Федеральное агентство по образованию

Сибирский государственный аэрокосмический университет

имени академика М. Ф. Решетнева

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Методические указания*

*по выполнению практических работ для студентов*

*всех специальностей всех форм обучения*

Красноярск 2009

УДК 330.541/542(075.8)

Рецензент

кандидат технических наук, профессор А. Г. Кучкин

(Сибирский государственный аэрокосмический университет

имени академика М. Ф. Решетнева)

Печатается по решению методической комиссии ИМИ

**Безопасность жизнедеятельности** : метод. указ. к вып. практич. работ для студентов всех спец. всех форм обучения / Е. Н. Окладникова, Е. В. Кузнецов, О. В. Тасейко, Т.Е. Скрипка; Сиб. Гос. Аэрокосмич. Ун-т. – Красноярск, 2009. – 40 с.

Учебно-методическое издание

**БЕЗОПАСНОСТЬ**

**ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Методические указания*

*к выполнению практических работ для студентов*

*всех специальностей всех форм обучения*

Составители:

Окладникова Екатерина Николаевна

Кузнецов Евгений Валерьевич

Тасейко Ольга Викторовна

Тамара Егоровна Скрипка

Ре­дак­тор *К. С. Мирошникова*

Оригинал-макет и верстка *М. А. Белоусовой*

Под­пи­са­но в пе­чать 07.08.2009. Фор­мат 60×84/16. Бу­ма­га оф­сет­ная

Пе­чать плос­кая. Усл. печ. л. 2,3. Уч.-изд. л. 2,9. Ти­раж 300 экз.

За­каз . С 266.

Са­ни­тар­но-эпи­де­ми­оло­ги­чес­кое зак­лю­че­ние

№ 24.49.04.953.П.000032.01.03. от 29.01.2003 г.

Ре­дак­ци­он­но-из­да­тельский от­дел Сиб. гос. аэро­кос­мич. ун-та.

От­пе­ча­та­но в от­де­ле ко­пи­ро­валь­но-мно­жи­тель­ной тех­ни­ки

Сиб. гос. аэро­кос­мич. ун-та.

660014, г. Крас­но­ярск, просп. им. газ. «Крас­но­яр­ский ра­бо­чий», 31.

© Сибирский государственный аэрокосмический

университет имени академика М. Ф. Решетнева, 2009

**Оглавление**

Общие сведения 4

1. Оценка воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе 5

2. Расчет потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции 14

3. Расчет уровня шума в жилой застройке 21

4. Расчет контурного защитного заземления в цехах

с электроустановками напряжением до 1 000 В 26

5. Оценка возможности использования железобетонного

фундамента цеха в качестве заземлителя 32

6. Определение времени разрушения построек,

в случае возникновения аварии (катастрофы) на пожаро-

и взрывоопасных объектах 35

Библиографический список 39

#

#

# Общие сведения

Уровень решения проблем обеспечения безопасности жизнедеятельности человека в любом современном государстве может служить наиболее достоверным и комплексным критерием для оценки как степени экономического развития и стабильности этого государства, так и нравственного состояния общества. Это объясняется тем, что глубокое и всестороннее решение сложных проблем, порожденных научно-техническим прогрессом, требует громадных капиталовложений и высокой культуры производства, а следовательно, под силу только экономически высокоразвитому, стабильному государству, обладающему мощным научно-техническим и интеллектуальным потенциалом. С другой стороны, решение проблем безопасности требует активного участия всех членов общества, высокого гражданского самосознания, готовности к ущемлению сегод-няшних интересов, а иногда и к определенному ограничению индивидуальных свобод, во имя жизни человека и развития будущих поколений. Это возможно только в обществе, организованном на принципах высокой нравственности и культуры [1; 2]. Реализация этих принципов может быть достигнута на основе тщательно проработанной и организованной непрерывной системы образования и воспитания, охватывающей все ступени образования от дошкольного воспитания до системы повышения квалификации и переподготовки кадров.

Особое значение образование и воспитание в области безопасности приобретает в технических вузах, где достигнутый в процессе обучения уровень профессионализма будущих разработчиков новой техники и технологии, руководителей производства во многом будет определять эффективность решения проблем безопасности непосредственно в источниках их возникновения [2].

Основной целью образования в области БЖД является достижение высокого профессионализма, который предусматривает глубокое изучение методов и средств анализа, проектирования, развития и управления эрготехническими системами, являющимися частными конкретными реалиями общей системы «человек – машина – среда обитания».

Предлагаемые методические указания позволяют обеспечить четкую организацию проведения практических занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», научить студентов проводить оценку воздействия вредных веществ, находить требуемые параметры систем вентиляции, обеспечивающие нормальный микроклимат на рабочих местах, рассчитывать уровень шума, обеспечивать безопасность при работе с электрооборудованием и определять время разрушения построек, в случае возникновения аварии на пожаро- и взрывоопасных объектах.

# 1. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ

Для обеспечения жизнедеятельности человека необходима воздушная среда определенного качественного и количественного состава. Нормальный газовый состав воздуха следующий (об. %): азот – 78,02; кислород – 20,95; углекислый газ – 0,03; аргон, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водород – суммарно до 0,94. В реальном воздухе, кроме того, содержатся различные примеси (пыль, газы, пары), оказывающие вредное воздействие на организм человека.

Основной физической характеристикой примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений является концентрация массы (мг) вещества в единице объема (м3) воздуха при нормальных метеорологических условиях.

От вида, концентрации примесей и длительности воздействия зависит их влияние на природные объекты.

На производстве редко встречается изолированное действие вредных веществ, обычно работник подвергается комплексному (сочетанному) действию негативных факторов разной природы (физических, химических) или комбинированному влиянию факторов одной природы, чаще ряду химических веществ [1; 2].

Комбинированное действие– это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Различают несколько типов комбинированного действия вредных веществ в зависимости от эффектов токсичности:

– *аддитивное действие* – суммарный эффект действия смеси равен сумме эффектов входящих в смесь компонентов. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда составляющие смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма. Примером чего является наркотическое действие смеси углеводородов (бензол, изопропилбензол);

– *потенцированное действие* (синергизм), когда компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает, потенцирует действие другого. Эффект синергизма больше аддитивного и проявляется только в случае острого отравления. Никель усиливает свою токсичность в присутствии медистых стоков в 10 раз, алкоголь значительно повышает опасность отравления анилином;

– *антагонистическое действие* – эффект менее аддитивного. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого. Примером может служить антидотное взаимодействие (противоядие) между эзерином и атропином;

– *независимое действие*, при котором комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого из ядов в отдельности. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества. Комбинации веществ с независимым действием встречаются достаточно часто, например, бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыли.

Наряду с комбинированным влиянием ядов возможно их *комплексное действие,* когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями (органы дыхания и кожа, органы дыхания и желудочно-кишечный тракт и др.).

Требование полного отсутствия вредных веществ в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, поэтому особую важность приобретает *гигиеническое нормирование*, т. е. ограничение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т. д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК), утвержденным в законодательном порядке санитарно-гигиеническими нормативами. ПДК – максимальная концентрация вредных веществ в воздухе, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия (включая отдаленные последствия) [2; 3; 4].

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест нормируют по списку Минздрава № 3086–84 (1, 3), а для воздуха рабочей зоны производственных помещений по ГОСТ 12.1.005.88 (2004) ССБТ и ГН 2.2.5.695–98. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов нормируют по *максимально разовой* и *среднесуточной концентрации примесей*.

ПДКmax – основная характеристика опасности вредного вещества, которая установлена для предупреждения возникновения рефлекторных реакций человека (ощущение запаха, световая чувствительность и др.) при кратковременном воздействии (не более 30 мин.)

ПДКсс – установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вредного вещества при воздействии более 30 мин.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это такая концентрация, которая при ежедневном воздействии (но не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований, в период работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДК, как правило, устанавливают на уровне в 2...3 раза более низком, чем порог хронического действия, при этом учитывают возможность ингаляционного отравления, проникновения яда через неповрежденную кожу, его накопления в организме.

Классификация вредных веществ по *степени опасности* зависит от показателей токсичности веществ ивключает в себя четыре класса [3]:

– 1 – это чрезвычайно опасные вещества, для них ПДК < 0,1 мг/м3, например, свинец, ртуть имеют ПДК = 0,01 мг/м3;

– 2 – высокоопасные вещества, ПДК = 0,1...1,0 мг/м3, например, марганец ПДК = 0,3 мг/м3;

– 3 – умеренноопасные ПДК= 1,0...10 мг/м3, например, азота диоксид ПДК = 2 мг/м3;

– 4 – малоопасные, ПДК > 10 мг/м3, например, угарный газ имеет ПДК = 20 мг/м3.

**Порядок выполнения задания**

1. Получив методические указания по практическим занятиям, необходимо переписать форму табл. 1.1 на чистый лист бумаги.

