искусственного дыхания 2-мя лицами

После определения состояния пострадавшего, восстановления проходимости дыхательных путей, раздувания легких, проверки пульсации на

сонной артерии он производит поочередно 15 надавливаний на нижнюю половину грудины, 2 быстрых вдувания воздуха в легкие, затем снова 15 массажных толчков и 2 вдувания и т.д. Таким образом за минуту необходимо выполнить 60 надавливаний на грудину и 8 вдувания воздуха в легкие. Паузы между массажем и вентиляцией должны быть минимальными. Совершенно недопустимо одновременное сжатие грудной клетки и вдувание в нее воздуха.

Для установления необходимого ритма массажа можно вслух считать трехзначные числа. Произнесение каждой из цифр – «125, 126...» занимает 1 с. В промежутке между массажными толчками после каждого пятого надавливания реаниматор, проводящий вентиляцию, делает быстрое вдувание воздуха.



Рисунок 14.8 – Установление ритма массажа

Эффективность массажа сердца контролирует реаниматор, проводящий искусственную вентиляцию легких. Во время массажных толчков он определяет пульс на сонных артериях и периодически проверяет реакцию зрачков на свет. Оказывающие помощь могут меняться местами.

#### **14.2.8. Первая помощь при травмах.**

Травма – нарушение жизненных процессов и функций организма, вызванное местными физическими или химическими агентами или психологическими факторами и сопровождающееся изменениями анатомических структур тканей или органов человека.

Травмы бывают без нарушения целостности кожи и слизистых оболочек (ушибы, растяжения, вывихи, закрытые переломы, сотрясение головного мозга и т. п.) и с нарушением целостности кожи и слизистых оболочек (раны, открытые переломы, ожоги, и др.).

Первая помощь при травмах, оказываемая пострадавшему заключается в наложении жгута при кровотечениях; стерильной повязки – при ранении, ожоге; транспортной шины – при переломах, обширных ушибах и ранениях конечностей и отправке пострадавшего в медицинское учреждение.

#### **Приемы и способы остановки кровотечений.**

Рана – это повреждение с нарушением целостности кожи или слизистых оболочек. Тяжесть ранения зависит от места и глубины повреждения. В за-

висимости от ранящего орудия различают раны рваные, рубленые, колотые, ушибленные, огнестрельные и раны от укусов животных.

Основная опасность при ранениях – это кровотечение и нагноение раны.

Среди наружных кровотечений чаще всего наблюдаются:

– капиллярное – при поверхностных ранах, при этом кровь из раны вытекает по каплям;

– венозное – при более глубоких ранах, например, резаных, колотых, происходит обильное вытекание крови темно-красного цвета;

– артериальное – при глубоких рубленых, колотых ранах; артериальная кровь ярко-красного цвета бьет струей из поврежденных артерий, в которых она находится под большим давлением;

– смешанное – в тех случаях, когда в ране кровоточат одновременно вены и артерии; чаще всего такое кровотечение наблюдается при глубоких ранах.

При повреждении крупных сосудов (артерий, вен) кровотечение бывает сильное, а иногда и смертельное.

***При сильном артериальном кровотечении из поврежденных конечностей для его остановки отведено всего 30 секунд, чтобы не допустить несовместимой с жизнью кровопотери.***

**Пальцевое прижатие артерий** применяется при сильном кровотечении, чтобы уменьшить потерю крови. Прижимают артерию пальцами в тех местах, где прощупывается ее пульсация, но выше раны.

Кровотечение из ран останавливают:

– на нижней части лица – прижатием челюстной артерии к краю нижней челюсти;

– на виске и лбу – прижатием височной артерии впереди козелка уха;

– на голове и шее – прижатием сонной артерии к шейным позвонкам;

– на подмышечной впадине и плече (вблизи плечевого сустава) – прижатием подключичной артерии к кости в подключичной ямке;

– на предплечье – прижатием плечевой артерии посередине плеча с внутренней стороны;

– на кисти и пальцах рук – прижатием двух артерий (лучевой и локтевой) к нижней трети предплечья у кисти;

– на голени – прижатием подколенной артерии;

– на бедре – прижатием бедренной артерии к костям таза;

– на стопе – прижатием артерии, идущей по тыльной части стопы.

Длительная остановка кровотечения пальцевым прижатием артерии физически невозможна (не более 15–20 мин). Этот способ удобен в экстренных случаях, рассчитанных на сравнительно длительное время (до 2 часов).

**Остановка кровотечения из конечности сгибанием ее в суставах** применяется при ранении конечностей, особенно в области сгибаемых поверхностей суставов, в срочном порядке, до наложения жгута.

Плечевую артерию удастся пережать при максимальном сгибании ее в локтевом суставе. На область сгиба кладут тугой валик из ваты и марли, сгибают конечность и фиксируют бинтом или ремнем.

Подколенную артерию можно пережать при фиксировании ноги с максимальным сгибанием ее в коленном суставе.

Бедренная артерия может быть прижата максимальным приведением бедра к животу.

При ранении подключичной артерии руки максимально отводятся назад и фиксируются между собой на уровне локтевых суставов.

Этот способ остановки кровотечения не применим при переломе костей поврежденной конечности.

Более надежным способом остановки артериального кровотечения на конечностях является **наложение жгута или закрутки**. Жгут – это резиновая полоска, к концам которой прикреплены цепочка и крючок для закрепления жгута. Жгут накладывается выше раны. Место наложения кровоостанавливающего жгута должно быть покрыто бинтом или одеждой пострадавшего во избежание ущемления кожи.

Правильность наложения жгута проверяют по пульсу. Если его биение прощупывается, то жгут наложен неправильно, его нужно снять и наложить снова.

Наложение жгута более чем на два часа может привести к омертвлению обескровленной конечности. Поэтому жгут накладывается только при сильном кровотечении, когда другие способы остановки неэффективны, и не более чем на 1,5–2 часа.

Если по каким-либо причинам доставить пострадавшего в больницу в течение двух часов не удастся, то необходимо на 10–15 минут жгут снять (кровотечение предупредить прижатием артерии пальцем выше раны) и наложить вновь несколько выше или ниже того места, где он ранее был наложен. Иногда необходимо это проделать несколько раз (зимой через каждые полчаса, летом через час).

**Давящую повязку** применяют при слабом кровотечении (венозном, капиллярном) и артериальном, если рана расположена на туловище. Для этого на рану накладывают несколько слоев марли, поверх нее слой ваты и забинтовать с небольшим нажимом, чтобы не нарушать кровообращения поврежденной конечности. При бинтовании руки или ноги витки бинта должны идти снизу вверх – от пальцев к туловищу;

Бинтовать следует двумя руками, осуществляя попеременно то одной то другой рукой вращение головки бинта вокруг бинтуемой части тела слева направо, закрывая 1/2 или 2/3 ширины предыдущего тура бинта. Завязываются концы бинта на здоровой части тела.

**При кровотечении из носа** пострадавшего следует усадить, придать ему положение, при котором меньше возможности для поступления крови в носоглотку. Положить на область носа и переносицы пузырь со льдом, завернутый в платок комочек снега, смоченный холодной водой платок, бинт,

комочек ваты и др. Ввести в нос полосу бинта или марли, смоченной 3%-м раствором перекиси водорода.

**Кровотечение в грудную полость.** Вследствие кровопотери и выключения легкого из акта дыхания состояние пострадавшего быстро ухудшается: резко ухудшается и затрудняется дыхание, кожные покровы становятся бледными, с синюшным оттенком. Помощь заключается в придании больному полусидячего положения. К грудной клетке прикладывается пузырь со льдом.

**Кровотечение в брюшную полость.** При значительном кровотечении возможна потеря сознания. Больного следует уложить, на живот положить пузырь со льдом, запрещается прием пищи и воды.

**Острое малокровие.** Развивается при значительной потере крови. Одномоментная потеря крови (2–2,5 л) является смертельной. Потеря 1–1,5 л крови очень опасна и проявляется развитием тяжелой картины острого малокровия, выражающегося нарушением кровообращения и развитием кислородного голодания. Пострадавший заторможен, иногда, наоборот, возбужден, дыхание частое, пульс слабого наполнения или совсем не определяется, артериальное давление низкое, исчезает пульс, не определяются давление, появляются судороги, непроизвольное отделение кала и мочи. Если экстренно не принять соответствующих мер, наступает смерть.

Пострадавшего следует уложить на ровную поверхность для предупреждения обескровливания головного мозга. При значительной кровопотере, вызвавшей обморок, шок, пострадавшего укладывают в положение, при котором голова находится ниже туловища.

#### **Правила наложения повязок при ранениях.**

Микробы, попадающие в рану вместе с ранящим предметом, землей, с одежды, из воздуха и при прикосновении руками, могут вызвать гнойное воспаление, столбняк, газовую гангрену. Поэтому после остановки кровотечения необходимо обработать края раны настойкой йода или спиртом и наложить стерильную повязку.

Повязка состоит из двух частей: стерильной салфетки или ватно-марлевой подушечки, которыми непосредственно закрывают рану, и материала, как правило, бинта, которым их закрепляют. В качестве подручных средств используют различные ткани, лучше хлопчатобумажные или льняные.

При оказании первой помощи при ранении нельзя:

– промывать рану под водой или даже каким-либо лекарственным веществом, засыпать порошком и смазывать мазями, так как это препятствует ее заживлению, способствует занесению в нее грязи с поверхности кожи и вызывает нагноение;

– убирать из раны песок, землю, камешки и т.п., так как удалить таким образом все, что загрязняет рану, невозможно. Нужно осторожно снять грязь вокруг раны, очищая кожу от ее краев наружу, чтобы не загрязнять



рану; очищенный участок вокруг раны нужно смазать настойкой йода перед наложением повязки;

– удалять из раны сгустки крови, инородные тела, так как это может вызвать сильное кровотечение.

При оказании доврачебной помощи используют различные виды повязок с учетом места ранения.

#### **Бинтовые повязки головы и шеи.**

*Повязки на теменную и затылочную область в виде «уздечки».* После 2–3 закрепляющих ходов вокруг головы бинт ведут через затылок на шею и подбородок. Далее делают несколько вертикальных ходов через подбородок и темя, после чего бинт ведут на затылок и закрепляют его круговыми ходами. На затылок можно также накладывать восьмиобразную повязку.

*Повязки в виде «чепца»* накладывают на волосистую часть головы. Отрезают бинт длиной 0,5 м, кладут его на темя и концы спускают вниз впереди ушных раковин. Делают 2–3 фиксирующих хода вокруг головы. Далее, натягивая вниз и несколько в стороны концы завязок, оборачивают бинт вокруг них справа и слева попеременно и ведут его через затылочную, лобную и теменную части головы. Концы завязок закрепляют узлом под подбородком.

