

Д. Н. Миронов  
В. А. Калиниченко  
Ю. Ш. Юнусов

## ОХРАНА ТРУДА

Пособие для студентов направлений специальностей 1-36 11 01-04  
«Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины  
и оборудование (управление подразделениями инженерных войск)»,  
1-37 01 04-02 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины  
(эксплуатация и ремонт бронетанкового вооружения и техники)»,  
1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей (военная  
автомобильная техника)», 1-70 02 01-03 «Промышленное  
и гражданское строительство (техническая эксплуатация  
зданий и сооружений)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск  
БНТУ  
2018

УДК 331.4(075.8)

ББК 65.247я7

М64

**Р е ц е н з е н т ы:**

кандидат технических наук, доцент *А. А. Андрушкевич*;

кандидат технических наук, доцент *В. П. Гончаренко*

**Миронов, Д. Н.**

М64

Охрана труда : пособие для студентов направлений специальностей 1-36 11 01-04 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (управление подразделениями инженерных войск)», 1-37 01 04-02 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины (эксплуатация и ремонт бронетанкового вооружения и техники)», 1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей (военная автомобильная техника)», 1-70 02 01-03 «Промышленное и гражданское строительство (техническая эксплуатация зданий и сооружений)» / Д. Н. Миронов, В. А. Калиниченко, Ю. Ш. Юнусов. – Минск: БНТУ, 2018. – 184 с.

ISBN 978-985-550-824-4.

Изложены общие теоретические сведения об основных производственных факторах труда, таких как освещение, шум, вибрация, микроклимат, запыленность, электробезопасность, пожаровзрывоопасность. Приведены методики и примеры расчетов различных параметров условий труда на рабочих местах производственных предприятий. Рассмотрены меры и способы защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

По тексту приведены ссылки на действующие НПА и ТНПА.

Предназначено в качестве пособия для курсантов технических специальностей вузов для практических занятий, изучения вопросов дисциплины, выполнения раздела «Охрана труда» дипломных проектов. Будет полезно курсантам технологических и строительных специальностей.

УДК 331.4(075.8)

ББК 65.247я7

ISBN 978-985-550-824-4

© Миронов Д. Н., Калиниченко В. А.,  
Юнусов Ю. Ш., 2018

© Белорусский национальный  
технический университет, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ОХРАНЕ ТРУДА .....	6
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ОПАСНОСТЕЙ .....	8
2.1. Идентификация опасных производственных объектов .....	8
2.2. Определение профессий, видов производственной деятельности, продукции, услуг, подрядных работ .....	8
2.3. Идентификация опасностей.....	10
3. ОЦЕНКА РИСКОВ .....	11
4. РАЗДЕЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА «ОХРАНА ТРУДА» ...	22
4.1. Правила оформления раздела дипломного проекта «Охрана труда» .....	22
4.2. Содержание раздела «Охрана труда» .....	23
4.2.1. Выполнение требований к территории, производственным и вспомогательным помещениям .....	24
4.2.2. Санитарно-бытовые помещения .....	24
4.2.3. Потенциально опасные и вредные производственные факторы техпроцесса, меры защиты.....	24
5. МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ И ФАКТОРОВ ТРУДА И НАПРЯЖЕННОСТИ РАБОТЫ .....	27
5.1. Определение тяжести и напряженности труда .....	27
5.2. Оценка уровня травматизма на производстве .....	31
5.3. Метод оценки индивидуального риска на наружных установках при возникновении поражающих факторов.....	36
5.4. Расчет допустимого содержания пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу .....	40
5.5. Расчет воздушного душирования при избытке тепла на рабочем месте .....	43
5.6. Расчет общеобменной вентиляции .....	48
5.7. Расчет производственного освещения и выбор типа источника света .....	54
5.8. Расчет параметров шума.....	82

5.9. Расчет звукоизолирующего ограждения .....	89
5.10. Расчет пружинных виброизоляторов.....	94
5.11. Расчет скорректированного уровня вибрации.....	101
5.12. Расчет защитного заземления (метод коэффициентов использования).....	103
5.13. Расчет системы зануления .....	109
5.14. Расчет системы зануления на отключающую способность .....	114
5.15. Расчет величины тока, проходящего через тело человека .....	116
5.16. Расчет защитного ограждения на рабочем месте .....	121
5.17. Расчет категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности с выделением горючей пыли.....	123
5.18. Выбор величины противопожарных разрывов между производственным и вспомогательным зданиями, ширины эвакуационного выхода, времени, необходимого для эвакуации людей из производственных зданий.....	128
5.19. Методика расчета фактического времени эвакуации людей из производственного здания .....	131
5.20. Определение запаса углекислого газа, необходимого для тушения пожара .....	136
5.21. Расчет взрывов пылевоздушной смеси в производственном помещении .....	142
5.22. Оценка параметров аварийного взрыва газгольдера со сжатым газом.....	145
5.23. Определение экономической эффективности противопожарных мероприятий .....	150
 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	 157
 ПРИЛОЖЕНИЯ .....	 169
Приложение А .....	169
Приложение Б .....	171
Приложение В.....	172
Приложение Г .....	173
Приложение Д.....	174
Приложение Е.....	177
Приложение Ж.....	184

## ВВЕДЕНИЕ

Дипломное проектирование – процесс, осуществляемый в вузе с целью итоговой государственной аттестации обучающегося, охватывающий период от формирования темы выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) до защиты ее курсантом-дипломником перед Государственной экзаменационной комиссией.

В процессе проектирования дипломник должен показать способность активно и творчески использовать полученные общенаучные, общинженерные, экономические и прочие знания для решения современных инженерных задач автомобилестроения, умение самостоятельно решать практические производственные вопросы, владение методикой и техникой проведения экспериментов, способность квалифицированно работать с отечественной и зарубежной научно-технической литературой и анализировать результаты научных исследований.