2. Выбрав вариант задания, заполнить графы 1…3 (табл. 1.1).

3. Используя нормативно-техническую документацию (табл. 1.2), заполнить графы 4…8 (табл. 1.1).

4. Сопоставить заданные по варианту (табл. 1.3) концентрации вещества с предельно допустимыми (см. табл. 1.2) и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ в графах 9…11 (см. табл. 1.1), т. е. <ПДК, >ПДК, =ПДК, обозначая соответствие нормам знаком «+», а несоответствие знаком «–».

5. В случае несоответствия, превышения фактической концентрации установленной ПДК необходимо рассмотреть возможные источники и предложить способы снижения концентрации по каждому конкретному веществу.

*Таблица 1.1*

**Исходные данные и нормируемые значения**

**содержания вредных веществ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Вещество | Концентрация вредного вещества, мг/м3 | Класс опасности | Особенности воздействия | Соответствие нормам каждого из веществ |
| Фактическая | В воздухерабочей зоны | В воздухе населенных пунктов | В воздухерабочей зоны | В воздухе населенных пунктов при времени воздействия |
| максимально разовая≤30 мин | средне-суточная>30 мин | <30 мин | >30 мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 01 | Оксид углерода | 5 | 20 | 5 | 3 | 4 | 0 | <ПДК(+) | =ПДК(+) | >ПДК(–) |

*Таблица 1.2*

**Предельно допустимые концентрации**

**вредных веществ в воздухе, мг/м3 [5]**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | В воздухе рабочей зоны | В воздухе населенных пунктов | Класс опасности | Особенности воздействия |
| максимально разовая; воздействие ≤30 мин | среднесуточная; воздействие >30 мин |
| Азота диоксид | 2 | 0,085 | 0,04 | 2 | О |
| Азота оксиды | 5 | 0,6 | 0,06 | 3 | О |
| Азотная кислота | 2 | 0,4 | 0,15 | 2 | – |
| Акролеин | 0,2 | 0,03 | 0,03 | 3 | – |
| Алюминия оксид | 6 | 0,2 | 0,04 | 4 | Ф |
| Аммиак | 20 | 0,2 | 0,04 | 4 | – |
| Ацетон | 20 | 0,2 | 0,04 | 4 | – |
| Бензол | 5 | 1,5 | 0,1 | 2 | К |
| Винилацетат | 10 | 0,15 | 0,15 | 3 | – |
| Вольфрам | 6 | – | 0,1 | 3 | Ф |
| Вольфрамовый ангидрид | 6 | – | 0,15 | 3 | Ф |
| Гексан | 300 | 60 | – | 4 | – |
| Дихлорэтан | 10 | 3 | 1 | 2 | – |
| Кремния диоксид | 1 | 0,15 | 0,06 | 3 | Ф |
| Ксилол | 50 | 0,2 | 0,2 | 3 | Ф |
| Метанол | 5 | 1 | 0,5 | 3 | – |
| Озон | 0,1 | 0,16 | 0,03 | 1 | О |
| Полипропилен | 10 | 3 | 3 | 3 | – |
| Ртуть | 0,01–0,005 | – | 0,0003 | 1 | – |
| Серная кислота | 1 | 0,3 | 0,1 | 2 | – |
| Сернистый ангидрид | 10 | 0,5 | 0,05 | 3 | – |
| Сода кальцинированная | 2 | – | – | 3 | – |
| Соляная кислота | 5 | – | – | 2 | – |
| Толуол | 50 | 0,6 | 0,6 | 3 | – |
| Углерода оксид | 20 | 5 | 3 | 4 | Ф |
| Фенол | 0,3 | 0,01 | 0,003 | 2 | – |
| Формальдегид | 0,5 | 0,035 | 0,003 | 2 | О, А |
| Хлор | 1 | 0,1 | 0,03 | 2 | О |
| Хрома оксид | 1 | – | – | 3 | А |
| Хрома триоксид | 0,01 | 0,0015 | 0,0015 | 1 | К, А |
| Цементная пыль | 6 | – | – | 4 | Ф |
| Этилендиамин | 2 | 0,001 | 0,001 | 3 | – |
| Этанол | 1000 | 5 | 5 | 4 | – |

*Примечание.* В настоящем задании рассматривается только независимое действие представленных в варианте вредных веществ: О – вещества с остронаправленным действием, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль; А – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; К – канцерогены, Ф – аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия.

*Таблица 1.3*

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Вещество | Фактическая концентрация | Вариант | Вещество | Фактическая концентрация |
| 1 | ФенолАзота оксидыУглерода оксидВольфрамПолипропиленАцетон | 0,0010,110550,5 | 7 | ОзонМетиловый спиртКсилолАзота диоксидФормальдегидТолуол | 0,010,20,50,50,010,05 |
| 2 | АммиакАцетонБензолОзонДихлорэтанФенол | 0,011500,050,00150,5 | 8 | АкролеинДихлорэтанОзонУглерода оксидФормальдегидВольфрам | 0,0150,01150,024 |
| 3 | АкролеинДихлорэтанХлорУглерода оксидСернистый ангидридХрома оксид | 0,0140,02100,030,1 | 9 | Азота диоксидАммиакХрома оксидСернистый ангидридРтутьАкролеин | 0,040,50,20,50,0010,01 |
| 4 | ЭтанолУглерода оксидОзонСерная кислотаСоляная кислота | 150150,010,055 | 10 | АцетонУглерода оксидКремния диоксидФенолФормальдегидТолуол | 0,2150,20,0030,020,5 |
| 5 | АммиакАзота диоксидВольфрамовый ангидридХрома оксидОзон | 0,5150,20,001 | 11 | Азота оксидыАлюминия оксидФенолБензолФормальдегидВинилацетат | 0,150,010,050,010,1 |
| 6 | Азота диоксидОзонУглерода оксидДихлорэтанСода кальци-нированнаяРтуть | 50,00110510,001 | 12 | Азотная кислотаТолуолВинилацетатУглерода оксидАлюминия оксидГексан | 0,50,60,151050,01 |

*Продолжение табл. 1.3*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Вещество | Фактическая концентрация | Вариант | Вещество | Фактическая концентрация |
| 13 | Азота диоксидАцетонБензолФенолУглерода оксидВинилацетат | 0,50,20,050,01100,1 | 20 | Серная кислотаАзотная кислотаВольфрамКремния диоксидФенолАцетон | 0,50,50,20,010,20,001 |
| 14 | АкролеинДихлорэтанХлорХрома триоксидКсилолацетон | 0,0150,010,10,3150 | 21 | АммиакАзота оксидыВольфрамАлюминия оксидУглерода оксидФенол | 0,0010,14550,01 |
| 15 | Углерода оксидАммиакАзота диоксидАцетонБензол | 100,151000,05 | 22 | АцетонФенолФормальдегидПолипропиленТолуолВинилацетат | 0,30,0050,0280,070,15 |
| 16 | МетанолЭтанолЦементная пыльУглерода оксидРтутьКсилол | 0,3100200150,0010,5 | 23 | Сернистый ангидридСерная кислотаВольфрамовый ангидридХрома оксидАзота диоксидАммиак | 0,50,0550,20,050,5 |
| 17 | Углерода оксидАзота диоксидФормальдегидАкролеинДихлорэтанОзон | 101,00,020,0150,02 | 24 | Азота оксидыАлюминия оксидФормальдегидВинилацетатБензолФенол | 0,150,020,10,050,005 |
| 18 | Хрома триоксидХлорУглерода оксидАзота диоксидОзон | 0,10,021010,1 | 25 | АммиакАзота оксидыУглерода оксидФенолВольфрам | 0,050,1150,0054 |
| 19 | Азотная кислотаСерная кислотаАцетонКремния диоксидФенолОзон | 0,50,51000,20,0010,001 | 26 | АммиакАзота диоксидХрома оксидКсилолРтутьГексан | 0,0250,20,50,00050,01 |

*Окончание табл. 1.3*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Вещество | Фактическая концентрация | Вариант | Вещество | Фактическая концентрация |
| 27 | АцетонОзонКремния диоксидФенолОзон | 0,50,50,20,0010,001 | 29 | ОзонАзота диоксидУглерода оксидХлорХрома триоксид | 0,051150,20,09 |
| 28 | АкролеинДихлорэтанОзонУглерода оксидВольфрамФормальдегид | 0,0150,012050,02 | 30 | АммиакАзота диоксидХрома оксидСоляная кислотаСерная кислотаСернистый ангидрид | 0,40,50,1840,040,4 |

Пример расчета воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе, представлен в табл. 1.4.