*Повязку на глаз* начинают с закрепляющих ходов против часовой стрелки вокруг головы, далее через затылок бинт ведут под правым ухом на правый глаз. Затем ходы чередуют: один – через глаз, другой – вокруг головы. При наложении повязки на левый глаз закрепляющие ходы вокруг головы делают по часовой стрелке, далее – через затылок под левое ухо и на левый глаз. При наложении повязки на оба глаза после закрепляющих ходов чередуют ходы через затылок на правый глаз, а затем на левый.

*Працевидная повязка на нос, губы, подбородок, лицо* ). На рану накладывают стерильную салфетку, затем неразрезанную часть повязки, концы которой перекрещивают и завязывают сзади.

#### **Бинтовые повязки грудной клетки и живота.**

*Спиральная повязка на грудь* начинается с 2–3 круговых ходов, а затем ходы бинта идут спирально, прикрывая каждый предыдущий ход на две трети (рисунок 14, а). Спиральную повязку в различных сочетаниях применяют при ранениях груди, живота, конечностей, пальцев, кисти. При наложении спиральной повязки на грудь разматывают конец бинта длиной около 1 м, который кладут на левое предплечье и оставляют висеть косо на правой стороне груди. Бинтом, начиная снизу со спины, спиральными ходами справа налево бинтуют грудную клетку, далее ходом из левой подмышечной впадины бинт связывают со свободным концом через правое плечо.

Разновидностью спиральной повязки является *колосовидная повязка*. Она представляет собой спиральную повязку с перегибами. Ее накладывают на бедро, на большой палец.

*Крестообразная, или восьмиобразная, повязка* удобна при бинтовании суставов, затылка, шеи, кисти, груди. При проникающих ранениях груди

может развиваться пневмоторакс, поэтому нужно как можно раньше прекратить доступ воздуха в плевральную полость. Для этого накладывают ватно-марлевую подушечку из перевязочного пакета, салфетки или несколько слоев чистой ткани в виде небольших квадратов. Поверх них накладывают непроницаемый для воздуха материал: клеенку, полиэтиленовый пакет, лейкопластырь. Края воздухонепроницаемого материала должны выходить за края ватно-марлевой подушечки или салфеток, накрывающих рану. Герметизирующий материал укрепляют бинтовой повязкой.

#### **Бинтовые повязки верхних и нижних конечностей.**

При перевязке конечностей следует придерживаться правила – первые ходы должны быть наложены на нижнюю часть конечности; в дальнейшем забинтовывание ведется по направлению вверх. Такой способ перевязки позволяет избежать накопления венозной крови в свободных, незабинтованных отделах конечностей.

На плечо, предплечье, бедро и голень накладываются спиралевидные или же более прочные колосовидные повязки.

Области локтевого и коленного суставов забинтовываются восьмерками, причем бинтовые ходы должны перекрещиваться в суставных ямках, а именно на локте - в локтевой ямке, на колене – в коленной ямке. На пальцы накладываются так называемые *«наперстковидные»* повязки. Их начинают путем наложения сложенного в несколько раз тела бинта на палец; затем повязку укрепляют на пальце при помощи дальнейших ходов. Палец можно перевязать также по способу нормальной спиралевидной повязки, используя узкий бинт. При перевязке всех пальцев руки накладывают так называемую *«перчатку»*. *Пластырные повязки* удобно и быстро использовать при небольших ранах, ссадинах. Стерильную салфетку накладывают на рану и закрепляют ее полосками лейкопластыря.

#### **Доврачебная помощь при переломах.**

*Переломом* называется частичное или полное нарушение целостности кости в результате ее удара, сжатия, сдавленности, перегиба. После полного перелома отломки кости смещаются. При неполном переломе кость повреждается частично – образуются надлом, трещина. Переломы бывают *закрытые* (без повреждения кожи), *открытые* (с нарушением целостности кожи) и *осложненные* (кровотечением, разможением окружающих тканей).

При переломах, оказывая доврачебную помощь, ни в коем случае не следует пытаться сопоставить отломки кости – устранить искривление конечности при закрытом переломе или вправить вышедшую наружу кость при открытом. При переломах и повреждениях суставов в оказании доврачебной помощи главное – надежная и своевременная иммобилизация поврежденной части тела.

Временная иммобилизация при переломах костей проводится обычно с помощью различного рода шин из различных материалов: дерева, пластмассы, металла, резины. Шины должны обязательно обеспечивать неподвиж-

ность двух прилегающих к месту перелома суставов. При отсутствии стандартных можно использовать подручные средства: доски, палки, фанеру, картон и т. д.

**При переломе костей предплечья** руку в локтевом суставе сгибают под прямым углом ладонью к туловищу. Шину берут такой длины, чтобы один ее конец охватывали пальцы руки, а второй заходил за локтевой сустав. В таком положении шину закрепляют бинтом, а руку подвешивают на косынке или ремне.

**При переломе плечевой кости** предплечье сгибают под прямым углом в локтевом суставе, а на сломанную кость плеча накладывают две шины: одну с наружной стороны плеча, а другую – от подмышечной впадины до локтевого сустава. Затем обе шины прибинтовывают к плечу и согнутое предплечье подвешивают на ремень или косынку.

При отсутствии табельной шины или подручных средств согнутую в локте руку подвешивают на косынке, ремне и прибинтовывают к туловищу.

**При переломах нижних конечностей** транспортную шину обычно накладывают на выпрямленную ногу (рисунок 15, б). При этом необходимо иметь как минимум две большие шины. Одну из них накладывают по наружной поверхности конечности, при этом один ее конец должен находиться под мышкой, а другой немного выступать за стопу. Вторую шину накладывают по внутренней поверхности ноги так, чтобы один ее конец достигал области промежности, а другой выступал за край стопы. В таком положении шины прибинтовывают к туловищу.

В случае отсутствия табельных шин или подручных средств поврежденную ногу следует прибинтовать к здоровой ноге. Шину моделируют по здоровой конечности пострадавшего или по конечности оказывающего помощь. Все способы иммобилизирующей повязки должны обеспечивать хорошую фиксацию места перелома, не нарушать кровоснабжения поврежденной конечности.

При переломе голени первую помощь оказывают так же, как и при переломе бедра.

**Перелом позвоночника** – наиболее тяжелая и болезненная травма. Даже незначительные смещения отломков костей могут привести к смерти. Поэтому пострадавшего с травмой позвоночника категорически запрещается сажать или ставить на ноги. Ему сначала следует ввести обезболивающее средство (морфин, промедол, анальгин и т. д.), а затем уложить на ровный твердый щит или доски.

**Перелом костей таза.** Укладывать пострадавшего на мягкие носилки нельзя, можно только на щит (широкую доску, фанеру) или на носилки, положив на них фанеру. Пострадавшего кладут на спину, ноги разводят в стороны («положение лягушки») и под колени подкладывают плотный валик из сложенного одеяла, скатанной одежды. В таком положении конечности фиксируют с помощью распорки и бинтов.

**Перелом костей черепа.** Сломанные кости нередко повреждают головной мозг, он сдавливается в результате кровоизлияния. Признаками перелома являются: нарушение формы черепа; пролом (вмятина); истечение черепно-мозговой жидкости и крови из носа и ушей; потеря сознания.

Пострадавшего укладывают на носилки, под голову подкладывают мягкую подстилку с углублением, а по бокам – мягкие валики, свернутые из одежды или другого подручного материала.

**При переломах верхней челюсти** наиболее простой способ иммобилизации – круговая повязка из бинта или косынки. При ее наложении нижнюю челюсть подтягивают к верхней до смыкания зубов и фиксируют в таком положении вертикальными ходами бинта вокруг головы или косынкой. В тех случаях, когда зубы не смыкаются, между челюстями вводят полоску фанеры или кусочек линейки и прижимают ее к верхней челюсти.

**Перелом нижней челюсти** может привести к асфиксии (удушью). Если человек в результате травмы потерял сознание и лежит на спине, возможно западение языка и немедленное удушье. Необходимо придать пострадавшему сидячее положение с наклоненной головой или положить на живот с повернутой набок головой. Иногда прибегают к прошиванию языка булавкой и обеспечивают иммобилизацию нижней челюсти.

**Перелом ключицы** чаще бывает при падении на вытянутую руку. Медицинская помощь должна быть направлена на обездвижение пояса верхних конечностей. В подмышечную впадину с травмированной стороны подкладывают ком ваты и плечо туго прибинтовывают к туловищу, а предплечье подвешивают на косынке, второй косынкой прикрепляют руку к туловищу. Поврежденную руку можно уложить на поднятую полу пиджака.

**Переломы ребер** сопровождаются болями при дыхании. Иммобилизация – тугая повязка на грудную клетку. Первые ходы бинта делают в состоянии выдоха пострадавшего.

#### **14.2.9. Доврачебная помощь при ушибах, растяжениях связок и вывихах.**

**Ушибы** – это повреждения мягких тканей без нарушения целостности кожных покровов, сопровождающиеся болью, припухлостью и кровоподтеком.

Необходимо создать покой поврежденному органу, наложить давящую повязку, придать этой области тела возвышенное положение, что способствует прекращению дальнейшего кровоизлияния в мягкие ткани. Для уменьшения болей и воспалительных явлений к месту ушиба прикладывают холод – пузырь со льдом, холодные компрессы.

Не следует смазывать ушибленное место настойкой йода, растирать и накладывать согревающий компресс, так как это лишь усиливает боль.

Очень серьезен по своим последствиям ушиб головы, так как он может сопровождаться сотрясением и ушибом головного мозга. К признакам сотрясения головного мозга относятся потеря сознания на месте происшествия, возможны тошнота и рвота, замедление пульса.

Пострадавшему создают полный покой, холодный компресс, лед в пузыре на голову. Со всеми возможными предосторожностями больной как можно скорее должен быть направлен в лечебное учреждение. Для перевозки его кладут спиной на щит, а голову на мягкую подушку. Чтобы фиксировать шею и голову, на шею накладывают валик – воротник из мягкой ткани.

**Растяжение связок** характеризуется появлением резких болей, быстрым развитием отека в области травмы и значительным нарушением функций суставов. Первая помощь при растяжении связок такая же, как и при ушибах, т.е. накладывают повязку, фиксирующую сустав, холодный компресс и создают покой для конечности.

**При разрыве сухожилий**, связок первая помощь заключается в создании больному полного покоя, наложении тугой повязки на область поврежденного сустава.

**Вывих** – это смещение концов костей в суставах относительно друг друга с нарушением суставной сумки. При вывихе необходимо приложить холод на область поврежденного сустава, провести обезболивание и иммобилизацию конечности в том положении, которое она приняла после травмы.

Вправление вывиха – врачебная процедура. Вывих самостоятельно вправлять нельзя, так как это только усилит страдания потерпевшего и усугубит травму. Временная иммобилизация вывиха осуществляется так же, как и при переломах костей. Нельзя пытаться применять силу для изменения вынужденного положения конечности.