В содержании пояснительной записки каждого дипломного проекта должен присутствовать специальный раздел «Охрана труда». В свою очередь, вопросы охраны труда должны также отражаться и в других разделах дипломного проекта: конструкторском, технологическом, исследовательском и др.

Раздел «Охрана труда» отражает конкретные сведения, относящиеся к решению вопросов, поставленных в задании и максимально приближенных к актуальным требованиям промышленности.

Проведение работ по оценке рисков в области охраны труда не следует рассматривать как что-то унифицированное, единственно возможное, поэтому в процессе могут быть внесены корректировки, обусловленные характером деятельности воинской части, ее размерами, сложностью процессов, масштабами рисков. Пособие базируется на вопросах промышленной безопасности, производственной санитарии, пожарной профилактики, государственных требованиях, других нормативных правовых и технических нормативных правовых актов в области охраны труда.

Предлагаемое пособие ставит своей целью ознакомить курсантов вузов с общими теоретическими сведениями в области охраны труда, а также с методиками расчетов параметров условий труда на рабочих местах производственных предприятий, мероприятиями по снижению воздействия вредных и опасных факторов производственной среды на работающих.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ОХРАНЕ ТРУДА

Методические рекомендации разработаны в развитии СТБ 18001. Они устанавливают порядок проведения работ, связанных с идентификацией опасностей и оценкой профессиональных рисков в области охраны труда при разработке и (или) внедрении СУОТ (системы управления охраной труда) воинской части.

В настоящих методических рекомендациях использованы ссылки и применяются термины, установленные в:

– Законе Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

– Законе Республики Беларусь «Об охране труда»;

– СТБ 18001–2009 «Системы управления охраной труда. Требования»;

– СТБ 18002–2009 «Системы управления охраной труда. Руководство по применению СТБ 18001–2009; ГОСТ 12.0.002–2003 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения»;

– ГОСТ 12.0.003–74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

В соответствии с требованиями СТБ 18001 воинская часть должна разрабатывать, внедрять и поддерживать в рабочем состоянии процедуры идентификации опасностей, оценки рисков и разрабатывать необходимые меры по управлению рисками.

Методические указания начальника главной военной инспекции Вооруженных Сил от 23 октября 2009 г. № 28/4/596.

Процедуры идентификации опасностей и анализа рисков должны гарантировать:

– идентификацию опасностей;

– оценку рисков;

– управление рисками;

– анализ предпринятых мер управления рисками.

Идентификация опасностей осуществляется с целью выявления и четкого описания всех опасностей по всем видам деятельности воинской части, включая плановую и внеплановую деятельность, для дальнейшей оценки и управления рисками.

Идентификация опасностей на рабочих местах должна учитывать:

- ситуации, события, комбинации обстоятельств, которые приводили либо потенциально могут приводить к травме или профессиональному заболеванию работника;

- причины возникновения потенциальной травмы или заболевания, связанные с выполняемой работой, продукцией или услугой;

- сведения об имевших место травмах, профессиональных заболеваниях.

Необходимо оценивать как нормальные условия труда, так и случаи отклонений в работе, связанные с происшествиями, возможными аварийными ситуациями.

Идентификация опасностей производственной деятельности должна включать рассмотрение:

- организации работ, включая безопасность их выполнения;

- проектирования безопасных рабочих мест, технологических процессов, оборудования;

- монтажа, эксплуатации, технического обслуживания, ремонта оборудования (зданий и помещений);

- организации размещения, хранения, разделки, разрядки и уничтожения боеприпасов;

- характеристик производственных помещений и классов зон производственных помещений по взрывопожарной и пожарной опасности;

- характеристик приобретаемых воинской частью товаров и услуг.

Нецелесообразно излишне усложнять процедуру идентификации опасностей, оценки рисков и управление рисками. Степень сложности этих процедур в значительной степени зависит от специфики деятельности воинской части, ее размеров, характера и масштаба рисков.

## **2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ОПАСНОСТЕЙ**

### **2.1. Идентификация опасных производственных объектов**

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» идентификация опасных производственных объектов осуществляется воинской частью, эксплуатирующей эти объекты по согласованию с управлением государственного надзора главной военной инспекции Вооруженных Сил (далее – госнадзор ГВИ).

Регистрация в государственном реестре опасных производственных объектов с выдачей воинской части свидетельства о регистрации проводится территориальными управлениями Департамента по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – Госпромнадзор) или госнадзором ГВИ, для потенциально опасных объектов военного назначения.

### **2.2. Определение профессий, видов производственной деятельности, продукции, услуг, подрядных работ**

Перечень профессий, видов производственной деятельности, эксплуатируемого оборудования, подрядных работ, связанных с опасностями, определяется на основании следующей информации и документов:

- общие сведения об эксплуатируемых машинах и механизмах, качественные характеристики находящихся на хранении материальных средств, о выпускаемой продукции и используемой технологии (технологические регламенты, технологические инструкции на выпускаемую продукцию);
- организационная структура воинской части;
- штатное расписание;
- идентифицированный перечень опасных производственных объектов (разрабатывается воинской частью, эксплуатирующей эти объекты по согласованию с госнадзором ГВИ; регистрация опасных производственных объектов в государственном реестре опасных производственных объектов осуществляется территориальными управлениями Госпромнадзора или госнадзором ГВИ, для потенциально опасных объектов военного назначения);

– перечень профессий, к которым предъявляются требования по охране труда, исходя из специфики выполняемых работ (разрабатывается в соответствии с Инструкцией о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28 ноября 2008 г. № 175);

– паспорт санитарно-технического состояния условий и охраны труда (оформляется в соответствии с Инструкцией по проведению паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 4 февраля 2004 г. № 11);

– карты условий труда на рабочих местах (заполняются в соответствии с Инструкцией по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и предоставлению компенсаций по ее результатам, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 22 февраля 2008 г. № 35);

– перечень работ повышенной опасности, проводимых по наряду-допуску;

– перечень газоопасных работ;

– инструкции по охране труда, инструкции по требованиям безопасности, инструкции по мерам пожарной безопасности, рабочие инструкции;

– перечень опасных веществ (сырье, материалы, химические реагенты, продукция, полуфабрикаты), используемых в данной воинской части;

– классификация опасных и вредных производственных факторов (ГОСТ 12.0.003);

– результаты лабораторного контроля (выдает ГУ «23 СЭЦ ВС РБ») за условиями труда на рабочих местах;

– документы расследования несчастных случаев на производстве и статистической отчетности о временной нетрудоспособности, травматизме на производстве и профессиональных заболеваниях (в соответствии с постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 27 января 2004 г. №5/3 «Об установлении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний») и др.