*Таблица 1.4*

**Оценка воздействия вредных веществ,**

**содержащихся в воздухе**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Вещество | Концентрация вредного вещества, мг/м3 | Класс опасности | Особенности воздействия | Соответствие нормам каждого из веществ в отдельности |
| Фактическая | В воздухе рабочей зоны | Максимально разовая<30 мин | Среднесуточная>30 мин | В воздухе рабочей зоны | В воздухе населенных пунктов при времени воздействия |
| <30мин | >30мин |
| 1 | Азота диоксид | 0,5 | 2 | 0,085 | 0,04 | 2 | 0 | + | – | – |
| 2 | Ацетон | 0,2 | 20 | 0,35 | 0,35 | 4 | – | + | + | + |
| 3 | Фенол | 0,01 | 0,3 | 0,01 | 0,003 | 2 | – | + | + | – |

*Вывод:* ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны находится в норме. В воздухе населенных пунктов при времени воздействия 30 мин или менее концентрация диоксида азота превышает норму, при воздействии свыше 30 мин – фактические концентрации диоксида азота и фенола несоответствуют установленным ПДК.

*Диоксид азота.*Оксид (NO) и диоксид (NO2) азота образуются при сгорании топлива при очень высоких температурах (выше 650 оС) и избытке кислорода. Кроме того, эти вещества выделяются при окислении бактериями азотсодержащих соединений в воде или почве. В дальнейшем в атмосфере оксид азота окисляется до газообразного диоксида красно-бурого цвета, который хорошо заметен в атмосфере большинства крупных городов. Основными источниками диоксида азота в городах являются выхлопные газы автомобилей и выбросы теплоэлектростанций (причем использующих не только ископаемые виды топлива). Еще диоксид азота образуется при сжигании твердых отходов, так как этот процесс происходит при высоких температурах горения. Также NO2 играет не последнюю роль при образовании фотохимического смога в приземном слое атмосферы.

В значительных концентрациях диоксид азота имеет резкий сладковатый запах. В отличие от сернистого ангидрида он раздражает нижний отдел дыхательной системы, особенно легочную ткань, ухудшая тем самым состояние людей, страдающих астмой, хроническими бронхитами. Диоксид азота повышает предрасположенность к острым респираторным заболеваниям, например, пневмонии. Оксиды азота, улетучивающиеся в атмосферу, представляют серьезную опасность для экологической ситуации, так как способны вызывать кислотные дожди, а также сами по себе являются токсичными веществами, вызывающими раздражение слизистых оболочек.

*Фенол* C6H5OH – бесцветные игольчатые кристаллы, розовеющие на воздухе из-за окисления, приводящего к окрашенным продуктам. Обладают специфическим запахом гуаши. Фенол ядовит. Вызывает нарушение функций нервной системы. Пыль, пары и раствор фенола раздражают слизистые оболочки глаз, дыхательных путей, кожу.

Фенол применяют в производстве фенолформальдегидных пластмасс, синтетического волокна капрона, красителей, лекарственных препаратов. Разбавленные водные растворы фенола (карболка (5 %)) применяют для дезинфекции помещений, белья в некоторых учреждениях (например, больницах). Являясь антисептиком, он широко применялся в медицине в период Второй мировой войны, но из-за высокой токсичности в настоящее время использование сильно ограничено. Фенол всасывается в кровь через слизистые оболочки и кожу, а затем распределяется в органах и тканях. Фенол, поступивший в организм через пищевой канал, вызывает боли в желудке, рвоту, понос, иногда с примесями крови.

Рассмотрев вредные вещества, фактические концентрации которых превышают ПДК, можно сделать однозначный вывод: производство является вредным для людей, проживающих рядом. Необходимо принять соответствующие меры.

**Контрольные вопросы и задания**

1. Дайте определения понятий «опасность вещества», «критерий токсичности».
2. Предоставьте классификацию химических веществ в зависимости от их практического использования.
3. От чего зависит эффект воздействия вещества?
4. Какова классификация вредных веществ по характеру воздействия на человека?
5. Типы комбинированного действия ядов.
6. Путиобезвреживания ядовв организме.
7. Дайте определения понятий «ПДК рабочей зоны», «ПДК среднесуточная», «ПДК максимально разовая».
8. Классификация вредных веществ по степени опасности.

# 2. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА

# ПРИ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

*Вентиляция* – организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения избыточного количества тепла и снижение концентрации вредных примесей (газ, пар, пыль) за счет подачи в него свежего воздуха [6; 7].

По способу подачи в помещение свежего воздуха и удалению загрязненного системы вентиляции подразделяют на естественную, механическую и смешанную.

*Естественная* *система вентиляции* – это та, в которой перемещение воздушных масс осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания. Разность давлений обусловлена разностью плотностей наружного и внутреннего воздуха и ветровым напором, действующим на здание. При действии ветра на поверхностях здания образуется с подветренной стороны избыточное давление, на заветренной стороне – разряжение. Естественная вентиляция реализуется в виде инфильтрации и аэрации [3].

*Механическая* *вентиляция* – вентиляция, с помощью которой воздух подается в производственные помещения или удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием для этого специальных механических возбудителей. Системы вентиляции подразделяются на общеобменные, местные, аварийные, смешанные и системы кондиционирования.По способу подачи и удаления воздуха различают приточную, вытяжную, приточно-вытяжную системы вентиляции и системы с рециркуляцией [2; 3].

Работоспособность системы вентиляции определяется показателем кратности воздухообмена (*K*в):

, (2.1)

где *L* – количество воздуха, поступающего в помещение в единицу времени, м3/ч; *V*п *–* объем вентилируемого помещения, м3; *K* = (1/ч).

При правильно организованной вентиляции кратность воздухообмена должна быть в пределах от 1 до 10.

**Методика расчета.** При общеобменной вентиляции потребный воздухообмен определяют из условия удаления избыточной теплоты и разбавления вредных выделений свежим воздухом до допустимых концентраций. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны устанавливают по ГОСТ 12.1.005–88 (2004).

Потребный воздухообмен, необходимый для отвода излишнего количества теплоты, рассчитывается по формуле (м3/ч) [5]

**,(2.2)

где *Q*изб – избыточное количество теплоты, кДж·ч; *с* – теплоемкость воздуха, *с* = 1,2 кДж/ кг·К; ρ– плотность воздуха, кг/м3; *t*пр– температура приточного воздуха, оС; *t*уд – температура воздуха, удаляемого из помещения, принимается равной температуре воздуха в рабочей зоне.

Расчетное значение температуры приточного воздуха зависит от географического расположения предприятия; в расчете рекомендовано ее принимать равной 22,3 оС. Температуру воздуха в рабочей зоне принимают на 3…5 оС выше расчетной температуры наружного воздуха.

Плотность воздуха, поступающего в помещение, имеет вид (кг/м3)

** (2.3)

Избыточное количество теплоты, подлежащей удалению из производственного помещения, определяют по тепловому балансу (кДж/ч)

*Q* изб *=* Σ*Q*пр *–* Σ *Q*расх, (2.4)

где Σ*Q*пр– теплота, поступающая в помещение от различных источников, кДж/ч; Σ*Q*расх *–* потеря теплоты через конструкции зданий, кДж/ч*.*

К основным источникам тепловыделений в производственных помещениях относятся:

– горячие поверхности оборудования (печи, сушильные камеры, трубопроводы и др.);

– оборудование с приводом от электродвигателей;

– солнечная радиация;

– персонал, работающий в помещении;

– различные остывающие массы (металл, вода и др.) [3].

Поскольку перепад температур воздуха внутри и снаружи здания в теплый период года незначительный (3…5 оС), то при расчете воздухообмена по избытку тепловыделений потери теплоты через конструкции зданий можно не учитывать. При этом некоторое увеличение воздухообмена благоприятно влияет на условия труда работающего персонала в наиболее жаркие дни теплого периода года.

С учетом изложенного, формула (2.4) принимает следующий вид:

*Q*изб*=* Σ*Q*пр. (2.5)

В настоящем расчетном задании избыточное количество теплоты определяется только с учетом тепловыделений электрооборудования и работающего персонала

Σ*Q*пр *=* *Q*э.о *+* *Q*p,(2.6)

где *Q*э.о – теплота, выделяемая при работе электродвигателей оборудования, кДж/ч;*Q*p– теплота, выделяемая работающим персоналом, кДж/ч.

Теплота, выделяемая электродвигателями оборудования, рассчитывается по формуле

*Q*э.о = 3 528 β*N*.(2.7)

где β – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования, одновременность его работы, режим работы. (β = 0,25…0,35); *N* – общая установочная мощность электродвигателей, кВт.

Теплота, выделяемая работающим персоналом, имеет вид

*Q*p *=* *n K*p, (2.8)

где *n* – число работающих человек; *K*р – теплота, выделяемая одним человеком, принимается равной при легкой работе 300 кДж/ч, при работе средней тяжести 400 кДж/ч, при тяжелой работе 500 кДж/ч*.*

Расход приточного воздуха, необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах (м3/ч) [5]:

*L*2 *=* *G* /(*q*уд *–* *q*пр), (2.9)

где *G* – количество выделяемых вредных веществ, мг/ч; *q*уд – концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе, которая не должна превышать предельно допустимую*,* мг/м3, т. е*.* *q*уд≤*q*пдк;*q*пр – концентрация вредных веществ в приточном воздухе, мг/м3, находится по уравнению

*q*пр≤0,3 *q*пдк. (2.10)

Для определения потребного воздухообмена *L* необходимо сравнить величины *L*1и *L*2, рассчитанные по формулам (2.2) и (2.9) и выбрать наибольшую из них.