#### **14.2.10. Доврачебная помощь при поражении электрическим током.**

При поражении электрическим током необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия тока, так как от продолжительности этого действия зависит тяжесть электротравмы.

При воздействии переменного тока силой 15 мА у человека возникают судороги. Он не в состоянии отпустить провод, находящийся в руках. При силе тока 20–25 мА наступает остановка дыхания. Пострадавший не может крикнуть и позвать на помощь из-за спазма голосовых связок. Через несколько минут, если действие тока не прекращается, происходит остановка сердца и наступает смерть.

Поэтому пострадавшего необходимо как можно быстрее освободить от воздействия источника напряжения: выключить ток, вынуть предохранители, перерубить провода, необходимо строго соблюдать меры безопасности, чтобы оказывающий помощь избежал поражения током. Провод перерубают с обеих сторон пострадавшего, так как неизвестно, откуда поступает ток. Топор должен быть с сухой деревянной ручкой. Если оголенный провод лежит на пострадавшем, его необходимо сбросить с помощью шеста, сухой палки, доски или пожарного багра, древко которого должно быть сухим.

Лучше всего отключить эти токоведущие части от источника напряжения. Когда это невозможно сделать быстро, можно оттащить пострадавшего от токоведущих частей, пользуясь изолирующими защитными средствами. При напряжении до 1000 В для отделения пострадавшего от токоведущих частей можно воспользоваться любыми непроводящими ток предметами: обмотать руку шарфом, оттянуть его за одежду, встать на сверток сухой ткани, сухую доску.

Даже голой рукой можно тянуть пострадавшего за его сухую одежду, отстающую от тела (за ворот, хлястик, полу пиджака), но не за брюки или обувь, которые могут оказаться сырыми или иметь металлические детали, соприкасающиеся с телом.

Если пострадавший судорожно сжал провод и оторвать его невозможно, то можно прервать ток через пострадавшего, отделив его не от провода, а от земли (подсунув под него сухую доску, оттянув ноги сухой веревкой). После этого он легко разожмет руку.

Удобно пользоваться кусачками с изолированными рукоятками. Можно обернуть неизолированные рукоятки сухой одеждой, полиэтиленовым пакетом. При этом перерубать или перекусывать провода необходимо пофазно, т.е. каждый провод в отдельности.

При напряжении 380/220 В и ниже, можно не опасаться поражения спасающего шаговым напряжением, так как ток через пострадавшего не бывает столь велик, чтобы создать шаговое напряжение опасных значений. Но если провод, которого касается пострадавший, лежит на земле или соприкасается с заземленными металлическими предметами, опасно подходить к проводу или месту заземления без диэлектрических галош или сапог, особенно в сырой обуви и большими шагами. Для освобождения пострадавшего при этом лучше воспользоваться сухой палкой или доской, изолировав от нее руки своей одеждой, надеть диэлектрические перчатки или обмотать руку шарфом и т.д.

При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую в кармане или за спиной.

Электротравма вызывает местные и общие нарушения в организме. Местные проявляются ожогами ткани. Более опасны общие явления: потеря сознания, снижение температуры тела, остановка дыхания, глубокое угнетение сердечной деятельности, параличи.

Местные повреждения следует обработать и закрыть повязкой, как при ожогах. Все лица, имеющие электротравму, подлежат госпитализации..

Первая помощь при остановке сердца должна быть начата как можно раньше. Она заключается в одновременном проведении искусственного дыхания и наружного массажа сердца.

#### **14.2.11. Доврачебная помощь при ожогах.**

Ожоги бывают: термические – вызванные огнем, паром, горячими предметами и веществами; химические – кислотами и щелочами; электрические – воздействием электрического тока или электрической дуги.

**Термические ожоги.** Если на пострадавшем загорелась одежда, нужно быстро набросить на него пальто, любую плотную ткань чтобы прекратить доступ воздуха, и погасить пламя или сбить пламя водой. В горящей одежде нельзя бежать, так как это усилит огонь и увеличит ожог. Одежду с обожженного места не срывают, а разрезают и осторожно снимают.

Различают четыре степени ожогов. При ожоге первой степени на коже появляется краснота, припухлость и резкая боль, При второй степени образуются пузыри. Ожог третьей степени характеризуется омертвением более глубоких слоев кожи. При четвертой степени наступает обугливание тканей.

При оказании помощи пострадавшему во избежание заражения нельзя касаться руками обожженных участков кожи или смазывать их мазями, жирами, маслами, вазелином, присыпать пищевой содой, крахмалом и т.п. Нельзя вскрывать пузыри, удалять приставшую к обожженному месту мазь, канифоль или другие смолистые вещества, так как, удаляя их, легко можно содрать обожженную кожу и тем самым создать благоприятные условия для заражения раны.

При небольших по площади ожогах первой и второй степеней нужно обожженную поверхность смазать спиртом и наложить на обожженный участок кожи стерильную повязку.

Пострадавшим с третьей и четвертой степенью ожога накладывают асептическую повязку и доставляют в больницу.

При тяжелых и обширных ожогах пострадавшего необходимо завернуть в чистую простыню или ткань, не раздевая его, укрыть потеплее, напоить теплым чаем и создать покой до прибытия врача.

Обожженное лицо необходимо закрыть стерильной марлей.

При ожогах глаз следует делать холодные примочки из раствора борной кислоты (половина чайной ложки кислоты на стакан воды) и немедленно направить пострадавшего к врачу.

**Химические ожоги.** При химических ожогах глубина повреждения тканей в значительной степени зависит от длительности воздействия химического вещества. Важно как можно скорее уменьшить концентрацию химического вещества и время его воздействия. Для этого пораженное место сразу же промывают большим количеством проточной холодной воды из-под крана, из резинового шланга или ведра в течение 15–20 мин.

Если кислота или щелочь попала на кожу через одежду, то сначала надо смыть ее водой с одежды, а потом осторожно разрезать и снять с пострадавшего мокрую одежду, после чего промыть кожу.

При химическом ожоге полностью смыть химические вещества водой не удастся. Поэтому после промывания пораженное место необходимо об-

работать соответствующими нейтрализующими растворами, используемыми в виде примочек (повязок).

Дальнейшая помощь при химических ожогах оказывается так же, как и при термических.

При ожоге кожи кислотой делаются примочки (повязки) раствором питьевой соды (одна чайная ложка соды на стакан воды).

При попадании кислоты в виде жидкости, паров или газов в глаза или полость рта необходимо промыть их большим количеством воды, а затем раствором питьевой соды (половина чайной ложки на стакан воды).

При ожоге кожи щелочью делаются примочки (повязки) раствором борной кислоты (одна чайная ложка кислоты на стакан воды) или слабым раствором уксусной кислоты (одна чайная ложка столового уксуса на стакан воды).

При попадании брызг щелочи или ее паров в глаза и полость рта необходимо промыть пораженные места большим количеством воды, а затем раствором борной кислоты (половина чайной ложки кислоты на стакан воды).

Нельзя промывать желудок водой, вызывая рвоту, либо нейтрализовать попавшую в пищевод кислоту или щелочь. Если у пострадавшего есть рвота, ему можно дать выпить не более трех стаканов воды, разбавляя таким образом попавшую в пищевод кислоту или щелочь и уменьшая ее прижигающее действие. Хороший эффект оказывает прием внутрь молока, яичного белка, растительного масла, растворенного крахмала.

#### **14.2.12. Доврачебная помощь при обморожении.**

Обморожение возникает при длительном воздействии низкой температуры. Наиболее чувствительны к холоду нос, уши, пальцы рук и ног.

Доврачебная помощь при обморожении заключается в немедленном согревании пострадавшего, особенно отмороженной части тела, для чего пострадавшего надо как можно быстрее перевести в теплое помещение. Прежде всего, необходимо согреть отмороженную часть тела, восстановить в ней кровообращение. Наиболее эффективно и безопасно это достигается, если отмороженную конечность поместить в тепловую ванну с температурой 20 °С. За 20–30 мин температуру воды постепенно увеличивают до 40 °С, при этом конечность тщательно отмывают мылом от загрязнений.

После ванны (согревания) поврежденные участки надо высушить (протереть), закрыть стерильной повязкой и тепло укрыть. Нельзя смазывать их жиром и мазями, так как это значительно затрудняет последующую обработку. Отмороженные участки тела нельзя растирать снегом, так как при этом усиливается охлаждение, а льдинки ранят кожу, что способствует инфицированию (заражению) зоны отморожения; нельзя растирать отмороженные места также рукавицей, суконкой, носовым платком. Можно производить массаж чистыми руками, начиная от периферии к туловищу. Следует воздерживаться от интенсивного массажа охлажденной части, потому что



при глубоких отморожениях он может привести к повреждению сосудов, а это будет способствовать увеличению глубины повреждения тканей.

При отморожении ограниченных участков тела (нос, уши) их можно согреть с помощью тепла рук оказывающего доврачебную помощь.

Обувь с ног следует снимать крайне осторожно, чтобы не повредить отмороженные пальцы. Если без усилий это сделать не удастся, то обувь распарывается ножом по шву голенища.

Большое значение при оказании помощи имеют мероприятия по общему согреванию пострадавшего. Ему дают горячий кофе, чай, молоко.

После порозовения отмороженной конечности ее надо вытереть досуха, протереть спиртом или водкой, наложить чистую сухую повязку и утеплить конечность ватой или тканью. Если кровообращение плохо восстанавливается, кожа остается синюшной, следует предположить глубокое отморожение и немедленно отправить пострадавшего в больницу.

#### **14.2.13. Доврачебная помощь при обмороках, тепловыми солнечном ударах.**

**Обморок** – внезапная кратковременная потеря сознания. Причиной обморока бывают большие потери крови, нервное потрясение (испуг, страх), переутомление. Обморок характеризуется побледнением кожных покровов, губ, похолоданием конечностей. Сердечная деятельность ослабляется, пульс едва прощупывается. Обморочное состояние иногда бывает очень кратковременным, продолжаясь всего несколько секунд. В других случаях обморок не проходит через 5–10 мин и более. Продолжительное обморочное состояние опасно для жизни.

В предобморочном состоянии необходимо расстегнуть одежду пострадавшего, стесняющую дыхание, обеспечить приток свежего воздуха, дать ему выпить холодной воды, давать вдыхать нашатырный спирт.

Класть на голову холодные примочки и лед не следует. Лицо и грудь можно смочить холодной водой. Так же следует поступать, если обморок уже наступил.

Чтобы вывести пострадавшего из обморочного состояния, необходимо обрызгать его лицо холодной водой или дать понюхать нашатырный спирт, медленно поднося к носу смоченный в спирту кусок ваты или кончик носового платка. Нашатырным спиртом натирают также виски.