### 2.3. Идентификация опасностей

При идентификации опасностей для каждой профессии согласно штатному расписанию осуществляется формирование реестра опасностей с указанием:

- наименования подразделения;
- наименования профессии;
- видов опасностей.

Опасности по природе воздействия подразделяются на следующие группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

Физические опасности связаны с движущимися машинами и механизмами, незащищенными подвижными частями производственного оборудования, уровнем шума, вибрациями, инфразвуковыми колебаниями, ультразвуком, повышенной или пониженной влажностью, подвижностью, ионизацией воздуха, повышенным уровнем статического электричества, электромагнитных излучений, электрического и магнитного поля, недостаточной освещенностью рабочей зоны, пониженной контрастностью освещения, повышенной яркостью, пульсацией светового потока, наличием острых кромок, заусенцев и шероховатости на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования, расположением рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола) и др.

Химические опасности связаны с воздействием на организм человека вредных веществ, влияющих на репродуктивную функцию, обладающих токсическими, раздражающими, канцерогенными, сенсibiliзирующими, мутагенными свойствами.

Биологические опасности связаны с воздействием на организм человека патогенных микроорганизмов (бактерий, вирусов, грибов и др.), растений, животных.

Психофизиологические опасности подразделяются на физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

При идентификации опасностей в зависимости от осуществляемого вида деятельности необходимо определить перечень работ, входящих в осуществляемый вид деятельности.

При идентификации опасностей необходимо рассматривать не только опасности и риски от деятельности, выполняемой своим персоналом, но и опасности и риски, возникающие от деятельности подрядчиков и командированного персонала (посетителей), а также от использования продукции и услуг, поставленных другими организациями.

По результатам идентификации опасностей формируется реестр опасностей воинской части.

### **3. ОЦЕНКА РИСКОВ**

Оценка всех выявленных опасностей осуществляется с целью установления рисков, которые представляют наибольшую опасность и требуют управления. Для оценки рисков воинская часть разрабатывает методику оценки рисков. Сложность методики оценки рисков зависит от характера и масштабов рисков воинской части. Риски по уровню значимости классифицируются на: низкие; умеренные; существенные. Для существенных рисков в обязательном порядке разрабатываются мероприятия по их управлению. После выполнения разработанных мероприятий проводится повторная оценка рисков с учетом предпринятых действий и анализ эффективности мероприятий по управлению рисками.

В соответствии с требованиями Закона Республики Беларусь от 23 июня 2008 года «Об охране труда», статей 55 и 226 Трудового кодекса Республики Беларусь, статей 73, 79 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Республики Беларусь, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 26 июня 2001 г. № 355, работодатель (наниматель, командир, начальник) обязан обеспечивать безопасные и здоровые условия труда на каждом рабочем месте, соблюдение требований по охране труда.

Анализ несчастных случаев с тяжелым, смертельным исходами, групповых несчастных случаев, происшедших в республике, показывает, что ежегодно около 40 процентов производственных травм с тяжелыми последствиями происходит при выполнении работ с повышенной опасностью. К работам с повышенной опасностью относятся работы, требующие для их безопасного выполнения стро-

гого соблюдения требований безопасности, высокой согласованности в действиях работников, осуществления специальных технических и организационных мер, а также постоянного контроля за ходом выполнения работ. В целях информационного обеспечения мер безопасности при производстве работ с повышенной опасностью и предотвращения несчастных случаев при их выполнении управлением охраны труда главной военной инспекции Вооруженных Сил разработаны рекомендации о порядке организации и проведения отдельных работ с повышенной опасностью в воинских частях и организациях Вооруженных Сил (далее – воинские части).

### ***Типовой перечень работ с повышенной опасностью***

1. Работа в действующих электроустановках и на воздушных линиях связи, пересекающих линии электропередачи и контактные провода или расположенных с ними на одних опорах.

2. Строительные, строительско-монтажные и ремонтно-строительные работы.

3. Работы в охранных зонах воздушных линий электропередачи, газопроводов и других подземных коммуникаций, а также складов легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, горючих или сжиженных газов.

4. Работы в зданиях или сооружениях, находящихся в аварийном состоянии.

5. Работы в пределах зон с постоянно действующими опасными производственными факторами.

6. Разборка зданий и сооружений.

7. Работы с подвесных люлек и люлек подъемников.

8. Земляные работы на участках с патогенным заражением почвы.

9. Работы в зонах действия токов высокой частоты, электростатического и электромагнитных полей, с применением лазеров.

10. Огневые работы (электросварочные, газосварочные, газорезочные, паяльные и другие работы, связанные с открытым огнем), а также техническое обслуживание, испытание и ремонт используемого при проведении указанных работ оборудования.

11. Термическая обработка металлов.

12. Работы, связанные с прокладкой и монтажом кабелей в траншеях и подземных коммуникациях.

13. Работы с применением ручных пневматических и электрических машин и инструмента (кроме пневматического инструмента, используемого при механосборочных работах на конвейерах сборки).

14. Работы с опасными веществами (воспламеняющимися, окисляющимися, горючими, взрывчатыми, токсичными, высокотоксичными).

15. Эксплуатация, испытания и ремонт агрегатов и котлов, работающих на газе, твердом и жидком топливе, другого теплоэнергетического оборудования, а также трубопроводов пара и горячей воды.

16. Эксплуатация, испытания и ремонт сосудов, работающих под давлением.