Кратность воздухообмена рассчитывается по выражению (1/ч)

*К =* *L*max/ *V*c,(2.11)

где *L*max – потребный воздухообмен, м3/ч; *V*c – внутренний свободный объем помещения, м3*.*

Кратность воздухообмена помещений обычно составляет от 1 до 10 (большие значения для помещений со значительными выделениями теплоты, вредных веществ или небольших по объему).

Для машиностроительных и приборостроительных цехов рекомендуемая кратность воздухообмена составляет 1…3, для литейных, кузнечно-прессовых, термических цехов, химических производств около 3…10.

**Порядок выполнения задания**

1. Выбрать и записать в отчет исходные данные варианта (табл. 2.1);

2. Выполнить расчет по варианту;

3. Определить потребный воздухообмен;

4. Сопоставить рассчитанную кратность воздухообмена с рекомендуемой и сделать соответствующий вывод.

*Таблица 2.1*

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Габаритные размеры цеха, м | Установочная мощность оборудования, кВт | Число работающих | Категория тяжести работы | Наименование вредного вещества | Количество выделяемого вредноговещества, мг/ч | ПДК вредного вещества, мг/м3 |
| Длина | Ширина | Высота |
| 01 | 100 | 48 | 7 | 190 | 100 | Легкая | Ацетон | 20 000 | 20 |
| 02 | 100 | 48 | 7 | 180 | 200 | Средней тяжести | Ацетон | 30 000 | 20 |
| 03 | 100 | 48 | 7 | 170 | 300 | Тяжелая | Ацетон | 40 000 | 20 |
| 04 | 100 | 48 | 7 | 160 | 100 | Легкая | Ацетон | 50 000 | 20 |
| 05 | 100 | 48 | 7 | 150 | 200 | Средней тяжести | Ацетон | 60 000 | 20 |
| 06 | 100 | 48 | 7 | 150 | 300 | Тяжелая | Ацетон | 20 000 | 20 |
| 07 | 100 | 48 | 7 | 160 | 100 | Легкая | Ацетон | 30 000 | 20 |
| 08 | 100 | 48 | 7 | 170 | 200 | Средней тяжести | Ацетон | 40 000 | 20 |
| 09 | 100 | 48 | 7 | 180 | 300 | Тяжелая | Ацетон | 50 000 | 20 |
| 10 | 100 | 48 | 7 | 190 | 400 | Легкая | Ацетон | 60 000 | 20 |
| 11 | 80 | 24 | 6 | 20 | 50 | Легкая | Азота диоксид | 50 000 | 2 |
| 12 | 80 | 24 | 6 | 30 | 60 | Средней тяжести | Азота оксиды | 60 000 | 5 |
| 13 | 80 | 24 | 6 | 40 | 70 | Тяжелая | Азота диоксид | 20 000 | 2 |
| 14 | 80 | 24 | 6 | 40 | 70 | Тяжелая | Азота оксиды | 40 000 | 5 |
| 15 | 80 | 24 | 6 | 60 | 90 | Средней тяжести | Азота диоксид | 90 000 | 2 |
| 16 | 80 | 24 | 6 | 70 | 100 | Тяжелая | Азота оксиды | 100 000 | 5 |
| 17 | 80 | 24 | 6 | 80 | 110 | Легкая | Древесная пыль | 110 000 | 6 |

*Окончание табл. 2.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Габаритные размеры цеха, м | Установочная мощность оборудования, кВт | Число работающих | Категория тяжести работы | Наименование вредного вещества | Количество выделяемого вредного вещества, мг/ч | ПДК вредного вещества, мг/м3 |
| Длина | Ширина | Высота |
| 18 | 80 | 24 | 6 | 90 | 120 | Средней тяжести | Азота диоксид | 120 000 | 2 |
| 19 | 80 | 24 | 6 | 100 | 130 | Тяжелая | Азота оксиды | 130 000 | 5 |
| 20 | 80 | 24 | 6 | 100 | 140 | Легкая | Древесная пыль | 140 000 | 6 |
| 21 | 60 | 12 | 4 | 1 | 10 | Легкая | Аэрозоль свинца | 20 | 0,01 |
| 22 | 60 | 12 | 4 | 12 | 15 | Легкая | Аэрозоль свинца | 30 | 0,01 |
| 23 | 60 | 12 | 4 | 13 | 20 | Легкая | Аэрозоль свинца | 40 | 0,01 |
| 24 | 60 | 12 | 4 | 14 | 25 | Легкая | Аэрозоль свинца | 50 | 0,01 |
| 25 | 60 | 12 | 4 | 15 | 30 | Легкая | Углерода оксид | 15 000 | 20 |
| 26 | 60 | 12 | 4 | 16 | 10 | Средней тяжести | Углерода оксид | 20 000 | 20 |
| 27 | 60 | 12 | 4 | 17 | 20 | Средней тяжести | Углерода оксид | 30 000 | 20 |
| 28 | 60 | 12 | 4 | 18 | 30 | Средней тяжести | Аэрозоль свинца | 40 | 0,01 |
| 29 | 60 | 12 | 4 | 19 | 40 | Средней тяжести | Аэрозоль свинца | 50 | 0,01 |
| 30 | 60 | 12 | 4 | 20 | 50 | Средней тяжести | Аэрозоль свинца | 60 | 0,01 |

**Пример расчета потребного воздухообмена**

**при общеобменной вентиляции**

1. Исходные данные:

– габаритные размеры цеха: длина *l* = 90 м, ширина *а* = 30 м, высота *в* = 5 м;

– установочная мощность оборудования *N* = 100 кВт;

– число работающих *n* = 30;

– категория тяжести работы – средняя;

– наименование вещества – азота диоксид;

– количество выделяемых вредных веществ *G* =20 000 мг/ч;

– ПДК = 2 мг/м3.

2. Плотность воздуха, поступающего в помещение, рассчитывается следующим образом:

** кг/м3.

Расчетное значение температуры приточного воздуха зависит от географического расположения предприятия. В расчете рекомендовано ее принимать равной 22,3 оС.

3. Теплота, выделяемая работающим персоналом:

*Q*p *=* 30 · 400 = 12 000 кДж/ч.

4. Теплота, выделяемая электродвигателями оборудования:

*Q*э.о *=* 3 528 · 0,3 · 100 = 105 840 кДж/ч.

5. Избыточное количество теплоты, подлежащей удалению из производственного помещения:

*Q*изб *=* 105 840 + 12 000 = 117 840 кДж/ч.

6. Потребный воздухообмен, необходимый для отвода излишнего количества теплоты:

** м3/ч.

7. Расход приточного воздуха, необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах:

*L*2 *=* 20 000 */* 2 – 0,3 · 2 = 14 285,7 м3/ч.

8. Кратность воздухообмена имеет вид

*К =* 20 458,3*/* (90 · 30·5) = 1,52 1/ч.

*Вывод*: Значения кратности воздухообмена лежат в интервале от 1 до 3 (производство приборостроения либо машиностроения), что позволяет утверждать – воздухообмен организован верно.

**Контрольные вопросы и задания**

1. Дайте определения понятия «вентиляция».

2. Приведите классификацию систем вентиляции по способу подачи воздуха.

3. Виды вентиляции производственных помещений.

4. Организация естественной вентиляции. Аэрация с помощью дефлекторов.

5. Какие виды механической вентиляции существуют?

6. Что представляет собой приточно-вытяжная вентиляция с рециркуляцией?

7. Перечислите основные источники тепловыделений в помещениях.

8. Каково устройство местной вытяжной и приточной вентиляции? Приведите примеры местной вентиляции.

9. Кондиционирование воздуха.

10. Коэффициент кратности воздухообмена.

# 3. РАСЧЕТ УРОВНЯ ШУМА

# В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые [8]. Также необходимо учитывать расположение транспортных магистралей, жилых и нежилых зданий, возможное наличие зеленых насаждений. Учет этих факторов помогает в одних случаях обойтись без специальных строительно-акустических мероприятий по защите от шума, а в других – снизить затраты на их осуществление. Допустимый уровень звука должен быть не более 45 дБ [2; 3; 5].

Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах достигаются разработкой шумобезопасной техники; применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029; применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051 [8].

Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБ должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026. Работающих в этих зонах администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051 [8].

На предприятиях, в организациях и учреждениях должен быть обеспечен контроль уровня шума на рабочих местах не реже одного раза в год.