**14.2.14. Тепловой и солнечный удар. Тепловой удар – болезненное состояние, возникшее вследствие перегрева всего тела.** Причинами такого перегрева могут быть высокая внешняя температура, плотная одежда, задерживающая испарения кожи, и усиленная физическая работа. Тепловые удары случаются не только в жаркую погоду. Они бывают в горячих цехах, в банях, при работе в защитных комбинезонах и слишком душных помещениях. При перегревании тела у человека появляются вялость, усталость, головокружение, головная боль, сонливость. Лицо краснеет, дыхание затруд-

нено, температура тела повышается до 40 °С. Если не будут устранены причины перегревания, наступает тепловой удар. Человек теряет сознание, падает, бледнеет, кожа становится холодной и покрывается потом. В таком состоянии пораженный может погибнуть.

**Перегревание головы на солнце** может привести к **солнечному удару**. **Первые признаки солнечного удара** – покраснение лица и сильные головные боли. Затем появляются тошнота, головокружение, потемнение в глазах и, наконец, рвота. Человек впадает в бессознательное состояние, у него появляется одышка, ослабевает сердечная деятельность.

Помощь заключается в следующем: пострадавшего необходимо вывести или вынести из жаркого помещения или удалить с солнцепека в тень, прохладное помещение, обеспечив приток свежего воздуха. Его следует уложить так, чтобы голова была выше туловища, расстегнуть одежду, стесняющую дыхание, положить на голову лед или делать холодные примочки, смочить грудь холодной водой, давать вдыхать нашатырный спирт. Если пострадавший в сознании, нужно дать ему выпить 15–20 капель настойки валерианы на одну треть стакана воды.

Если дыхание прекратилось или очень слабое и пульс не прощупывается, необходимо сразу же начать делать искусственное вентилирование легких и массаж сердца и срочно вызвать врача.

#### **14.2.14. Доврачебная помощь при отравлении пестицидами и агрохимикатами.**

При неправильном обращении с пестицидами и агрохимикатами могут быть отдельные случаи отравлений. Острое отравление возникает при поступлении в организм значительного количества пестицида и агрохимиката за сравнительно короткое время.

Легкая степень острого отравления проявляется общей слабостью, головной болью, головокружением, тошнотой, потерей аппетита. В более тяжелых случаях к этим признакам присоединяются симптомы, типичные для отравления: головные боли, тошнота, рвота, общая слабость, затемненное сознание. Может быть носовое кровотечение, жжение в глазах и першение в горле, затем затрудненное дыхание, мышечная слабость, иногда появляются судороги, и повышается температура тела, боли в животе, понос, бред.

Какова бы ни была картина отравления, во всех случаях нужно прежде всего вывести или вынести пострадавшего из зоны отравления на чистый воздух, расстегнуть воротник и пояс, снять комбинезон и противогаз (если они были одеты).

При подозрении на попадание пестицида или агрохимиката в желудочно-кишечный тракт с пищей или водой нужно прополоскать рот и выпить значительное количество чистой воды (до 1 литра), слабый (розовый) раствор марганцовокислого калия или питьевой соды и вызвать рвоту, чтобы удалить яд из кишечника, дать солевое слабительное. Во время промывания желудка рекомендуется прием 10–30 г активированного угля со 100 г воды

для поглощения из желудочно-кишечного тракта оставшихся количеств ядовитого вещества. Можно применять обволакивающие средства: пить молоко, кисель, яичный белок, подсолнечное масло и т.п. В качестве слабительного рекомендуется 50–150 мл 30 % раствора сернокислой магнезии. У пострадавшего в бессознательном состоянии может быть рвота, поэтому необходимо повернуть его голову в сторону.

При попадании пестицида или агрохимиката в глаза, нос нужно их обильно промыть чистой водой, лучше слабым раствором пищевой соды (1 чайная ложка соды на стакан воды).

При остановке дыхания следует сразу же начать делать искусственное вентилирование легких.

Во всех случаях отравления нужно немедленно вызвать скорую помощь или доставить пострадавшего в больницу.

При тщательном соблюдении правил обращения с пестицидами или агрохимикатами, при осторожной, и аккуратной работе с ними возможность отравления исключается.

#### **14.2.15. Доврачебная помощь при утоплении.**

При извлечении утопающего из воды необходимо быть очень осторожным, если он еще в сознании. Подплывать к нему нужно с ремнем, веревкой или другим предметом, бросить ему и тянуть на берег. Можно, подплыв сзади, схватить его за волосы или подмышки, повернуть вверх лицом и плыть к берегу, не давая пострадавшему захватить себя. Немедленно по извлечении из воды пострадавшего кладут животом на согнутое колено (рисунки 20), чтобы голова была ниже грудной клетки, и из полости рта, гортани и желудка удаляется вода, рвотные массы и др. Затем энергично сдавливают грудную клетку несколько раз, чтобы удалить воду из трахеи, бронхов.

Потом пострадавшего поворачивают на спину, запрокидывают голову, начинают искусственное дыхание и непрямой массаж сердца и проводят до тех пор, пока не восстановится самостоятельное дыхание и сердечная деятельность.

При наличии помощников они в это время должны растереть и согреть тело пострадавшего. Когда пострадавший начнет дышать, ему необходимо давать нюхать нашатырный спирт, дать выпить 15–20 капель настойки валерианы (на полстакана воды), переодеть в сухое белье, укрыть потеплее, дать крепкого чая и предоставить полный покой до прибытия медицинского персонала.

#### **14.2.16. Транспортировка пострадавших.**

При несчастном случае необходимо не только немедленно оказывать доврачебную помощь, но быстро и правильно доставить его в ближайшее лечебное учреждение. Нарушение правил переноски и перевозки пострадавшего может принести ему непоправимый вред.

Выбор вида и способа транспортировки зависит от местных условий и состояния здоровья пострадавшего. Удобнее всего доставлять пострадавшего санитарным транспортом через станцию скорой помощи. В тех случаях, когда невозможно вызвать машину скорой помощи, доставку необходимо организовать любыми средствами (грузовая машина, телега, переноска на носилках, на руках и т.п.).

При поднимании, переноске и перевозке пострадавшего нужно следить, чтобы он находился в удобном положении, и не трясти его. При переноске на руках оказывающие помощь должны идти не в ногу. Поднимать и класть пострадавшего на носилки необходимо согласованно, лучше по команде. Носилки устанавливают у поврежденной стороны пострадавшего, 2–3 человека со здоровой стороны опускаются на колени, осторожно проводят руки под пострадавшего, одновременно приподнимают его. В этот момент четвертый человек подводит носилки под пострадавшего и осторожно укладывают его на них, особенно щадя поврежденную часть тела.

Переноска на носилках осуществляется вперед головой для наблюдения за состоянием пострадавшего. Если состояние больного ухудшилось, то нужно немедленно остановиться и оказать первую помощь. При переноске носилок с пострадавшим на большие расстояния надо нести их на лямках, привязанных к ручкам носилок, перекинув лямки через шею.

В случае, когда нет носилок и других импровизированных средств, переноску осуществляют на руках, спине, на плече.

Когда пострадавший очень слаб или без сознания, его переносят на руках впереди, на плече, друг за другом. Если больной в сознании и может удержаться самостоятельно, то легче его переносить на «сиденье из двух рук», на «замке» или на руках с носилочной лямкой.

Для переноски пострадавшего с поврежденным позвоночником на полотнище носилок необходимо положить доску, а поверх нее одежду, пострадавший должен лежать на спине. При отсутствии доски пострадавшего необходимо класть на носилки на живот.

При травме живота пострадавшего следует положить на спину, согнув его ноги в коленях, под колени подложить валик из одежды.

Пострадавшего с повреждением грудной клетки следует переносить в полусидящем положении, положив ему под спину одежду.

Пострадавших в бессознательном состоянии или с ранением лица или переломом челюстей перевозят в положении на животе для предупреждения удушья кровью, слюной или рвотными массами.

При ранении носа, лица, грудной клетки и верхних конечностей транспортируют пострадавших в положении сидя или полулежа, если они находятся в сознании. В холодное время необходимо принять все меры для предупреждения охлаждения, особенно пострадавших, находящихся в бессознательном состоянии, с наложенными жгутами и обморожениями.

Снимая пострадавшего с носилок, следует поступать так же, как и при укладывании его на носилки.

#### 4. Варианты заданий

##### Факторы

- Ф. 4.1. Способы оживления организма при клинической смерти
- Ф. 4.2. Признаки жизни пострадавшего:
- Ф. 4.3. Сердечно-легочная реанимация.
- Ф. 4.4. Восстановление проходимости дыхательных путей.
- Ф. 4.5. Искусственная вентиляция легких
- Ф. 4.6. Непрямой массаж сердца. Сочетание непрямого массажа сердца с искусственной вентиляцией легких.
- Ф. 4.7. Первая помощь при травмах.
- Ф. 4.8. Доврачебная помощь при ушибах, растяжениях связок и вывихах.
- Ф. 4.9. Доврачебная помощь при поражении электрическим током
- Ф. 4.10. Доврачебная помощь при ожогах.
- Ф. 4.11. Доврачебная помощь при обморожении.
- Ф. 4.12. Доврачебная помощь при обмороках, тепловых, солнечном ударах.
- Ф. 4.13. Тепловой и солнечный удар.
- Ф. 4.14. Доврачебная помощь при отравлении пестицидами и агрохимикатами.
- Ф. 4.15. Доврачебная помощь при утоплении.
- Ф. 4.16. Транспортировка пострадавших.

Таблица 14.1 – Входные данные

| Варианты заданий | Факторы (Ф)    |                |                |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
|                  | Ф <sub>1</sub> | Ф <sub>2</sub> | Ф <sub>3</sub> |
| 1                | Ф. 4.1         | Ф. 4.5.        | Ф. 4.4.        |
| 2                | Ф. 4.5.        | Ф. 4.2.        | Ф. 4.11        |
| 3                | Ф. 4.5.        | Ф. 4.12.       | Ф. 4.3.        |
| 4                | Ф. 4.3         | Ф. 4.6.        | Ф. 4.5.        |
| 5                | Ф. 4.8.        | Ф. 4.3.        | Ф. 4.7         |
| 6                | Ф. 4.2.        | Ф. 4.9.        | Ф. 4.4.        |
| 7                | Ф. 4.11.       | Ф. 4.1.        | Ф. 4.10.       |
| 8                | Ф. 4.5.        | Ф. 4.12.       | Ф. 4.2.        |
| 9                | Ф. 4.7.        | Ф. 4.3.        | Ф. 4.13.       |
| 10               | Ф. 4.3.        | Ф. 4.15.       | Ф. 4.6         |
| 11               | Ф. 4.1.        | Ф. 4.11        | Ф. 4.16.       |
| 12               | Ф. 4.10        | Ф. 4.2         | Ф. 4.8.        |
| 14               | Ф. 4.4.        | Ф. 4.7.        | Ф. 4.3.        |
| 15               | Ф. 4.12.       | Ф. 4.5.        | Ф. 4.9.        |

#### 5. Пример выполнения задания

##### Задание № 1. Условия:

1. Описать «Ф. 4.5. Искусственная вентиляция легких».