17. Работы по испытанию, наладке, эксплуатации и ремонту пассажирских и грузовых лифтов и эскалаторов.

18. Эксплуатация, ремонт и техническое обслуживание грузоподъемных кранов, подъемников и других грузоподъемных машин и механизмов.

19. Работы, выполняемые с использованием грузоподъемного оборудования, и погрузочно-разгрузочные работы с применением средств механизации.

20. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт компрессорных и холодильных установок, а также насосно-компрессорных установок, перекачивающих сжиженные углеводородные газы.

21. Монтаж, эксплуатация и ремонт систем газоснабжения и магистральных трубопроводов, газопроводов, технологических трубопроводов газонаполнительных станций, газораспределительных пунктов, монтаж и сварка подземных, наружных и внутренних газопроводов, подключение к действующему газопроводу вновь смонтированных газопроводов, монтаж и эксплуатация средств электрохимической защиты подземных газопроводов, техническое обслуживание газового хозяйства и другие газоопасные работы.

22. Работы по добыче, транспортированию и переработке нефти, газа и конденсата.

23. Работы в охранных зонах действующих газопроводов.

24. Производство, хранение, использование, погрузка, транспортирование и выгрузка взрывопожароопасных и токсичных химических веществ.

25. Работы с радиоактивными веществами и оборудованием, содержащим радиоактивные вещества.

26. Измерительные работы в радиационной зоне.
27. Работы с ядовитыми, канцерогенными, токсичными и другими вредными веществами, а также по дезактивации, дезинсекции, дератизации и дезинфекции помещений.
28. Эксплуатация циклотронов, бетатронов, установок ионного легирования, рентгеновских аппаратов медицинского и промышленного применения, а также приборов и устройств, излучающих электромагнитное и другое излучение.
29. Работы с инертными газами, кислотами, щелочами, ртутью, хлором, свинцом, их соединениями, редкоземельными металлами.
30. Производство и применение биопрепаратов.
31. Производство стекла и стеклоизделий.
32. Производство и применение химических волокон, стекловолокон и изделий из них, асбеста, мастик на битумной основе, стекловаты, шлаковаты, перхлорвиниловых, бакелитовых и тому подобных материалов.
33. Производство изделий из пластических масс и резины.
34. Работы, выполняемые с применением токсичных, взрыво- и пожароопасных материалов при подготовке поверхностей к окрашиванию, окрашиванию, сушке и обработке окрашенных поверхностей.
35. Работы антикоррозийные.
36. Эксплуатация, ремонт и техническое обслуживание транспортных средств, самоходных сельскохозяйственных машин и гусеничных тракторов.
37. Кузнечно-прессовые работы.
38. Обработка металлов резанием с использованием металлообрабатывающего оборудования.
39. Работы с абразивным и эльборовым инструментом.
40. Работы, связанные с получением проката, а также отливок из металлов и их сплавов.
41. Работы с применением пиротехнического инструмента и оборудования.
42. Работы по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.
43. Работы по нанесению покрытий на детали и изделия.
44. Лесозаготовительные работы.
45. Деревообрабатывающее производство.
46. Производство, хранение, транспортирование и применение пестицидов, агрохимикатов и гербицидов.

47. Кровельные и другие работы на крыше здания.
48. Работы водолазные.
49. Гашение извести.
50. Работы с пескоструйными и дробеструйными аппаратами и установками.
51. Работы по нанесению бетона, изоляционных и обмуровочных материалов методом набрызгивания и напыления.
52. Подземные и открытые горные работы (в шахтах, в рудниках, при строительстве тоннелей и станций метрополитенов, коллекторов и подземных сооружений специального назначения, при разработке полезных ископаемых).
53. Работы по строительству подземных сооружений специальными способами (цементация и химическое закрепление грунтов и фундаментов, забивка свай, искусственное замораживание грунтов и водопонижение, продавливание тоннельных конструкций под дамбами, сооружениями, магистралями, водоемами и другие).
54. Геолого-маркшейдерские работы.
55. Сейсморазведка и электроразведка.
56. Размывание пород с использованием гидромониторов и других средств механизации.
57. Работа в замкнутых пространствах (колодцах, шурфах, котлованах, бункерах, камерах, резервуарах и подземных коммуникациях), а также под водой и в траншеях на глубине более двух метров.
58. Работы на высоте.
59. Обслуживание распашных ворот и ворот с механическим приводом.
60. Работы по изготовлению и применению пиротехнических изделий.
61. Работы огневых расчетов с противорадовыми, порошковыми зарядами и пусковыми установками метеорокет.
62. Обслуживание отдельных видов животных (быков, собак, кабанов, жеребцов и других), работа с дикими зверями.
63. Работы в службах движения, пути, подвижного состава, тоннельных сооружений, сигнализации и связи метрополитенов.
64. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава и сооружений железнодорожного транспорта, городского электрического транспорта.

65. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт центрифуг, транспортеров, аспирационных и пневмотранспортных систем.

66. Работы, выполняемые на воде и над водой, на морских и речных судах, на переправах (ледовых, паромных, лодочных).

67. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт летательных аппаратов.

68. Работа цирковых артистов и каскадеров.

69. Работа в инфекционных, туберкулезных и психоневрологических организациях здравоохранения, а также при контакте с микроорганизмами, возбудителями инфекционных болезней и СПИДа.

70. Работы по отлову собак, других животных.

71. Аварийно-спасательные работы, тушение пожаров, ликвидация последствий паводков и других чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

72. Работы по эксплуатации, обслуживанию и ремонту водопроводно-канализационных сооружений и сетей.

73. Работы по эксплуатации и ремонту оборудования и машин для стирки и сушки белья инфекционных больных, специальной одежды, загрязненной радиоактивными веществами, пунктов захоронения радиоактивных отходов.

74. Охрана объектов любых форм собственности.

75. Земляные работы, выполняемые в зоне размещения подземных коммуникаций.

76. Работы по приемке, хранению и отгрузке нефтепродуктов.