**Мероприятия по борьбе с шумом**

*Группа 1. Строительно-планировочная.*

В информационно-вычислительных центрах (ИВЦ) – акустическая обработка помещения (облицовка пористыми акустическими панелями). Для защиты окружающей среды от шума используются лесные насаждения. Зеленые насаждения уменьшают шум на 10–15 дБ. Рациональное размещение цехов и оборудования, имеющих интенсивные источники шума. Снижается уровень звука от 5–40 дБ [2; 9].

*Группа 2. Конструктивная.*

Конструктивная группа включает:

– установку звукоизолирующих преград (экранов); реализацию метода звукоизоляции (отражение энергии звуковой волны); использование материалов с гладкой поверхностью (стекло, пластик, металл);

– акустическую обработку помещения (звукопоглощение – применение материалов из минерального войлока, стекловаты, поролона и т. д.); снижение уровня звука до 45 дБ [3; 9];

– использование объемных звукопоглотителей (звукоизолятор + звукопоглотитель); устанавливку над значительными источниками звука; звукоизолирующие конструкции изготавливаются из плотного материала (металл, дерево, пластмасса); снижение уровня звука до 30–50 дБ.

*Группа 3. Снижение шума в источнике его возникновения.*

Уменьшение шума в источнике его возникновения (точность изготовления узлов, замена стальных шестерен пластмассовыми и т. д.). Этот метод самый эффективный и возможен на этапе проектирования. Используются композитные 2-х слойные материалы. Снижение шума до 20–60 дБ.

*Группа 4. Организационные мероприятия.*

Организационные мероприятия подразумевают:

– определение режима труда и отдыха персонала;

– планирование рабочего времени;

– планирование работы значительных источников шума в разных условиях. Рациональное размещение цехов и оборудования, имеющих интенсивные источники шума. Снижение шума до 5–10 дБ.

Если уровень шума не снижается в пределах нормы, используются индивидуальные средства защиты (наушники, шлемофоны, вкладыши) [3].

Приборы контроля: шумомеры, виброакустические комплексы.

**Методика расчета.** Задача данного практического занятия – определить уровень звука в расчетной точке (площадка для отдыха в жилой застройке) от источника шума – промышленного предприятия или автотранспорта.

Уровень звука в расчетной точке рассчитывается по формуле (дБ) [5]

*L*рт *= L*иш *–* Δ*L*рас *–* Δ*L*воз – Δ*L*зел *–* Δ*L*э *–*Δ*L*зд, (3.1)

где *L*иш– уровень звука от источника шума, дБ; Δ*L*рас– снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве, дБ; Δ*L*воз– снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, дБ; Δ*L*зел– снижение уровня звука зелеными насаждениями, дБ; Δ*L*э– снижение уровня звука экраном, дБ; Δ*L*зд– снижение уровня звука зданием, дБ.

В формуле влияние травяного покрытия и ветра на снижение уровня звука не учитывается.

Снижение уровня звука от его рассеивания в пространстве находится по выражению

Δ*L*рас *=* 10 lg(*rn /* *ro*). (3.2)

где *rn* – расстояние от источника шума до расчетной точки, м; *ro* = 0,1*rn*– кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источником шума;

Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе имеет вид

Δ*L*воз*=* (αвоз *rn*) */* 100, (3.3)

где αвоз = 0,5 дБ/м – коэффициент затухания звука в воздухе.

Снижение уровня звука зелеными насаждениям находится по уравнению

Δ*L*зел *=* αзел *В*, (3.4)

где αзел– постоянная затухания шума, αзел = 0,1 дБ; *В* – ширина полосы зеленых насаждений, *В* = 10 м – для четных вариантов, *В* = 15 м – для нечетных вариантов.

Снижение уровня звука экраном (зданием) Δ*L*э зависит от разности длин путей звукового луча, δ [5]:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| δ, м | 1 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 60 |
| Δ*L*э,дБ | 14 | 16,2 | 18,4 | 21,2 | 22,4 | 22,5 | 23,1 | 23,7 | 24,2 |

Расстоянием от источника шума и от расчетной точки до поверхности земли можно пренебречь.

Снижение шума за экраном (зданием) происходит в результате образования звуковой тени в расчетной точке и огибания экрана звуковым лучом.

Снижение шума зданием (преградой) обусловлено отражением звуковой энергии от верхней части здания:

Δ*L*зд *= KW*,(3.5)

где *K* – коэффициент, дБ/м, *K* = 0,8…0,9; *W* – толщина (ширина) здания, м.

Допустимый уровень звука на площадке для отдыха составляет не более 45 дБ.

**Порядок выполнения задания**

* 1. Выбрать и записать в отчет исходные данные варианта (табл. 3.1)
	2. Ознакомиться с методикой расчета.
	3. В соответствии с данными варианта определить снижение уровня звука в расчетной точке и, зная уровень звука от источника, по формуле (3.1) найти уровень звука в жилой застройке.
	4. Определив уровень звука в жилой застройке, сделать вывод о соответствии расчетных данных по допустимым нормам.

*Таблица 3.1*

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | *rn*, м | δ, м | *W*, м | *L*иш,дБА |
| 1 | 70 | 5 | 10 | 70 |
| 2 | 80 | 10 | 10 | 70 |
| 3 | 85 | 15 | 12 | 70 |
| 4 | 90 | 20 | 12 | 70 |
| 5 | 100 | 30 | 14 | 70 |
| 6 | 105 | 50 | 14 | 75 |
| 7 | 110 | 60 | 16 | 75 |
| 8 | 115 | 5 | 16 | 75 |
| 9 | 125 | 10 | 18 | 75 |
| 10 | 135 | 15 | 18 | 75 |
| 11 | 60 | 20 | 10 | 80 |
| 12 | 65 | 30 | 10 | 80 |
| 13 | 75 | 50 | 12 | 80 |
| 14 | 80 | 60 | 12 | 80 |
| 15 | 100 | 5 | 14 | 80 |
| 16 | 95 | 10 | 14 | 85 |
| 17 | 105 | 15 | 16 | 85 |
| 18 | 110 | 20 | 16 | 85 |
| 19 | 115 | 30 | 18 | 85 |
| 20 | 120 | 50 | 18 | 85 |
| 21 | 65 | 60 | 10 | 90 |
| 22 | 70 | 5 | 10 | 90 |
| 23 | 80 | 10 | 12 | 90 |
| 24 | 85 | 15 | 12 | 90 |
| 25 | 95 | 20 | 14 | 90 |
| 26 | 100 | 30 | 14 | 70 |
| 27 | 110 | 50 | 16 | 70 |
| 28 | 115 | 60 | 16 | 70 |
| 29 | 120 | 5 | 18 | 70 |
| 30 | 125 | 10 | 18 | 70 |

**Пример расчета уровня шума в жилой застройке**

1. Исходные данные:

– уровень звука от источника шума *L*ист = 80 дБ;

– толщина (ширина) здания *W* = 12 м;

– разность длин путей звукового луча δ = 50 м;

– кратчайшее расстояние от источника шума (автотранспорта) *rn*= 75 м.

2. Снижение уровня звука из-за рассеивания в пространстве имеет вид

Δ*L*рас = 10 lg (75/7,5) = 10 lg10 = 10 дБ.

3. Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе:

Δ*L*воз = (0,5 ⋅ 75)/100 = 0,375 дБ.

4. Снижение уровня шума зелеными насаждениями:

Δ*L*зел = 0,1 ⋅ 10 = 1 дБ.

5. Снижение уровня шума экраном:

Δ*L*э = 23,7 дБ.

6. Снижение шума зданием:

Δ*L*зд = 12 ⋅ 0,85 = 10,2 дБ.

7. Уровень звука в расчетной точке:

*L*рт *=* 80 – 10 – 0,375 – 1 – 23,7 – 10,2 = 34,725 дБ.

*Вывод*: рассчитанный уровень звука на площадке отдыха в жилой застройке равен 34,725 дБ, допустимый уровень звука должен быть не более 45 дБ, следовательно, уровень звука соответствует нормам.

**Контрольные вопросы и задания**

1. Каковы физические характеристики шума?
2. Характеристики источников шума.
3. Действие шума на человека. Нормирование шума.
4. Укажите мероприятия по борьбе с шумом.
5. Какова рациональная планировка предприятий и цехов?
6. Акустическая обработка помещений.
7. Уменьшение шума на пути его распространения.
8. Перечислите средства индивидуальной защиты от шума.
9. Источники ультразвука, воздействие на человека, нормирование. Защитные мероприятия.
10. Источники инфразвука, воздействие на человека, нормирование. Защитные мероприятия.
11. Измерение шума, инфра-, ультразвука на рабочих местах.

# 4. РАСЧЕТ КОНТУРНОГО ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

# В ЦЕХАХ С ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ

# НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 000 В

[Защитное заземление](http://bgd.alpud.ru/_private/Glossary_.htm#sashitnoe_sasemlenie) – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам [2; 3; 10].

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (уменьшением сопротивления заземлителя), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования (подъемом потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования).