2. «Ф. 4.12. Доврачебная помощь при обмороках, тепловых, солнечном ударах».

3. «Ф. 4.3. Сердечно-легочная реанимация».

**1. Искусственная вентиляция легких** проводится в тех случаях, когда пострадавший не дышит или дышит редко, судорожно, как бы со всхлипыванием, а также, если его дыхание постоянно ухудшается.

Если дыхательные пути свободны, но дыхание отсутствует, приступают к искусственной вентиляции легких методом «рот в рот» или «рот в нос». Для этого, удерживая запрокинутой голову пострадавшего и сделав глубокий вдох, вдувают ему выдыхаемый воздух в рот. Нос пострадавшего зажимают пальцами для предотвращения выхода воздуха во внешнюю среду (рисунок 3). Критерий эффективности – увеличение объема грудной клетки пострадавшего. После того как грудная клетка расширилась, оказывающий помощь освобождает рот больного, поворачивает его голову в сторону и у пострадавшего происходит пассивный выдох.

Если у пострадавшего хорошо определяется пульс и необходимо только искусственное дыхание, то интервалы между отдельными дыхательными циклами должны составлять 5 с (1 дыхательный цикл на 5 счетов), не чаще 10–12 циклов в 1 мин.

Искусственная вентиляция легких методом «рот в нос» проводится при невозможности использования метода «рот в рот» (если челюсти пострадавшего плотно сжаты и открыть рот не удастся, при челюстно-лицевых травмах). Реаниматор одной рукой, находящейся на лбу пострадавшего, запрокидывает его голову назад, а другой рукой поднимает нижнюю челюсть вверх, закрывая рот.

При отсутствии самостоятельного дыхания и наличии пульса искусственную вентиляцию легких можно выполнять и в положении сидя или вертикальном, если несчастный случай произошел, например, в люльке, на опоре и т.д.

Прекращают искусственное дыхание после восстановления у пострадавшего достаточно глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания.

В случае отсутствия не только дыхания, но и пульса на сонной артерии делают подряд два искусственных вдоха и приступают к непрямому массажу сердца.

**2. Доврачебная помощь при обмороках, тепловыми солнечном ударах.**

**Обморок** – внезапная кратковременная потеря сознания. Причиной обморока бывают большие потери крови, нервное потрясение (испуг, страх), переутомление. Обморок характеризуется побледнением кожных покровов, губ, похолоданием конечностей. Сердечная деятельность ослабляется, пульс едва прощупывается. Обморочное состояние иногда бывает очень кратковременным, продолжаясь всего несколько секунд. В других

случаях обморок не проходит через 5–10 мин и более. Продолжительное обморочное состояние опасно для жизни.

В предобморочном состоянии необходимо расстегнуть одежду пострадавшего, стесняющую дыхание, обеспечить приток свежего воздуха, дать ему выпить холодной воды, давать вдыхать нашатырный спирт.

Класть на голову холодные примочки и лед не следует. Лицо и грудь можно смочить холодной водой. Так же следует поступать, если обморок уже наступил.

Чтобы вывести пострадавшего из обморочного состояния, необходимо обрызгать его лицо холодной водой или дать понюхать нашатырный спирт, медленно поднося к носу смоченный в спирту кусок ваты или кончик носового платка. Нашатырным спиртом натирают также виски.

**3. Сердечно-легочная реанимация.** Мероприятия сердечно-легочной реанимации проводят в следующем порядке:

- восстановление проходимости дыхательных путей;
- искусственная вентиляция легких;
- искусственное кровообращение путем непрямого массажа сердца

*Реанимация, начатая в первые три минуты после остановки кровообращения, дает положительные результаты в 15–18 раз чаще, чем в последующие 1–2 минуты.*

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы основные методы и последовательность оказания первой помощи пострадавшему?
2. Как выполняется искусственное дыхание и непрямой массаж сердца?
3. Как остановить кровотечение?
4. Приемы оказания первой помощи при вывихах, растяжениях, переломах.
5. Как оказать первую помощь при солнечном ударе, ожогах, обморожениях?
6. В чем состоит первая помощь при спасении утопающего?
7. Каковы особенности транспортировки пострадавшего?
8. Какие задачи должна решать первая медицинская помощь?
9. Укажите признаки, характеризующие потерю пострадавшим человеком сознания. Какая медицинская помощь оказывается при этом?
10. Назовите основные виды повязок.
11. Какие виды кровотечений вы знаете?
12. В каких случаях следует накладывать медицинский жгут?
13. Какова медицинская помощь и особенность транспортировки при различных видах переломов?
14. Назовите условия, при которых развивается травматический шок.
15. Какая первая медицинская помощь должна быть оказана пострадавшему с термическим ожогом II степени тяжести?
16. В чем заключается первая медицинская помощь при отморожениях?
17. Какая помощь оказывается при тяжелых электротравмах?

# Приложение

## Приложение ПЗ № 13

Таблица ПЗ №13.1 – Расчётные параметры при эвакуации людей (ГОСТ 12.1.004-91)

| Плотность потока<br>$D, \text{ м}^2/\text{м}^2$ | Горизонтальный путь вне здания |                                     | Горизонтальный путь в здании   |                                     | Дверной проём                  |                                     | Лестница вниз                  |                                     | Лестница вверх                 |                                     |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
|   | Скорость<br>$V, \text{ м/мин}$ | Интенсивность<br>$q, \text{ м/мин}$ | Скорость<br>$V, \text{ м/мин}$ | Интенсивность<br>$q, \text{ м/мин}$ | Скорость<br>$V, \text{ м/мин}$ | Интенсивность<br>$q, \text{ м/мин}$ | Скорость<br>$V, \text{ м/мин}$ | Интенсивность<br>$q, \text{ м/мин}$ | Скорость<br>$V, \text{ м/мин}$ | Интенсивность<br>$q, \text{ м/мин}$ |
| 1   | 2                              | 3                                   | 4                              | 5                                   | 6                              | 7                                   | 8                              | 9                                   | 10                             | 11                                  |
| 0,01  | 100,0                          | 1,00                                | 100                            | 1,00                                | 100                            | 1,00                                | 100,                           | 1,00                                | 60,0                           | 0,60                                |
| 0,02  | 100,0                          | 2,00                                | 100,0                          | 2,00                                | 100,                           | 2,00                                | 100,                           | 2,00                                | 60,0                           | 1,20                                |
| 0,03  | 100,0                          | 3,00                                | 100,0                          | 3,00                                | 100                            | 3,00                                | 100                            | 3,00                                | 60,0                           | 1,80                                |
| 0,04  | 100,0                          | 4,00                                | 100,0                          | 4,00                                | 100,                           | 4,00                                | 100,                           | 4,00                                | 60,0                           | 2,40                                |
| 0,05  | 100,0                          | 5,00                                | 100,0                          | 5,00                                | 100,                           | 5,00                                | 100,                           | 5,00                                | 60,                            | 3,00                                |
| 0,06  | 100,0                          | 6,00                                | 95,21                          | 5,71                                | 100,                           | 6,00                                | 100,                           | 6,00                                | 60,                            | 3,60                                |
| 0,07  | 100,                           | 7,00                                | 90,66                          | 6,35                                | 97,8                           | 6,85                                | 100                            | 7,00                                | 59                             | 4,14                                |
| 0,08  | 100,0                          | 8,00                                | 86,72                          | 6,94                                | 93,8                           | 7,51                                | 100                            | 8,00                                | 56,7                           | 4,54                                |
| 0,09  | 100,0                          | 9,00                                | 83,24                          | 7,49                                | 90,4                           | 8,14                                | 99,5                           | 8,96                                | 54,6                           | 4,91                                |
| 0,10  | 100,0                          | 10,14                               | 80,14                          | 8,01                                | 87,3                           | 8,73                                | 95,3                           | 9,53                                | 52,7                           | 5,27                                |
| 0,11  | 97,52                          | 10,73                               | 77,32                          | 8,51                                | 84,5                           | 9,29                                | 91,5                           | 10,1                                | 50,9                           | 5,60                                |
| 0,12  | 93,98                          | 11,28                               | 74,76                          | 8,97                                | 81,9                           | 9,83                                | 88,1                           | 10,6                                | 49,3                           | 5,92                                |
| 0,13  | 90,72                          | 11,79                               | 72,40                          | 9,41                                | 79,5                           | 10,3                                | 84,8                           | 11,0                                | 47,9                           | 6,22                                |
| 0,14  | 87,71                          | 12,28                               | 70,21                          | 9,83                                | 77,4                           | 10,8                                | 81,9                           | 11,5                                | 46,5                           | 6,51                                |
| 0,15  | 84,90                          | 12,73                               | 68,18                          | 10,23                               | 75,3                           | 11,3                                | 79,1                           | 11,9                                | 45,2                           | 6,79                                |
| 0,16  | 82,27                          | 13,16                               | 66,27                          | 10,60                               | 73,4                           | 11,8                                | 76,7                           | 12,2                                | 44,1                           | 7,05                                |
| 0,17  | 79,80                          | 13,57                               | 64,48                          | 10,96                               | 71,6                           | 12,2                                | 74,1                           | 12,6                                | 42,9                           | 7,30                                |
| 0,18  | 77,48                          | 13,95                               | 62,80                          | 11,30                               | 69,9                           | 12,7                                | 71,8                           | 12,9                                | 41,9                           | 7,54                                |
| 0,19  | 75,28                          | 14,30                               | 61,20                          | 11,63                               | 68,4                           | 12,9                                | 69,7                           | 13,2                                | 40,9                           | 7,78                                |
| 0,20  | 73,19                          | 14,64                               | 59,69                          | 11,94                               | 66,8                           | 13,7                                | 67,6                           | 13,5                                | 39,9                           | 8,00                                |
| 0,21  | 71,20                          | 14,95                               | 58,25                          | 12,23                               | 65,4                           | 13,7                                | 65,6                           | 13,7                                | 39                             | 8,21                                |
| 0,22  | 69,31                          | 15,25                               | 56,88                          | 12,51                               | 6,03                           | 14,1                                | 63,8                           | 14,                                 | 38,2                           | 8,41                                |
| 0,23  | 67,50                          | 15,53                               | 55,57                          | 12,78                               | 62,7                           | 14,4                                | 62                             | 14,3                                | 37,4                           | 8,61                                |
| 0,24  | 65,77                          | 15,78                               | 54,31                          | 13,03                               | 61,1                           | 14,8                                | 60,3                           | 14,5                                | 36,7                           | 8,80                                |
| 0,25  | 64,11                          | 16,03                               | 53,11                          | 13,28                               | 60,3                           | 15,1                                | 58,7                           | 14,1                                | 35,9                           | 8,98                                |