77. Сельскохозяйственные, лесохимические, лесохозяйственные, строительные работы, выполняемые на территориях, загрязненных цезием-134, цезием-137 свыше  $5 \text{ Ки/км}^2$ .

78. Работы в зоне опасного (свыше установленных предельно допустимых уровней) действия ультразвукового, инфразвукового, электромагнитного и других полей.

79. Буровые и геологоразведочные работы.

80. Эксплуатация, обслуживание и ремонт дорожных, строительных, землеройных машин и механизмов.

81. Работы, выполняемые в полярных районах Земли.

82. Выполнение работ с использованием методов промышленного альпинизма.

***Отдельные виды работ с повышенной опасностью,  
выполняемые в Вооруженных Силах (в дополнение  
к Типовому перечню)***

1. Разгрузка, проверка на безопасность и рассортировка боеприпасов третьей категории и всех боеприпасов, поступающих из войск.

2. Разгрузка и рассортировка боеприпасов, опасных в обращении и при транспортировке.

3. Вывинчивание из окончательно снаряженных выстрелов, снарядов и мин взрывателей (трубок).

4. Разрядка боеприпасов, содержащих капсюли, дымный порох или пиротехнические средства.

5. Ремонт кумулятивных снарядов и мин, а также выстрелов с ними.

6. Ремонт гранатометных выстрелов.

7. Ремонт противотанковых управляемых ракет и боевых частей к ним.

8. Рассверловка взрывчатого вещества в снарядах, минах и головных частях реактивных снарядов.

9. Выплавка взрывчатых веществ из снарядов, мин, головных частей реактивных снарядов и ручных гранат.

10. Рассверловка стопорных винтов при разборке реактивных снарядов.

11. Разрядка дымовых, зажигательных и осветительных снарядов и мин.

12. Мешка, развеска и сортировка порохов:

12.1. На летучем растворителе (обыкновенный пироксилиновый, беспламенный, малогигроскопичный, малоэрозионный, высококалорийный, флегматизированный, пористый, пламегасящий), который относится к нитроцеллюлозным порохам.

12.2. На труднолетучем растворителе (нитроглицериновый, нитродиглицелевый, нитроксилитановый).

12.3. На смешанном растворителе (кордитный).

12.4. Без растворителя (вискозный).

12.5. Эмульсионных (сферических).

13. Расклинивание нитроцеллюлозных порохов при вязке пучков.

14. Разрядка (разборка) на детали взрывателей (трубок), средств воспламенения (содержащих капсули или электрозапалы) и пиротехнических средств.

15. Испытание огневой цепи взрывателей (трубок).

16. Испытание капсулей на чувствительность к наколу жалом или лучу огня.

17. Испытание пиротехнических средств на действие (стрельбой).

18. Испытание пиротехнических средств фотометрированием.

19. Все контрольно-лабораторные работы с дымным и целлюлозным порохами и безоболочными трассерами.

20. Уничтожение боеприпасов путем подрыва, выжигания и сжигания.

***Примерный перечень работ, на выполнение  
которых необходимо выдавать наряд-допуск***

1. Строительно-монтажные и другие работы с применением строительных машин в охранных зонах воздушных и кабельных линий электропередачи, газопроводов, а также складов легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, горючих или сжиженных газов.

2. Строительно-монтажные и другие работы, выполняемые в колодцах, шурфах или закрытых емкостях, резервуарах, цистернах, тоннелях, бункерах, в топках и дымоходах котлов, внутри горячих печей и других местах, где возможно отравление или удушение работников.

3. Земляные работы на участках с патогенным заражением почвы (свалках, скотомогильниках и т. п.).

4. Строительно-монтажные работы, выполняемые на территории воинской части, когда имеется или может возникнуть производственная опасность, исходящая от воинской части.

5. Строительно-монтажные работы, выполняемые в зданиях или сооружениях, находящихся в аварийном состоянии, работы по их разборке (разрушению).

6. Строительно-монтажные работы, выполняемые в пределах зон с постоянно действующими опасными производственными факторами.

7. Работы по вырубке деревьев, при которых требуется принятие мер по предотвращению падения на провода действующих воздушных линий электропередачи и связи срубленных деревьев и веток.

8. Сборка и установка опор, мачт и других конструкций и сооружений с применением двух кранов или вертолетов.

9. Работы с применением пиротехнического инструмента.

10. Монтаж проводов и тросов в зоне наведенного напряжения от действующей линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше, в охранной зоне действующих воздушных линий электропередачи и связи, в пролете пересечения с действующими воздушными линиями электропередачи и связи, на переходах через железные и шоссейные дороги, через реки, озера, пруды, болота, овраги.

11. Огневые работы на временных рабочих местах.

12. Верхолазные работы.

13. Кровельные и другие работы на крыше здания, сооружения.

14. Работы над водой и в воде.

Наряд-допуск оформляется в двух экземплярах (первый находится у лица, выдавшего наряд-допуск, второй – у ответственного руководителя работ), при работах на территории действующей организации наряд-допуск оформляется в трех экземплярах (третий экземпляр выдается ответственному лицу действующей организации). К наряду-допуску могут при необходимости прилагаться эскизы защитных устройств и приспособлений, схемы расстановки постов оцепления, установки знаков и плакатов безопасности и тому подобное. При выполнении работ в охранных зонах сооружений или коммуникаций наряд-допуск выдается при наличии письменного разрешения организации – владельца этого сооружения или коммуникации. Наряд-допуск выдается на срок, необходимый для выполнения заданного объема работ. При возникновении в процессе работ опасных производственных факторов, не предусмотренных нарядом-допуском, работы прекращаются, наряд-допуск аннулируется.

### ***Обязанности и ответственность руководителей и исполнителей при производстве огневых работ***

1. Командир воинской части обязан:  
организовать работу по созданию безопасных условий проведения огневых работ в воинской части.