В качестве искусственных заземлителей используют стальные трубы длиной 1,5…4 м, диаметром 25…50 мм, которые забивают в землю, а также металлические стержни и полосы [5]. Для достижения требуемого сопротивления заземлителя, как правило, используют несколько труб (стержней), забитых в землю и соединенных металлической (стальной) полосой.

Контурным защитным заземлением называется система, состоящая из труб, забиваемых вокруг здания цеха, в котором расположены электроустановки.

Заземление электроустановок необходимо выполнять в следующих случаях [2; 3; 10]:

– при напряжении выше 380 В переменного и 440 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности, т. е. во всех случаях;

– при номинальном напряжении выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и наружных установках;

– при любых напряжениях переменного и постоянного тока во взрывоопасных помещениях.

Классификация и характеристика помещений [2].

*Помещения без повышенной опасности* – помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную опасность или особую опасность.

*Помещения с повышенной опасностью* – помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

– сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %);

– токопроводящая пыль;

– токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. д.);

– высокая температура (температура в помещении постоянно или периодически превышает 35 оС);

– возможность одновременного прикосновения человека к соединенным с землей металлоконструкциям зданий с одной стороны и металлическим корпусам электрооборудования с другой.

*Помещения особо опасные* – это те, которые характеризуются наличием одного из следующих условий:

– особая опасность – относительная влажность близкая к 100 % (потолок; стены; пол; предметы, находящиеся в помещении, покрытые влагой);

– химически активная или органическая среда (в помещении содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения и плесень);

– наличие одновременно двух и более условий для помещений повышенной опасности.

На электрических установках напряжением до 1 000 В одиночные заземлители соединяют стальной полосой толщиной не менее 4 мм и сечением не менее 48 мм2. Для уменьшения экранирования рекомендуется располагать одиночные заземлители на расстоянии не менее 2,5…3 м один от другого [5].

#### Методика расчета. Сопротивление растеканию тока через одиночный заземлитель из труб диаметром 25…50 мм [5] (Ом) находится по формуле

*R*тр *=* 0,9(ρ/*L*тр),(4.1)

где ρ – удельное сопротивление грунта, которое выбирают в зависимости от его типа, Ом⋅см (для песка оно равно 70 000, для супеси – 15 000…40 000, для суглинка – 4 000…15 000, для глины – 800…7 000, для чернозема – 900…5 300); *l*тр – длина трубы, *l*тр = 1,5…4 м.

Ориентировочное число вертикальных заземлителей, без учета коэффициента экранирования, рассчитывается следующим образом:

*n = R*тр */ r*, (4.2)

где *r* – допустимое сопротивление заземляющего устройства на электроустановках до 1 000 В не более 4 Ом, в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПЭУ).

Разместив вертикальные заземлители на плане и определив расстояние между ними *а* = 2,5…3 м, определяется коэффициент экранирования заземлителей ηтр(табл. 4.1, 4.2).

Число вертикальных заземлителей с учетом коэффициента экранирования имеет вид

*n*1 *= n* / ηтр.(4.3)

Далее рассчитывается длина соединительной полосы (м):

*Ln* = *n*1*⋅a*, (4.4)

где *а* – расстояние между заземлителями, м.

*Таблица 4.1*

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Длина цеха | Ширина цеха | Удельное сопротивление грунта |
| 01 | 60 | 18 | 12 000 |
| 02 | 72 | 24 | 10 000 |
| 03 | 66 | 24 | 13 000 |
| 04 | 72 | 18 | 15 000 |
| 05 | 90 | 24 | 18 000 |
| 06 | 72 | 24 | 21 000 |
| 07 | 72 | 18 | 24 000 |
| 08 | 90 | 24 | 27 000 |
| 09 | 72 | 24 | 30 000 |
| 10 | 66 | 18 | 33 000 |
| 11 | 60 | 18 | 36 000 |
| 12 | 66 | 12 | 39 000 |
| 13 | 72 | 18 | 42 000 |
| 14 | 90 | 18 | 45 000 |
| 15 | 36 | 12 | 50 000 |
| 16 | 24 | 12 | 54 000 |
| 17 | 12 | 12 | 58 000 |
| 18 | 24 | 12 | 62 000 |
| 19 | 18 | 12 | 10 000 |
| 20 | 18 | 24 | 10 000 |
| 21 | 60 | 24 | 11 000 |
| 22 | 54 | 18 | 10 000 |
| 23 | 48 | 18 | 13 000 |
| 24 | 66 | 24 | 50 000 |
| 25 | 60 | 18 | 18 000 |
| 26 | 72 | 24 | 21 000 |
| 27 | 72 | 18 | 24 000 |
| 28 | 66 | 24 | 27 000 |
| 29 | 7 | 24 | 30 000 |
| 30 | 60 | 24 | 33 000 |

Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу (Ом) рассчитывается по выражению

 (4.5)

*Таблица 4.2*

**Коэффициенты экранирования заземлителей** **ηтр [5]**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число труб(уголков) | Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине | ηтр | Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине | ηтр | Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине | ηтр |
| 4 | 1 | 0,66…0,72 | 2 | 0,76…0,80 | 3 | 0,84…0,86 |
| 6 | 1 | 0,58…0,65 | 2 | 0,71…0,75 | 3 | 0,78…0,82 |
| 10 | 1 | 0,52…0,58 | 2 | 0,66…0,71 | 3 | 0,74…0,78 |
| 20 | 1 | 0,44…0,50 | 2 | 0,61…0,66 | 3 | 0,68…0,73 |
| 40 | 1 | 0,38…0,44 | 2 | 0,55…0,61 | 3 | 0,61…0,69 |
| 60 | 1 | 0,36…0,42 | 2 | 0,52…0,58 | 3 | 0,62…0,67 |

Результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства (Ом):

 (4.6)

где η*n* – коэффициент экранирования соединительной полосы (табл. 4.3).

*Таблица 4.3*

**Коэффициенты экранирования соединительной полосы η*n* [5]**

|  |  |
| --- | --- |
| Отношение расстояния между заземлителями к их длине | Число труб |
| 4 | 8 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| 1 | 0,45 | 0,36 | 0,34 | 0,27 | 0,24 | 0,21 |
| 2 | 0,55 | 0,43 | 0,40 | 0,32 | 0,30 | 0,28 |
| 3 | 0,70 | 0,60 | 0,56 | 0,45 | 0,41 | 0,37 |

**Порядок выполнения задания**

1. Выбрать и записать в отчет исходные данные варианта (табл. 4.1).

2. Рассчитать результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства, сравнить с допустимым сопротивлением, сделать соответствующий вывод.

**Пример расчета контурного защитного заземления в цехах**

**с электроустановками напряжением до 1 000 В**

1. Исходные данные:

– габаритные размеры цеха: длина *a* = 72 м, ширина *b* = 18 м;

– удельное сопротивление грунта ρ = 42 000 Ом⋅см.

2. Сопротивление растеканию тока через одиночный заземлитель, диаметром 25…30 мм (4.1) рассчитывается следующим образом:

*R*тр= 0,9 (42 000 / 275) = 137,5 Ом,

где ρ – удельное сопротивление грунта – задано; *L*тp – длина трубы, *L*тp = 1,5…4 м, принимаем 275 см.

3. Определяем примерное число заземлителей без учета коэффициента экранирования (4.2)

*n* = 137,5 / 4 = 34,4.

4. Находим коэффициент экранирования заземлителей:

– расстояние между трубами 2,5…3 м, принимаем *а* = 2,75 м;

– длина труб *l*тр = 2,75 м;

– отношение расстояния к длине 2,75 / 2,75 = 1;

– число труб равно 34,4 принимаем 40;

– ηтр = 0,38…0,44 (табл. 4.2) для *n*тр = 40 и отношения = 1.

5. Число вертикальных заземлителей с учетом коэффициента экранирования (4.3) имеет вид

*n*1 = 34,4 / 0,38 = 90,4.

6. Длина соединительной полосы (4.4) рассчитывается по формуле

*Ln* = 90,4 ⋅ 2,75 = 248,7 м.

Если расчетная длина соединительной полосы получилась меньше периметра цеха (задается по варианту), то ее необходимо принять равной периметру цеха плюс 12…16 м. После этого следует уточнить значение ηтр. Если *а* / *l*тр > 3, принимают ηтр = 1

*р* = 2(*а* + *b*),

где *p* – периметр цеха, м

*р* = 2(72 + 18) = 180 м.

7. Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу (4.5), Ом:

 Ом.

8. Результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства (4.6), Ом:

 Ом.

где η*n* – коэффициент экранирования соединительной полосы (табл. 4.3) η*n* = 0,21.

*Вывод*: допустимое сопротивление заземляющего устройства на электрических установках напряжением до 1 000 В не должно превышать 4 Ом. Полученное результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства 3,2 Ом < 4 Ом не превышает установленного значения, следовательно, заземлители установлены правильно.