Продолжение таблицы ПЗ №13.1

| 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 0,26 | 62,51 | 16,25 | 51,95 | 13,51 | 59,1 | 15,4 | 57   | 14,8 | 35,0 | 9,15 |
| 0,27 | 60,97 | 16,46 | 50,84 | 13,73 | 58,0 | 15,7 | 55,6 | 15,0 | 34,0 | 9,31 |
| 0,28 | 59,49 | 16,66 | 49,76 | 13,93 | 56,9 | 15,9 | 54,1 | 15,0 | 33,8 | 9,47 |
| 0,29 | 58,07 | 16,84 | 48,73 | 14,13 | 55,9 | 16,2 | 52,8 | 15,3 | 33,2 | 9,62 |
| 0,30 | 56,69 | 17,01 | 47,73 | 14,32 | 54,9 | 16,5 | 51,4 | 15,4 | 32,6 | 9,77 |
| 0,31 | 55,35 | 17,16 | 46,76 | 14,50 | 53,9 | 16,7 | 50,1 | 15,5 | 31,9 | 9,91 |
| 0,32 | 54,06 | 17,30 | 45,82 | 14,66 | 52,9 | 16,9 | 48,8 | 15,6 | 31,4 | 10,0 |
| 0,33 | 52,81 | 17,43 | 44,92 | 14,82 | 52,0 | 17,1 | 47,5 | 15,7 | 30,8 | 10,1 |
| 0,34 | 51,59 | 17,54 | 44,03 | 14,97 | 51,2 | 17,4 | 46,4 | 15,8 | 30,1 | 10,3 |
| 0,35 | 50,41 | 17,64 | 43,18 | 15,11 | 50,3 | 17,6 | 45,2 | 15,8 | 29,8 | 10,4 |
| 0,36 | 49,27 | 17,74 | 42,35 | 15,25 | 49,5 | 17,8 | 44,1 | 15,9 | 29,2 | 10,5 |
| 0,37 | 48,15 | 17,82 | 41,54 | 15,37 | 48,7 | 18,0 | 43,0 | 15,9 | 28,7 | 10,6 |
| 0,38 | 47,07 | 17,88 | 40,75 | 15,49 | 47,9 | 18,2 | 41,9 | 15,9 | 28,2 | 10,7 |
| 0,39 | 46,01 | 17,94 | 39,99 | 15,60 | 47,1 | 18,4 | 40,9 | 15,9 | 27,8 | 10,8 |
| 0,40 | 44,98 | 17,99 | 39,24 | 15,70 | 46,4 | 18,6 | 39,9 | 15,9 | 27,3 | 10,9 |
| 0,41 | 43,97 | 18,03 | 38,51 | 15,79 | 45,7 | 18,7 | 38,9 | 15,9 | 26,8 | 11,0 |
| 0,42 | 42,99 | 18,06 | 37,80 | 15,88 | 44,9 | 18,9 | 37,9 | 15,9 | 26,4 | 11,1 |
| 0,43 | 42,03 | 18,07 | 37,11 | 15,96 | 44,3 | 19,0 | 37,0 | 15,9 | 25,9 | 11,2 |
| 0,44 | 41,10 | 18,08 | 36,43 | 16,03 | 43,6 | 19,2 | 36,1 | 15,9 | 25,6 | 11,3 |
| 0,45 | 40,18 | 18,08 | 35,77 | 16,09 | 42,9 | 19,3 | 35,2 | 15,8 | 25,2 | 11,3 |
| 0,46 | 39,29 | 18,07 | 35,12 | 16,15 | 42,3 | 19,4 | 34,3 | 15,8 | 24,7 | 11,4 |
| 0,47 | 38,41 | 18,05 | 34,48 | 16,21 | 41,6 | 19,6 | 33,4 | 15,7 | 24,3 | 11,4 |
| 0,48 | 37,56 | 18,03 | 33,86 | 16,25 | 41,0 | 19,7 | 32,6 | 15,7 | 23,9 | 11,5 |
| 0,49 | 36,72 | 17,99 | 33,25 | 16,29 | 40,4 | 19,8 | 31,8 | 15,6 | 23,6 | 11,7 |
| 0,50 | 35,90 | 17,95 | 32,66 | 16,33 | 39,8 | 19,9 | 30,9 | 15,5 | 23,2 | 11,6 |
| 0,51 | 35,09 | 17,90 | 32,07 | 16,36 | 39,2 | 19,5 | 30,2 | 15,4 | 22,9 | 11,7 |
| 0,52 | 34,30 | 17,84 | 31,50 | 16,38 | 38,7 | 19,5 | 29,4 | 15,3 | 22,5 | 11,7 |
| 0,53 | 33,52 | 17,77 | 30,94 | 16,40 | 38,1 | 19,5 | 28,6 | 15,2 | 22,3 | 11,7 |
| 0,54 | 32,76 | 17,69 | 30,39 | 16,41 | 37,5 | 19,5 | 27,9 | 15,1 | 21,8 | 11,8 |
| 0,55 | 32,02 | 17,61 | 29,85 | 16,42 | 37,0 | 19,4 | 27,2 | 14,9 | 21,5 | 11,8 |
| 0,56 | 31,28 | 17,52 | 29,31 | 16,42 | 36,5 | 19,4 | 26,4 | 14,8 | 21,1 | 11,8 |
| 0,57 | 30,56 | 17,42 | 28,79 | 16,41 | 35,9 | 19,4 | 25,7 | 14,7 | 20,8 | 11,9 |
| 0,58 | 29,86 | 17,32 | 28,28 | 16,40 | 35,4 | 19,3 | 25,0 | 14,5 | 20,5 | 11,9 |
| 0,59 | 29,16 | 17,20 | 27,78 | 16,39 | 34,9 | 19,3 | 24,3 | 14,4 | 20,2 | 11,9 |
| 0,60 | 28,48 | 17,09 | 27,28 | 16,37 | 34,4 | 19,2 | 23,7 | 14,2 | 19,9 | 11,9 |
| 0,61 | 27,80 | 16,96 | 26,79 | 16,34 | 33,9 | 19,1 | 23,0 | 14,0 | 19,6 | 11,9 |
| 0,62 | 27,14 | 16,83 | 26,31 | 16,31 | 33,5 | 19,1 | 22,3 | 13,9 | 19,3 | 11,9 |
| 0,63 | 26,49 | 16,69 | 25,84 | 16,28 | 33,0 | 19,0 | 21,7 | 13,7 | 18,9 | 11,9 |
| 0,64 | 25,85 | 16,54 | 25,38 | 16,24 | 32,5 | 18,9 | 21,1 | 13,5 | 18,7 | 11,9 |

Продолжение таблицы ПЗ №13.1

|             |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1           | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
| 0,65        | 25,2 | 16,39 | 24,92 | 16,20 | 32,07 | 18,87 | 20,46 | 13,30 | 18,42 | 11,97 |
| 0,66        | 24,6 | 16,23 | 24,47 | 16,15 | 31,62 | 18,78 | 19,85 | 13,10 | 18,14 | 11,97 |
| 0,67        | 23,9 | 16,07 | 24,02 | 16,10 | 31,18 | 18,70 | 19,25 | 12,90 | 17,86 | 11,97 |
| 0,68        | 23,4 | 15,90 | 23,59 | 16,04 | 30,74 | 18,61 | 18,66 | 12,69 | 17,59 | 11,96 |
| 0,69        | 22,8 | 15,72 | 23,16 | 15,98 | 30,31 | 18,51 | 18,07 | 12,47 | 17,32 | 11,95 |
| 0,70        | 22,2 | 15,54 | 22,73 | 15,91 | 29,89 | 18,41 | 17,50 | 12,25 | 17,06 | 11,94 |
| 0,71        | 21,6 | 15,35 | 22,31 | 15,84 | 29,47 | 18,31 | 16,93 | 12,02 | 16,80 | 11,93 |
| 0,72        | 21,1 | 15,16 | 21,90 | 15,77 | 29,06 | 18,20 | 16,38 | 11,79 | 16,55 | 11,91 |
| 0,73        | 20,5 | 14,96 | 21,49 | 15,69 | 28,65 | 18,09 | 15,82 | 11,55 | 16,29 | 11,89 |
| 0,74        | 19,9 | 14,76 | 21,09 | 15,61 | 28,25 | 17,98 | 15,28 | 11,31 | 16,04 | 11,87 |
| 0,75        | 19,4 | 14,55 | 20,70 | 15,52 | 27,85 | 17,86 | 14,75 | 11,06 | 15,80 | 11,85 |
| 0,76        | 18,9 | 14,33 | 20,31 | 15,43 | 27,46 | 17,74 | 14,21 | 10,80 | 15,56 | 11,82 |
| 0,77        | 18,3 | 14,11 | 19,92 | 15,34 | 27,08 | 17,62 | 13,69 | 10,54 | 15,32 | 11,79 |
| 0,78        | 17,8 | 13,88 | 19,54 | 15,24 | 26,70 | 17,49 | 13,18 | 10,28 | 15,08 | 11,76 |
| 0,79        | 17,3 | 13,65 | 19,16 | 15,14 | 26,32 | 17,36 | 12,66 | 10,00 | 14,85 | 11,73 |
| 0,80        | 16,8 | 13,41 | 18,79 | 15,03 | 25,95 | 17,23 | 12,16 | 9,73  | 14,62 | 11,69 |
| 0,81        | 16,3 | 13,17 | 18,43 | 14,93 | 25,58 | 17,10 | 11,67 | 9,45  | 14,39 | 11,66 |
| 0,82        | 15,8 | 12,92 | 18,06 | 14,81 | 25,22 | 16,96 | 11,17 | 9,16  | 14,17 | 11,62 |
| 0,83        | 15,3 | 12,67 | 17,71 | 14,70 | 24,86 | 16,82 | 10,69 | 8,87  | 13,94 | 11,57 |
| 0,84        | 14,8 | 12,42 | 17,35 | 14,58 | 24,51 | 16,68 | 10,21 | 8,58  | 13,72 | 11,53 |
| 0,85        | 14,3 | 12,15 | 17,00 | 14,45 | 24,16 | 16,53 | 9,74  | 8,28  | 13,51 | 11,48 |
| 0,9 и более | 11,1 | 10,2  | 15    | 13,5  | 9,4   | 8,5   | 8     | 7,2   | 11    | 9,9   |

Таблица ПЗ № 13.2 – Нормируемое время эвакуации при пожарах в производственных зданиях

| Категории производства | Необходимое время эвакуации, мин, при объёме помещения, тыс.м <sup>3</sup> |      |     |      |            |
|------------------------|--|------|-----|------|------------|
|                        | до 15  | 30   | 40  | 50   | 60 и более |
| А, Б                   | 0,50   | 0,75 | 1,0 | 1,50 | 1,75       |
| В                      | 1,25   | 2,0  | 2,0 | 2,50 | 3,0        |
| Г, Д                   | Не ограничивается  |      |     |      |            |

**Примечания.** 1.Необходимое время эвакуации людей из помещений производственных зданий I, II, степеней огнестойкости принимается по таблице. Для зданий III IV степени огнестойкости указанное необходимое время эвакуации людей уменьшается на 30%, а для зданий V степени огнестойкости – на 50%.