2. Руководитель подразделения обязан:  
– издать распоряжение, в котором определены мероприятия по подготовке и безопасному проведению огневых работ, обеспечить их выполнение;

- назначить лиц, ответственных за подготовку и проведение огневых работ, прошедших проверку знаний в установленном порядке;
- выдать наряд-допуск;
- перед началом проведения огневых работ проверить выполнение разработанных мероприятий, предусмотренных распоряжением и нарядом-допуском;
- в период проведения огневых работ обеспечить контроль за выполнением предусмотренных нарядом-допуском мероприятий;
- организовать контроль за состоянием воздушной среды на месте проведения огневых работ, в опасной зоне, установить периодичность отбора проб;
- обеспечить уведомление о проведении огневых работ объектовой пожарной охраны (ДПД), отдела охраны труда и техники безопасности.

3. Лицо, ответственное за подготовку огневых работ, обязано:

- организовать выполнение мероприятий, указанных в распоряжении и наряде-допуске;
- проверить полноту и качество выполнения мероприятий;
- обеспечить своевременное проведение анализов воздушной среды на месте проведения огневых работ и в опасной зоне.

4. Лицо, ответственное за проведение огневых работ, обязано:

- организовать выполнение мероприятий по безопасному проведению огневых работ;
- провести инструктаж с исполнителями огневых работ;
- проверить наличие квалификационного удостоверения и талона о прохождении пожарно-технического минимума у исполнителей огневых работ (сварщиков, резчиков), исправность инструмента и средств для проведения огневых работ;
- обеспечить место проведения огневых работ первичными средствами пожаротушения, а исполнителей – средствами индивидуальной защиты (противогазы, спасательные пояса, веревки и т. д.);
- осуществлять контроль за работой исполнителей и противопожарным состоянием места проведения работ;
- знать состояние воздушной среды на месте проведения огневых работ, в случае необходимости прекращать огневые работы;
- при возобновлении огневых работ после перерыва проверить состояние места проведения огневых работ, оборудование и разрешить

проводить работы только после получения удовлетворительного анализа воздушной среды в помещении, аппаратах и в опасной зоне;

– после окончания огневых работ проверить рабочее место на отсутствие возможных источников возникновения огня.

5. Старший по смене (начальник смены, участка, отделения и т. д.) обязан:

– уведомить персонал смены о ведении огневых работ на объекте;

– сделать запись в журнале приема и сдачи смен о проведении огневых работ на объекте;

– по окончании огневых работ совместно с лицом, ответственным за их проведение, проверить и принять оборудование, место работ;

– обеспечить наблюдение в течение трех–пяти часов за местом проведения работ с целью исключения пожара.

6. Исполнители огневых работ обязаны:

– иметь при себе квалификационное удостоверение и талон о прохождении пожарно-технического минимума;

– пройти инструктаж по безопасному проведению огневых работ и расписаться в наряде-допуске, а исполнители подрядной (сторонней) организации – дополнительно получить инструктаж по технике безопасности в подразделении;

– приступать к огневым работам только по указанию лица, ответственного за их проведение;

– выполнять только ту работу, которая указана в наряде-допуске;

– соблюдать меры безопасности, предусмотренные в наряде-допуске;

– уметь пользоваться средствами индивидуальной защиты и пожаротушения, а в случае возникновения пожара немедленно принять меры по вызову пожарной охраны и приступить к ликвидации пожара;

– после окончания огневых работ тщательно осматривать место проведения работ, устранять выявленные нарушения, которые могут привести к возникновению пожара, к травмам и авариям;

– прекращать огневые работы при возникновении опасной ситуации и требовании контролирующих служб предприятия и органов надзора.

Командир, лицо, выдавшее наряд-допуск, ответственное за подготовку и проведение огневых работ, старший по смене, исполнители работ несут ответственность за выполнение возложенных на них обязанностей, Правил пожарной безопасности в законодательном порядке.

#### **4. РАЗДЕЛ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА «ОХРАНА ТРУДА»**

После выдачи дипломанту задания на дипломное проектирование, не позднее чем через неделю, консультантом-преподавателем по разделу «Охрана труда» выдается индивидуальное задание по рассмотрению основных вопросов охраны труда, применимых к тематике дипломного проекта.

Дипломантам предоставляется право выбора тематики индивидуального задания, с учетом темы проекта.

Одновременно с выдачей индивидуального задания дипломанту рекомендуется список литературных источников и нормативных материалов (ГОСТ, СанПиН, ТКП и др.).

После выполнения курсантом раздела «Охрана труда» консультант-преподаватель кафедры ставит свою подпись на титульном листе пояснительной записки дипломного проекта (работы), подписывает необходимые листы графической части, а также, по согласованию с выпускающей кафедрой, чертежи конструкторских проектов.

##### **4.1. Правила оформления раздела дипломного проекта «Охрана труда»**

В соответствии с «Инструкцией по подготовке, оформлению и представлению к защите дипломных проектов (работ)» в проектах отражаются вопросы охраны труда, свойственные особенностям специальности.

Объем специального раздела «Охрана труда» в пояснительной записке дипломного проекта (работы), как правило, составляет 8–12 страниц машинописного текста. В случае необходимости допускается увеличение страниц данного раздела.

При компьютерном наборе печать текста производится шрифтом *Times New Roman* черного цвета с высотой 14 пунктов, через полтора (1,5) интервала. Шрифт печати должен быть четким, лента – черного цвета средней жирности. Плотность текста отчета должна быть одинаковой.

Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе оформления, допускается исправлять подчисткой или закрасиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графиков) машинописным или рукописным способами.

Материалы должны быть изложены технически грамотно, лаконично. Недопустимо заполнение раздела общими рассуждениями и переписанными нормативными положениями.

Литературные источники в разделе следует располагать в порядке появления ссылок в приведенном тексте. Сведения об источниках, включенных в список, необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–84 с обязательным приведением названий работ.

#### **4.2. Содержание раздела «Охрана труда»**

Содержание раздела определяется тематикой дипломного проекта и должно быть его составной частью. Вопросы охраны труда отражаются также в графической части проекта (планировка цеха, научно-исследовательской лаборатории, транспортного средства и т. п.).