**Контрольные вопросы и задания**

1. Электробезопасность. Действие электрического тока на организм.
2. Электротравмы. Классификация.
3. Какие существуют методы и средства защиты от электротока?
4. Термическое и электролитическое действие тока.
5. Что такое шаговое напряжение?
6. Напряжение прикосновения.
7. Дайте характеристику тока по последствиям физиологического воздействия на человека.
8. Каков принцип действия защитного заземления, его назначение и конструктивное исполнение?
9. Нормирование защитного заземления и его расчет.
10. Какие организационные мероприятия проводятся по профилактике электротравматизма?

# 5. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ФУНДАМЕНТА ЦЕХА

# В КАЧЕСТВЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ

В настоящее время широко используются трехфазные трехпроводные сети с изолированной нейтралью и трехфазные четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью, в которых основной защитой от электротравм при нарушении изоляции служат соответственно заземление и зануление [5; 10].

Для эффективной защиты от поражения электрическим током устройства зануления и заземления должны иметь малые сопротивления растеканию тока в земле.

В последнее время в качестве заземляющих устройств используются фундаменты промышленных зданий, что позволяет снизить стоимость и повысить долговечность. В этом случае сопротивление растеканию тока заземляющего устройства [5] (Ом) рассчитывается по формуле

, (5.1)

где *S* – площадь, ограниченная периметром здания, м2; *n*э – удельное электрическое сопротивление грунта, которое находится по выражению (Ом⋅м)

 (5.2)

где *n*1и *n*2 – удельные электрические сопротивления соответственно верхнего и нижнего слоя земли (задаются по варианту); α, β – безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений слоев земли: при *n*1 ≥ *n*2,α = 3,6, β = 0,1; при *n*1 <  *n*2, α = 1,1⋅102, β = 0,1, *h*1 – мощность верхнего слоя земли, м.

Определив сопротивление растеканию тока железобетонного фундамента, необходимо сравнить полученное значение с допустимыми значениями сопротивления заземляющего устройства (табл. 5.1).

*Таблица 5.1*

**Сопротивление заземляющих устройств электроустановок, Ом, не более [5]**

|  |  |
| --- | --- |
| В сетях с заземленной нейтралью | В сетях с изолированной нейтралью |
| Напряжение трехфазного источника питания | Напряжение однофазного источника питания |
| 660 | 380 | 220 | 380 | 220 | 127 |  |
| 2 | 4 | 8 | 2 | 4 | 8 | 10 |

**Порядок выполнения задания**

1. Выбрать и записать в отчет исходные данные варианта (табл. 5.2).

2. Определить сопротивление растеканию тока заземляющего устройства.

3. Сравнить полученное значение с нормативным сопротивлением заземляющих устройств (см. табл. 5.1) и сделать соответствующий вывод.

*Таблица 5.2*

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Габаритныеразмеры цеха, м | Удельное электрическое сопротивление слоя земли, Ом · м | Мощность (толщина) верхнего слоя земли, м | Напряжениесети, В |
| длина | ширина | верхнего | нижнего |
| 1 | 60 | 18 | 80 | 200 | 3 | 380 |
| 2 | 72 | 24 | 100 | 220 | 3 | 380 |
| 3 | 66 | 24 | 120 | 260 | 3 | 220 |
| 4 | 72 | 18 | 140 | 300 | 3 | 220 |
| 5 | 90 | 24 | 160 | 360 | 3 | 380 |
| 6 | 72 | 24 | 160 | 360 | 3 | 380 |
| 7 | 72 | 18 | 200 | 500 | 3,5 | 380 |
| 8 | 90 | 24 | 220 | 600 | 3 | 220 |
| 9 | 72 | 24 | 240 | 700 | 3 | 380 |
| 10 | 66 | 18 | 260 | 800 | 3,5 | 220 |
| 11 | 60 | 18 | 300 | 100 | 3,5 | 380 |
| 12 | 66 | 12 | 400 | 120 | 4 | 380 |
| 13 | 72 | 18 | 450 | 150 | 3 | 220 |
| 14 | 90 | 18 | 450 | 150 | 3 | 380 |
| 15 | 36 | 12 | 550 | 220 | 3 | 380 |
| 16 | 24 | 12 | 600 | 250 | 4 | 380 |
| 17 | 12 | 12 | 400 | 200 | 3 | 220 |
| 18 | 24 | 12 | 300 | 180 | 3 | 220 |
| 19 | 18 | 18 | 220 | 120 | 4 | 380 |
| 20 | 60 | 18 | 200 | 160 | 4 | 380 |
| 21 | 72 | 18 | 100 | 120 | 3,5 | 380 |
| 22 | 60 | 24 | 180 | 180 | 3,5 | 220 |
| 23 | 36 | 36 | 120 | 150 | 3 | 220 |
| 24 | 24 | 24 | 120 | 120 | 3,5 | 220 |
| 25 | 12 | 12 | 200 | 200 | 3 | 380 |
| 26 | 24 | 12 | 160 | 130 | 3,5 | 380 |
| 27 | 60 | 72 | 600 | 600 | 3 | 380 |
| 28 | 66 | 24 | 500 | 300 | 3 | 380 |
| 29 | 72 | 24 | 420 | 180 | 3,5 | 220 |
| 30 | 66 | 18 | 200 | 120 | 3 | 220 |

#### Пример расчета оценки возможности использования

#### железобетонного фундамента цеха в качестве заземлителя

1. Исходные данные:

– габаритные размеры цеха: *a* = 72 м, *b* = 18 м;

– удельные сопротивления земли: *n*1 = 120 Ом·м; *n*2 = 120 Ом·м;

– толщина верхнего слоя *h*3 = 3,5 м;

– напряжение *U* = 380 В.

2. Удельное электрическое сопротивление грунта (5.2) находится по формуле



 Ом·м.

3. Сопротивление растеканию тока (5.1) имеет вид

 Ом < 4 Ом.

*Вывод*: сопротивление растеканию тока заземляющего устройства при напряжении в сети 380 В не должно превышать 4 Ом для трехфазного источника питания и 2 Омдля однофазного источника питания в сетях с заземленной нейтралью и 10 Ом в сетях с изолированной нейтралью. Расчетное значение не превышает допустимых значений, следовательно, в данном случае возможно использование железобетонного фундамента цеха в качестве заземлителя.

**Контрольные вопросы и задания**

1. Виды поражения электрическим током.
2. Каковы факторы, влияющие на исход поражения электрическим током?
3. Первая помощь при поражении электрическим током.
4. Основные меры защиты от поражения электрическим током.
5. Что включает в себя принцип действия зануления? Его назначение и применение. Порядок расчета зануления.
6. Объясните роль повторных заземлений нулевого защитного проводника.
7. Каково назначение устройств защитного отключения?
8. Приведите схемы защитного отключения и объясните принцип их работы.
9. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током.
10. Какие технические мероприятия проводятся по профилактике электротравматизма?

# 6. Определение времени разрушения построек

# в случае возникновения аварии (катастрофы)

# на пожаро- и взрывоопасных объектах

Пожары и взрывы причиняют значительный материальный ущерб, в ряде случаев вызывают тяжелые травмы и гибель людей. Ущерб от пожаров и взрывов в промышленно развитых странах превышает 1 % национального дохода и имеет тенденцию постоянного роста. В России также происходит ежегодное увеличение количества пожаров и убытков от них, а количество людей, погибающих на пожарах, превышает 12 тыс. в год.

Осуществление государственного пожарного надзора возложено на Государственную противопожарную службу, в число основных задач которой входят:

– организация разработки государственных мер и нормативного регулирования в области пожарной безопасности;

– тушение пожаров и проведение связанных с ними аварийно-спасательных работ;

– профессиональная подготовка кадров для Государственной противопожарной службы.

Оценка пожаровзрывоопасности различных объектов заключается в определении возможных разрушительных воздействий пожаров и взрывов на эти объекты, а также опасных факторов пожаров и взрывов на людей. Существует два подхода к нормированию в области обеспечения пожаровзрывобезопасности.

*Детерминированный* *подход* основан на распределении объектов по степени опасности, определяемой по параметру, характеризующему разрушающие последствия пожара и взрыва, на категории и классы. При этом назначаются конкретные количественные границы этих категорий и классов. Нормативный документ НПБ-105–95.

*Вероятностный* *подход* основан на концепции допустимого риска и предусматривает недопущение воздействия на людей опасных факторов пожара и взрыва с вероятностью, превышающей нормативную. Нормативный документ ГОСТ 12.1.004–91.

Потенциальная пожарная опасность зданий и сооружений определяется количеством и свойствами материалов, находящихся в здании, а также пожарной опасностью строительных конструкций, зависящий от горючести материалов, из которых они выполнены, и способности конструкций сопротивляться воздействию пожара в течение определенного времени, т. е. от ее огнестойкости.

Огнестойкость относится к числу основных характеристик конструкций и регламентируется СНиП 21-01–97.

Время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность, называют *пределом огнестойкости* и измеряют в часах.