2. При промежуточных объёмах необходимое время эвакуации следует определять по интерполяции.

Таблица ПЗ № 13.3 – Нормируемое время эвакуации при пожарах в общественных зданиях

| Наименование помещений   | Необходимое время эвакуации, мин, при объёме помещения, тыс.м <sup>3</sup> |    |     |     |     |
|--|--|----|-----|-----|-----|
|  | До5  | 10 | 20  | 40  | 60  |
| 1  | 2  | 3  | 4   | 5   | 6   |
| Зрительные залы в театрах, клубах, Домах культуры и др. залы с колосниковой сценой   | 1,5  | 2  | 2,5 | 2,5 | –   |
| Зрительные, концертные, лекционные залы и залы собраний, выставочные залы и др. залы | 2  | 3  | 3,5 | 4   | 4,5 |
| Торговые залы универсальных магазинов  | 1,5  | 2  | 2,5 | 2,5 | –   |

Примечания. 1.Необходимое время эвакуации людей из помещений производственных зданий I, II, степеней огнестойкости принимается по таблице. Для зданий III IV степени огнестойкости указанное необходимое время эвакуации людей уменьшается на 30%, а для зданий V степени огнестойкости – на 50%.

Таблица ПЗ № 13.4 – Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода в производственных зданиях

| Категория производства | Степень огнестойкости здания | Наибольшие допустимые расстояния до эвакуационного выхода, м |                        |                     |
|------------------------|------------------------------|--|------------------------|---------------------|
|                        |                              | В одноэтажных зданиях  | В многоэтажных зданиях |                     |
|                        |                              |  | В два этажа            | В три этажа и более |
| 1                      | 2                            | 3  | 4                      | 5                   |
| А                      | I, II                        | 50   | 40                     | 40                  |
| Б                      | I, II                        | 100  | 75                     | 75                  |
| В                      | I, II                        | 100  | 75                     | 75                  |
|                        | III                          | 80   | 60                     | 60                  |
|                        | IV                           | 50   | 30                     | –                   |
|                        | V                            | 50   | –                      | –                   |
| Г                      | I, II                        | Не ограничивается  |                        |                     |
|                        | III                          | 100  | 60                     | 60                  |
|                        | IV                           | 50   | 40                     | –                   |
|                        | V                            | 50   | –                      | –                   |

Продолжение таблицы ПЗ № 13.4

| 1 | 2     | 3                 | 4  | 5  |
|---|-------|-------------------|----|----|
| Д | I, II | Не ограничивается |    |    |
|   | III   | 100               | 75 | 75 |
|   | IV    | 60                | 50 | –  |
|   | V     | 50                | 40 | –  |

Таблица ПЗ 13.5. – Вероятность эвакуации по эвакуационным путям

| Интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей<br>$t_{н.э}$ | Расчётное время эвакуации людей, $t_p$ |                             | Вероятность эвакуации по эвакуационным путям $P_{э.п}$ |
|---|--|-----------------------------|--|
| $t_{н.э} > 0$   | $t_p < t_{бл}$                         | $t_p \leq t_{бл} - t_{н.э}$ | 0,999  |
|   |  | $t_p > t_{бл} - t_{н.э}$    | $\frac{t_{аэ} - t_{д}}{t_{i.y}}$                       |
|   | $t_p \geq t_{бл}$                      |                             | 0  |
| $t_{н.э} = 0$ (зальные помещения)   | $t_p \leq t_{нб}$                      |                             | 0,999  |
|   | $t_p > t_{нб}$                         |                             | 0  |

Примечания 1.  $t_{бл}$  – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара (ОФП), имеющих предельно допустимые для людей значения. Время  $t_{бл}$  вычисляют путем расчёта значений допустимой концентрации дыма и других

ОФП на эвакуационных путях в различные моменты времени. Допускается время  $t_{бл}$  принимать равным необходимому времени эвакуации  $t_{нб}$ .

2.  $t_{нб}$  – необходимое время эвакуации из зальных помещений.

Таблица ПЗ № 13.6 – Значение времени начала эвакуации при пожаре

| Тип зданий (сооружений)                            | Этаж              | Значение времени начала эвакуации $t_{н.э}$ , мин                        |
|--|-------------------|--|
| Здания (сооружения) без систем оповещения о пожаре | Этаж пожара       | 0,5  |
|  | Вышележащие этажи | 2  |
| Здания (сооружения) с системой оповещения о пожаре | –                 | Время срабатывания системы оповещения о пожаре с учётом её инерционности |

Таблица ПЗ № 13.7 – Вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам

| Тип зданий (сооружений) | Наличие наружных эвакуационных лестниц и других путей эвакуации | Вероятность эвакуации людей $P_{д.в}$ по наружным эвакуационным лестницам и другими путями эвакуации |
|-------------------------|---|--|
| Жилые здания            | –   | 0,05   |
| Остальные здания        | Присутствуют  | 0,03   |
|                         | Отсутствуют   | 0,001  |

### Приложение ПЗ № 14

МДС 21-3.2001 [9] рекомендует определять вероятность возникновения пожара по статистическим данным или по приложению 3 к ГОСТ 12.1.004-91\* [5]. В примерах расчета приводятся данные по некоторым типам объектов (табл. ПЗ № 14.1).

Таблица ПЗ № 14.1 – Вероятность возникновения пожара, м<sup>2</sup>/год

| Тип объекта  | Вероятность возникновения пожара, м <sup>2</sup> /год |
|--|---|
| 1  | 2   |
| Складское здание   | $9,4 \cdot 10^{-6}$                                   |
| Стоянка легкового автотранспорта                             | $9,4 \cdot 10^{-6}$                                   |
| Склад многономенклатурной продукции                          | $9,4 \cdot 10^{-6}$                                   |
| Административный корпус                                      | $5,0 \cdot 10^{-6}$                                   |
| Административно-бытовой корпус производственного предприятия | $5,0 \cdot 10^{-6}$                                   |
| Производственный корпус                                      | $5,0 \cdot 10^{-6}$                                   |
| Малярный цех   | $4,3 \cdot 10^{-6}$                                   |

Продолжение таблицы ПЗ № 14.1

| 1   | 2                    |
|---|----------------------|
| Производственное здание автотранспортного предприятия | $3,1 \cdot 10^{-6}$  |
| Производственное здание завода электрооборудования    | $3,1 \cdot 10^{-6}$  |
| Цех экстракции маслоэкстракционного производства      | $0,71 \cdot 10^{-6}$ |
| Торговый центр  | $0,97 \cdot 10^{-6}$ |
| Здание предприятия бытового обслуживания              | $0,97 \cdot 10^{-6}$ |

*Примечание: Данные о вероятности возникновения пожара приведены в расчете на 1 м<sup>2</sup> площади здания.*

Руководстве по оценке пожарного риска для промышленных предприятий [7] продублированы данные, опубликованные ранее в ГОСТ Р 12.3.047-98 [6], а также даны сведения по двум типам объектам, отсутствующим в ГОСТе (Табл. ПЗ № 14. 2).

Таблица ПЗ № 14.2 – Вероятность возникновения пожара, м<sup>2</sup>/год

| Наименование объекта   | Частота возникновения пожара, м <sup>2</sup> /год |
|--|---|
| 1  | 2   |
| Электростанции   | $2,2 \cdot 10^{-5}$                               |
| Склады химической продукции                                      | $1,2 \cdot 10^{-5}$                               |
| Склады многономенклатурной продукции                             | $9,0 \cdot 10^{-5}$                               |
| Инструментально-механические цеха                                | $0,6 \cdot 10^{-5}$                               |
| Цеха по обработке синтетического каучука и искусственных волокон | $2,65 \cdot 10^{-5}$                              |

Продолжение таблицы ПЗ № 14.2

| 1   | 2                    |
|---|----------------------|
| Литейные и плавильные цеха                    | $1,89 \cdot 10^{-5}$ |
| Цеха по переработке мясных и рыбных продуктов | $1,53 \cdot 10^{-5}$ |
| Цеха горячей прокатки металлов                | $1,89 \cdot 10^{-5}$ |
| Текстильные производства                      | $1,53 \cdot 10^{-5}$ |

В ГОСТ Р 12.3.047-98 [6], который рекомендовал рассчитывать вероятность возникновения пожара по методу, приведенному в ГОСТ 12.1.004-91 [5], а также привел статистические данные для некоторых объектов (промышленных помещений).

Таблица ПЗ № 14.3 – Вероятность возникновения пожара, м<sup>2</sup>/год

| Промышленный цех  | Вероятность возникновения пожара, м <sup>2</sup> /год |
|---|---|
| По обработке синтетического каучука и искусственных волокон | $2,65 \cdot 10^{-5}$                                  |
| Литейные и плавильные                                       | $1,89 \cdot 10^{-5}$                                  |
| Механические  | $0,60 \cdot 10^{-5}$                                  |
| Инструментальные  | $0,60 \cdot 10^{-5}$                                  |
| По переработке мясных и рыбных продуктов                    | $1,53 \cdot 10^{-5}$                                  |
| Горячей прокатки металлов                                   | $1,89 \cdot 10^{-5}$                                  |
| Текстильного производства                                   | $1,53 \cdot 10^{-5}$                                  |
| Электростанций  | $2,24 \cdot 10^{-5}$                                  |

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О предотвращении крупных промышленных аварий [Электронный ресурс]: [конвенция МОТ № 174, принята на 80 сессии Генеральной конференции Международной организации труда 22 июня 1993 г.]. – Женева, 14 с. – Режим доступа: <http://docs.pravo.ru/document/view/17358363/15009720.–01.10.2016>. - Загл. с экрана.
2. Овчаренко В. Л. Об оптимальной численности службы охраны труда на шахтах Донбасса [Текст] / В. Л. Овчаренко, А. Л. Кавера, С. С. Никишаева // сб. науч. тр. V междунар. науч.-практич. конф. «Промышл. безопасность и вентиляция подземных сооружений в XXI ст.», 9-10 апр., 2015. – Донецк: ДонНТУ. – 2015 – С. 44-49 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/29976.–10.10.2016>
3. Закон Об охране труда [Текст]: Закон Донецкой Народной Республики: № 31-ИНС от 03.04.2015: [принят Народным Советом ДНР 03 апреля 2015 г.: постановление №I-118П-НС] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: сайт Народного Совета ДНР: <http://dnrsovet.su/zakon-dnr-ob-ohrane-truda.–01.10.2016>.
4. Закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Текст]: Закон Донецкой Народной Республики: № 54-ИНС от 05.06.2015: [принят Народным Советом ДНР 05 июня 2015 г.: постановление №I-203П-НС] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: сайт Народного Совета ДНР: <http://dnrsovet.su/zakon-dnr-o-promyshlennoj-bezopasnosti-opasnyh-proizvodstvennyh-obektov.–01.10.2016>.
5. Типовое Положение о службе охраны труда [Текст] : утв. Гос. Комитетом горного и технического надзора ДНР приказ № 354 от 27.08.2015 г, 10 с [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://gnvk-47.ucoz.ua/6\\_polozhenie\\_o\\_sluzhbe\\_okhrany\\_truda.pdf.–02.10.2016](http://gnvk-47.ucoz.ua/6_polozhenie_o_sluzhbe_okhrany_truda.pdf.–02.10.2016).
6. Овчаренко В.Л. Вопросы организации служб промышленной безопасности и охраны труда на опасном производственном объекте/В.Л.Овчаренко, О.Г. Кременев //Вестник Института гражданской защиты Донбасса: научный журнал. – ДонНТУ, 2017. – Вып. 1 (9). – С. 19-26.
7. Строительные нормы и правила: СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение. М.: Минстрой РФ, 1995.
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г.М. Кнорринга. СПб.: Энергоатомиздат, 1992. 448 с.
9. Безопасность жизнедеятельности. Ч. 2: Инженерные решения при проектировании условий, обеспечивающих безопасность деятельности: учеб. пособие / под ред. А.А. Шайдорова, И.А. Ланцева; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 1995.
10. Гладких, С.Н. Безопасность жизнедеятельности в условиях производства (Охрана труда): учеб. пособие / С.Н. Гладких, Ю.Н. Гладких; НовГУ им. Ярослава Мудрого. Великий Новгород, 2006. 176 с.