В разделе должны быть отражены конкретные сведения, относящиеся к технике безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, даны ссылки на нормативную литературу, а также на чертежи дипломного проекта и те страницы в других разделах пояснительной записки (технологическом, конструктивном, исследовательском), где были решены вопросы охраны труда.

В разделе подлежат рассмотрению следующие вопросы:

- 1) проведение анализа опасных и вредных производственных факторов, характерных для проектируемого участка, разрабатываемого или исследуемого технологического процесса или эксперимента;
- 2) установление параметров условий труда, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности служащих;
- 3) проведение выбора и разработка мероприятий по борьбе с опасными и вредными производственными факторами, принятие меры защиты от их воздействия на организм человека;
- 4) изложение вопросов пожарной безопасности проектируемого объекта, техпроцесса при проведении экспериментальных исследований.

Анализ предполагает обязательное сравнение или сопоставление основных параметров условий труда с действующими нормативными документами.

В разделе «Охрана труда» обязательному рассмотрению подлежат следующие вопросы:

#### ***4.2.1. Выполнение требований к территории, производственным и вспомогательным помещениям***

Охарактеризовать объемно-планировочные и конструктивные решения производственного здания и его составных элементов, описать компоновку цеха, отметить особенности расположения участков, служб, технологического оборудования, дать схему размещения и ширину проездов и служебных проходов в цехе, грузопотоки, санитарно-защитную зону, пожарные и санитарные разрывы [1–7].

#### ***4.2.2. Санитарно-бытовые помещения***

1. Определить группу производственного процесса для основных профессий и состав санитарно-бытовых помещений в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов [9–11].

2. Произвести расчет санитарно-бытовых помещений (гардеробных, душевых, умывальных, уборных, помещений для отдыха, личной гигиены женщин, устройств питьевого водоснабжения и т. д.), найти их площадь и выбрать место их расположения [12–14].

#### ***4.2.3. Потенциально опасные и вредные производственные факторы техпроцесса, меры защиты***

##### ***Вредные вещества***

1. Назвать вредные вещества (газы, пары, дым, туман, пыли), которые выделяются при осуществлении техпроцесса [15–17].

2. Охарактеризовать условия и источники их возникновения, описать вредное воздействие этих веществ на организм человека [15, 18, 19].

3. Привести данные о возможном содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны, сравнить их с предельно допустимыми концентрациями, определить класс их опасности [20].

4. Дать рекомендации или разработать мероприятия по борьбе с вредными газами, задымленностью и запыленностью воздуха [21–24].

##### ***Метеорологические условия***

1. Дать оценку выполняемых в цеху (на участке, при проведении техпроцесса на конкретном оборудовании) работ по общим энергозатратам организма, указать категорию работ по тяжести [8].

2. Привести оптимальные и допустимые микроклиматические условия (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в рабочей зоне) для теплого и холодного периодов года [10, 22, 23].

3. Сравнить интенсивность теплового облучения на рабочем месте с допустимыми значениями [22].

4. Перечислить мероприятия, направленные на нормализацию параметров микроклимата [1, 25, 26].

### ***Вентиляция***

1. Охарактеризовать системы вентиляции, применяемые в помещениях предприятия (общеобменной и местной) [25, 26].

2. Описать устройство местной вентиляции, используемой на рабочем месте, выбрать тип вентиляционных устройств [27].

### ***Производственное освещение***

1. Охарактеризовать производственное освещение территории, производственных и административно-бытовых зданий и помещений [2, 22, 28].

2. Определить разряд и подразряд зрительной работы, нормативные значения минимальной освещенности для искусственного освещения и коэффициент естественной освещенности (КЕО) для естественного и совмещенного освещения [22, 28].

3. Выбрать источники искусственного освещения и типы светильников, применяемых в конкретных условиях.

4. Предусмотреть в случае необходимости систему аварийного освещения.

### ***Шум, вибрация***

1. Указать источники шума и вибрации, причины их возникновения.

2. Дать характеристику шума, создаваемого оборудованием и системами вентиляции, вибрации (технологической, транспортной и транспортно-технологической), сравнить эти данные с предельно допустимыми значениями [29–36].

3. Предусмотреть конкретные мероприятия по борьбе с шумом и вибрацией на рабочих местах.

### ***Электробезопасность***

1. Определить категории помещений по опасности поражения электрическим током [1, 37].

2. Назвать меры защиты от поражения электрическим током, используемые в цеху (защитные заземления, зануление, защитные отключения, изоляция, двойная изоляция, ограждения, применение пониженных напряжений и т. д.) [22, 37].

3. Произвести расчет заземляющего устройства или зануления.

4. Описать меры молниезащиты зданий и сооружений, борьбы со статическим электрическим [38].

### ***Требования безопасности к основным технологическим процессам и оборудованию***

1. Указать опасные зоны при работе оборудования и выполнении техпроцесса и назвать средства защиты (оградительные, предохранительные, блокирующие и т. д.), мероприятия по обеспечению безопасной работы, требования безопасности, которые учтены при проектировании оборудования, его отдельных элементов и инструмента [39–60].

2. Описать правила безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов и сосудов, работающих под избыточным давлением [45, 61].

3. Описать основные эргономические требования к конструкции оборудования и рабочему месту [42, 43].

### ***Пожарная безопасность***

1. Проанализировать выполнение требований пожарной безопасности к территории предприятия [63].

2. Определить категории зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности [64, 65].

3. Определить степень огнестойкости зданий и пределы огнестойкости основных строительных конструкций, категорию по функциональной опасности [66, 67].

4. Описать меры по эвакуации людей при пожаре, требования к путям эвакуации [68].

5. Назвать возможные причины пожаров на рассматриваемом объекте.

6. Указать виды и количество первичных средств пожаротушения [69–77].

7. Описать систему противопожарного водоснабжения [78, 79].