Класс пожарной опасности конструкций определяется экспериментально и регламентируется ГОСТ 30403–95.

**Порядок выполнения задания**

* 1. Рабочий поселок завода оказался в зоне воздействия светового импульса. Основная масса построек имеет степень огнестойкости *S*.Определить время охвата огнем зданий *Т*охв (табл. 6.1) и время развития сплошного пожара *Т*разв по участку застройки длиной *L* (м), если коэффициент плотности пожара – *K*, линейная скорость распространения пожара – *V* (м/мин), коэффициент, учитывающий степень разрушения строений – *Y*.
	2. Выбрать и записать в отчет исходные данные варианта (табл. 6.2).
	3. Рассчитать время охвата огнем здания с учетом степени его разрушения [11]:

, (6.1)

где *Т*0 – время охвата огнем здания, без учета величины разрушения (табл. 6.1); *Y* – коэффициент, учитывающий степень разрушения зданий.

* 1. Рассчитать время развития сплошных пожаров по участку застройки [11]:

 (6.2)

где *K* – коэффициент, учитывающий плотность пожара на участке; *L* – длина участка застройки в направлении приземного ветра, м; *V* – линейная скорость распространения сплошного пожара, м/мин.

5. Сформулировать соответствующий вывод.

*Таблица 6.1*

**Время охвата огнем здания без учета величины**

**его разрушения (*T*0, мин) [12]**

|  |  |
| --- | --- |
| Степень огнестойкости здания | Этажность |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 и более |
| I, II | 60 | 85 | 100 | 110 | 120 |
| III | 40 | 60 | 80 | 90 | 90 |
| IV, V | 30 | 60 | – | – | – |

*Таблица 6.2*

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианта | Степень огнестойкости построек, *S* | Длина участка застройки, *L* (м) | Коэффициент плотности пожара, *K* | Линейная скорость распространения пожара, *V* (м/мин) | Степень разрушения строений, *Y* |
| 1 | III | 900 | 0,3 | 0,5 | 2,1 |
| 2 | III | 910 | 0,3 | 0,51 | 2,0 |
| 3 | III | 920 | 0,3 | 0,62 | 2,4 |
| 4 | I | 930 | 0,3 | 0,78 | 2,7 |
| 5 | I | 940 | 0,3 | 0,45 | 2,9 |
| 6 | I | 950 | 0,3 | 0,66 | 2,6 |
| 7 | II | 960 | 0,4 | 0,54 | 3,2 |
| 8 | II | 970 | 0,4 | 0,58 | 3,4 |
| 9 | II | 980 | 0,4 | 0,19 | 3,3 |
| 10 | IV | 990 | 0,4 | 0,56 | 3 |
| 11 | IV | 1 000 | 0,4 | 0,64 | 3,8 |
| 12 | IV | 900 | 0,4 | 0,42 | 3,5 |
| 13 | I | 910 | 0,5 | 0,71 | 4,0 |
| 14 | II | 920 | 0,5 | 0,63 | 4,1 |
| 15 | III | 930 | 0,5 | 0,32 | 4,1 |
| 16 | IV | 940 | 0,5 | 0,71 | 4,3 |
| 17 | III | 950 | 0,5 | 0,42 | 4,5 |
| 18 | III | 960 | 0,5 | 0,37 | 4,2 |
| 19 | III | 970 | 0,6 | 0,50 | 4,6 |
| 20 | I | 980 | 0,6 | 0,64 | 4,6 |
| 21 | I | 990 | 0,6 | 0,41 | 4,8 |
| 22 | I | 1 000 | 0,6 | 0,78 | 4,5 |
| 23 | II | 900 | 0,6 | 0,84 | 4,4 |
| 24 | II | 910 | 0,6 | 0,22 | 4,7 |
| 25 | II | 920 | 0,7 | 0,45 | 4,9 |
| 26 | IV | 930 | 0,7 | 0,58 | 5,0 |
| 27 | IV | 940 | 0,8 | 0,32 | 5,1 |
| 28 | IV | 950 | 0,8 | 0,95 | 5,1 |
| 29 | I | 960 | 0,9 | 0,20 | 5,3 |
| 30 | II | 970 | 0,9 | 0,49 | 5,3 |

#### Пример расчета времени разрушения построек,

#### в случае возникновения аварии (катастрофы)

#### на пожаро- и взрывоопасных объектах

1. Исходные данные:

– степень огнестойкости *S =* III;

– длина участка застройки *L* = 850 м;

– коэффициент плотности пожара *K* = 0,5;

– линейная скорость распространения пожара *V* = 0,3 м/мин;

– степень разрушения строений *Y* = 5,1.

2. Время охвата огнем здания с учетом степени его разрушения рассчитывается следующим образом:

 мин.

3. Время развития сплошных пожаров по участку застройки

 мин.

*Вывод*. Время охвата огнем зданий, в случае нахождения рабочего поселка в зоне светового импульса, составляет 459 мин (≈8 ч), время развития сплошного пожара по участку застройки длиной 850 м, при линейной скорости распространения пожара 0,3 м/мин составляет 1 417 мин (≈23 ч).

**Контрольные вопросы и задания**

1. Назовите основные задачи Государственной противопожарной службы.
2. Какие компоненты необходимы для возникновения и развития процесса горения?
3. Что принято называть процессом горения? Виды горения.
4. Перечислите основные пожаро-, взрывоопасные свойства веществ.
5. Укажите причины образования взрывоопасной среды в технологическом оборудовании.
6. По каким причинам в помещении может образоваться взрывоопасная среда?
7. На основании каких данных устанавливается категория помещения по взрывной и пожарной опасности?
8. Какие существуют способы тушения пожаров?
9. Перечислите типы средств тушения пожаров. В чем отличие «спринклера» от «дренчера»?
10. Какие средства тушения пожара могут быть использованы при возгорании электрооборудования, находящегося под напряжением?
11. Что понимают под пределом огнестойкости здания и в каких единицах он измеряется?
12. Объясните назначение легкосбрасываемых конструкций.
13. Что такое флегматизация атмосферы в помещении?
14. Перечислите основные мероприятия по пожарной профилактике.

# Библиографический список

*Используемый*

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности / С. В. Белов [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1999. – 448 с.
2. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) : учеб. пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 319 с.
3. Безопасность и охрана труда : учеб. пособие для вузов / под ред. О. Н. Русака. – СПб. : Изд-во МАНЭБ, 2001. – 279 с.
4. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сент. 1988 г. № 3388) (с изм. от 20 июня 2000 г.). Внесена поправка (ИУС № 4 2004 г.). – М., 1989. – 76 с. (**Система стандартов безопасности труда).**
5. Практические занятия по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» : метод. пособие для всех спец. среднего профессионального образования / сост.Б. В. Севастьянов [и др.]. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2003. – 48 с.
6. СНиП 2.04.05–91(2000). Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. Утв. постановлением Государственного комитета СССР по строительству и инвестициям от 28 нояб. 1991 г. и изм. № 2, утв. постановлением Госстроя России от 15 мая 1997 г. № 18-11. – 81 c.
7. Гетия, И. Г. Проектирование вентиляции, кондиционирования воздуха, искусственного и естественного освещения в помещении ВЦ / И. Г. Гетия, И. Н. Леонтьева, Е. Н. Кулемина. – М. : МГАПИ, 1996. – 32 с.
8. ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности. Утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 06 июня 1983 г. № 2473 (с изм. по И-I-III–89). – М., 1983. – 13 с. (**Система стандартов безопасности труда).**
9. Осипов, Г. Л. Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума / Г. Л. Осипов [и др.]. – М. : Стройиздат, 1982. – 31 с.
10. Королькова, В. И. Электробезопасность на промышленных предприятиях / В. И. Королькова. – М. : Машиностроение, 1999. – 126 c.
11. ГОСТ Р 12.3.047–98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Разраб. Всероссийским научно-исследовательским институтом противопожарной обороны (ВНИИПО) Министерства внутренних дел РФ. Прин. и введ. в действие Постановлением Госстандарта России от 3 августа 1998 г. № 304. – М., 1998. – 93 с. (**Система стандартов безопасности труда).**
12. СНиП 21.01–97. Строительные нормы и правила РФ. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Утв. постановлением Министерства строительства РФ от 13 февр. 1997 г. № 18-7. С изм. Госстроя России от 19 июля 2002 г. № 90. – М., 2002. – 24 с.

*Рекомендательный*

1. Дьяков, В. И. Безопасность жизнедеятельности. Общие вопросы БЖД в условиях производства и природные аспекты БЖД / В. И. Дьяков / ИГЭУ. – Иваново, 2000.
2. Дьяков, В. И. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : курс лекций / В. И. Дьяков, А. Г. Горбунов / ИГЭУ. – Иваново, 2001.
3. Ярочкин, В. И. Теория безопасности / В. И. Ярочкин, Я. В. Бузанова. – М. : Академический Проект: Фонд «Мир», 2005. – 176 с. («Технологии безопасности»).