11. Лабораторный практикум для студентов всех форм обучения и специальностей/М.М. Сметанин, И.П. Озерной, В.В. Смирняков: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). Санкт-Петербург, 1998 . 114с.
12. Методические указания на гравиметрическое определение пыли в воздухе рабочей зоны и в системах вентиляционных установок. М.: 1977. – 16 с.
13. Волохина А.Т. Исследование запылённости воздуха в производственных помещениях и методов защиты от пыли». Методические указания по дисциплинам «Безопасность жизнедеятельности» и «Производственная санитария и гигиена труда». Под ред. Прусенко Б.Е. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. – 26 с.
14. Александров С. Н. Охрана труда в угольной промышленности [Текст]: учеб. пособие для студентов горных специальностей вузов / С. Н. Александров, Ю. Ф. Булгаков, В. В. Яйло; под общей ред. Ю. Ф. Булгакова.– Донецк: РИА ДонНТУ, 2012.– 480 с.
15. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Изд-во стандартов , 1974.
16. Раздорожный А. А. Охрана труда и производственная безопасность: Учебно-методическое пособие — Москва: Изд-во «Экзамен», 2005. — 512 с. (Серия «Документы и комментарии»).
17. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
18. Производственная санитария и гигиена труда : учеб. пособие для вузов / Е.В. Глебова. – М. : Изд-во Высшая школа, 2005. – 383 с.
- 19 СНиП 11-12-88 «Защита от шума»
20. Куклев Ю.И. Физическая экология / Учеб. пособие, 2<sup>е</sup> изд., исправ. – М.: Высшая школа, 2003. – 357 с.
21. Гигиена труда: учебник/Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф.Кириллова// 2010. – 592 с.
22. Мамырбаев А.А. Основы медицины труда: учебное пособие. 2010
23. Охрана труда : методические указания к выполнению контрольной работы для студентов-заочников строительных специальностей / сост. О. А. Мищенко. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. – 2007. – 64 с.
24. Ковалев Г.И. Гигиеническое нормирование и расчет характеристик производственной вибрации: Методические указания к практическим занятиям и курсовому проектированию. Томск. Издательство Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2003. – 41 с.
25. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность производственных процессов и производств (Охрана труда) : учеб. пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. – 2-е изд. испр. и доп.– М. : Высш. шк., 2002. – 319 с
26. Исследование вибрации : методические указания к лабораторной работе для студентов всех специальностей / сост. Т. В. Тупицына, Н. Г. Измestьева, В. П. Тищенко. – Хабаровск : Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2000. – 32 с

27. ГОСТ 12.4.012-83. ССБТ. Вибрация. Средства измерения и контроля на рабочих местах. – М. : Изд-во стандартов, 1984.
28. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности. – М. : Изд-во стандартов, 1990.
29. СН 2.2.4/2.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий : утв. пост. Гос. комис. санэпиднадзора РФ 31.10.96. : введ. 31.10.96.
30. Беляков, Г.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве (охрана труда): учебник для вузов / Г.И. Беляков – СПб.: Издательство «Лань», 2006. – 512с.
31. Денисенко Г.Ф. Охрана труда: учебное пособие для вузов.- М.: Высш.школа, 1985.- 319 с.
32. Жидецкий В.Ц., Основы охраны труда: Учебное пособие/ Джигерей В.С., Мельников А.В. - Львов «Афиша», 2000 – 343 с.
33. СН.4088-86. Сан. нормы микроклимата производст. помещений.- М., 1986.
34. Михнюк Т.Ф. Охрана труда. Учебное пособие для вузов. – Мн.: Вышэйшая школа, 2007. – 335 с
35. Девисилов В.А. Охрана труда. Учебник. – 2-е издание испр. и доп. – М.: Форум, ИНФРА, 2006. 380 с.
36. Веденин А.Н. Исследование газового состава атмосферы. Методическое пособие по лабораторной работе. С.Петербург, 1992. 44 с.
37. Строительные нормы и правила: СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение. М.: Минстрой РФ, 1995.
38. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Долинский В.А. Лабораторный практикум по рудничной вентиляции. М., Недра, 1996, 164 с.
39. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
40. СН 4088-86. «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений»
41. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования»
42. СН.4088-86. Сан. нормы микроклимата производст. помещений.- М., 1986.
43. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы»
44. Контроль защитного заземления : методические указания к лабораторной работе для студентов всех специальностей / сост. Т. В. Тупицына, Л. П. Майорова, Л. Ф. Юрасова, М. Н. Кофанов. – Хабаровск : Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 1996. – 23 с.

45. Найфельд М. Р. Заземление и защитные меры электробезопасности / М. Р. Найфельд. – М.: Энергия, 1971. –120 с.
46. Цапенко Е.Ф, Шакундин С.З. Электробезопасность на горных предприятиях (для студентов высших учебных заведений)/ ЦапенкоЕ.Ф., Шакундин С.З. [2-е изд.] – М. – 2008. – 103 с.
47. Электротехнический справочник. Том 1.Общие вопросы. Электротехнические материалы/Алиев И.И.- М.:Энергия, 2006. – 480 с., ил.
48. Электротехнический справочник. В 3-х т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общей редакцией профессоров МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. - 6-е изд., испр. и доп. - М.: Энергия, 1980. - 520с., ил.
49. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).-К.: Форт, 2009.-704 с.
50. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
51. Безопасная эксплуатация электроустановок: справ. пособие / под общ. ред. Е.Н. Татарова. - Н. Новгород: Вента-2, 1999. - 160 с.
52. ГОСТ Р МЭК 61140-2000. Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи.
53. Защитное заземление и защитное зануление электроустановок: справочник / В.Д. Маньков, С.Ф. Заграничный. - М.: Политехника, 2006 - 440 с.
54. Электротехнический справочник. В 4 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства / под общ. ред. В.Г. Герасимова. - М.: Издательство МЭИ, 2003. - 518 с.
55. Маренич К.М. Автоматическая защита электрооборудования шахт от аварийных состояний и опасностей: учеб, пособ. для высш. учеб. завед./К.М. Маренич, И.В. Ковалёва. – Донецк: ГВУЗ «ДОННТУ», 2013. – 209 с.
56. ГОСТ Р 12.3.227–2003. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – М. : Госстандарт Рос- сии, 2003.
57. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. М. : ВНИИПО МВД, 2003. 39
58. Белов, О.В. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для студентов / О.В. Белов, А.В. Ильницкая. – М.: Высш. шк., 1999.
59. Хван Т.А., Хван П. А.. Основы безопасности жизнедеятельности. Ростов н/Дону: Феникс, 2000. -384 с.
60. . Мاستрюков Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник для вузов. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 336 с.

- 61 Правила пожарной безопасности для предприятий угольной промышленности ДНР, №1472 от 15.07.2016 г.
62. Закон ДНР «О пожарной безопасности» №151 – ИНС от 30.09.2016 г.
63. Правила организации государственного надзора состояния промышленной безопасности, охраны труда и горного надзора в системе Государственного Комитета горного и технического надзора Донецкой Народной Республики (Государственный Комитет Гортехнадзора ДНР) (НПАОТ 0.00-1.07-16 опубликовано 26.01.2016 года).
64. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений / Э.А. Арустамов, Н. В. Косолапова, Н; А. Прокопенко, Г. В. Гуськов. — 3-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — стр. 126-151.
65. Крючек Н.А., Латчук В.Н., Миронов С.К. Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях: Учебник для населения / Под общ. ред. Г.Н. Кириллова. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. - стр. 205-244.
66. Микрюков В.Ю. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / В. Ю. Микрюков. — Ростов н/Д: Феникс, 2006.— стр. 182-216.
67. Сычев Ю.Н. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика, 2007. — стр. 177-220.
68. Сергеев В.С. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях.—3-е изд -перераб. и доп.—М.: Академический Проект, 2003.— стр. 363-395 .
69. Хван Т.А., Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности. Серия Учебники и учебные пособия». Ростов н/Д; «Феникс», 2003. – стр. 313-365.
70. Феоктистова О.Г. Безопасность жизнедеятельности (медико-биологические основы): Учебное пособие / О.Г . Феоктистова, Т. Г. Феоктистова, Е.В. Экзерцева. — Ростов н/Д: Феникс, 2006. — стр. 141-160.
71. Овчаренко В.Л. Комплексная оценка риска забойщиков Центрального района Донбасса/В.Л. Овчаренко, Е.Б. Николаев//Промышленная безопасность и вентиляция подземных сооружений в XXI столетии//Сб. науч. тр. V Международной научно-практ. конференции молодых учёных, студентов и аспирантов. – Донецк: ДонНТУ. – 2015. – С. 49 – 52.
72. Деревянский Ю.В. Анализ смертельного травматизма на угольных шахтах по основным производственным факторам и основные направления его профилактики/В.Ю. Деревянский, В.Е. Герасименко, В.Л. Овчаренко//Сб. науч. тр. III научно-техн. конференции молодых учёных, студентов и аспирантов. – Донецк: ДонНТУ. – 2015. – С. 3 – 8.
73. Овчаренко В.Л. Вероятностный метод оценки риска травматизма шахтёров при ограниченности исходных данных/В.Л. Овчаренко, А.А. Семейко// Сб. науч. тр. III научно-техн. конференции молодых учёных, студентов и аспирантов. – Донецк: ДонНТУ. – 2015. – С. 54 – 60.