## **5. МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ И ФАКТОРОВ ТРУДА И НАПРЯЖЕННОСТИ РАБОТЫ**

### **5.1. Определение тяжести и напряженности труда**

Измерение, анализ и гигиеническая характеристика характера трудовой деятельности (тяжести и напряженности труда) является основой для определения направлений по оптимизации организации трудового процесса в профессии, на конкретном рабочем месте, определения путей совершенствования технологических процессов, установления приоритетности санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, составления гигиенической характеристики условий труда при выявлении профессиональных заболеваний, регламентирования факторов производственной среды.

Тяжесть труда является количественной характеристикой физического труда.

Количественную оценку тяжести и напряженности труда следует проводить с учетом Санитарных норм и правил «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденных Министерством здравоохранения Республики Беларусь 28 декабря 2012 г. № 211 [80], и с использованием методических приемов, приведенных в Инструкции 2.2.7.11–11–200–2003 «Гигиеническая оценка характера трудовой деятельности по показателям тяжести и напряженности труда», утвержденной постановлением Главного государственного санитарного врача республики Беларусь от 12 декабря 2003 г. № 165 [81].

Технологический процесс изготовления детали или изделия – комплекс работ, выполняемых в определенной последовательности для получения формы и размеров обрабатываемого предмета. Производственный процесс в отличие от технологического включает все операции (технологические, транспортные, контрольные). Каждый процесс состоит из отдельных операций – частей производственного процесса, характеризующихся неизменностью процесса труда.

Измерение и гигиеническая оценка показателей тяжести и напряженности труда выполняются в следующем порядке:

- устанавливаются цель и задачи проводимого санитарно-гигиенического исследования;

- изучается нормативная документация, характеризующая трудовую деятельность (технологические карты, регламенты, инструкции, должностные обязанности, требования по охране труда на изучаемых рабочих местах, в профессиях);

- изучается нормативная документация, регламентирующая условия труда на рабочих местах, в профессиях, на этом основании производится отнесение трудовой деятельности к виду, указанному ниже;

- производится предварительное ознакомление с трудовой деятельностью на конкретных рабочих местах, проверка наличия и рабочего состояния грузоподъемных, транспортных механизмов, других приспособлений, предназначенных для снижения тяжести и напряженности труда, наличия сверхнормативных излишков сырья, готовой продукции, то есть условий, которые существенным образом могут повлиять на результаты замеров и экспертной оценки;

- определяются показатели факторов характера трудового процесса, которые подлежат измерению и оценке в первую очередь, на данном этапе рекомендуется подготовить форму «Лист наблюдения» с учетом конкретных особенностей трудовой деятельности;

- осуществляется расчленение изучаемой трудовой деятельности на типичные этапы, операции, элементы;

- производится хронометраж рабочего времени, непосредственное измерение и экспертная оценка параметров факторов характера трудового процесса, математическая обработка результатов замеров с помощью статистических методов, их сравнение с нормативными значениями;

- выполняется анализ причин несоответствия фактических значений требованиям нормативной документации;

– разрабатываются рекомендации, предложения по доведению параметров факторов трудового процесса на рабочих местах до нормативных значений, меры по предупреждению неблагоприятного воздействия факторов характера труда, результаты используются при комплексной гигиенической оценке условий труда, при нормировании факторов с учетом тяжести и напряженности труда (параметры микроклимата, шума, пылевой нагрузки).

Напряженность труда – количественная оценка умственного труда. Категорию тяжести и напряженности труда определяют расчетным путем. Для этого каждый фактор производственных условий оценивают по шестибалльной системе с помощью специальных таблиц. Интегральная оценка тяжести и напряженности труда определяется по формуле:

$$И_T = \left\{ X_{O.П.} + \left[ \sum X_{ij} \cdot (6 - X_{O.П.}) / (n - 1) \cdot 6 \right] \right\},$$

где  $X_{O.П.}$  – определяющий (самый большой по баллу) элемент условий труда на  $j$ -м рабочем месте;

$X_{ij}$  – большая оценка  $i$ -го фактора на  $j$ -м рабочем месте;

$\sum$  – сумма баллов всех  $i$ -х биологически значимых элементов без определяющего элемента на  $j$ -м рабочем месте;

$n$  – число всех элементов, имеющих на рабочем месте, шт.

При этом каждый элемент условий труда на рабочем месте получает оценку от 1 до 6 в зависимости от своей величины и продолжительности действия.

При экспозиции < 90 % времени 8-й рабочей смены фактическая оценка элемента в балах соответственно:

$$X_{\phi i} = X_{\max} \cdot T_{\phi i} / 480,$$

где  $X_{\max}$  – максимальная оценка элемента при эксплуатации от 90 % и более;

$T_{\phi i}$  – фактическая продолжительность действия элемента в течение рабочей смены, мин.;

480 – фонд рабочего времени восьмичасовой рабочей смены, мин.

Пример определения категории тяжести труда на рабочем месте, исходя из данных табл. 5.1.

Таблица 5.1

Характеристика факторов условий труда

Фактор	Максимальная оценка фактора, балл	Фактическая продолжительность действия фактора, мин	Фактическая оценка тяжести, балл
$x_1$	4	180	1,5
$x_2$	5	360	3,75
$x_3$	6	200	2,5

$$I_T = \left\{ 3,75 + \left[ (1,5 + 2,5) \cdot (6 - 3,75) / (3 - 1) \cdot 6 \right] \right\} \cdot 10 = 45 \text{ баллов.}$$

По табл. 5.2 определяем категорию тяжести и напряженности труда по интегральной оценке  $I_T$ .

Таблица 5.2

Категории тяжести и напряженности труда по интегральной оценке

Категория тяжести труда	I	II	III	IV	V	VI
Интегральная оценка $I_T$ , балл	18	19–33	34–45	46–53	54–59	59,1–60

Следовательно, на рабочем месте используется труд III категории тяжести и напряженности труда.

Таблица 5.3

Характеристика труда работающих, соответствующая категории тяжести и напряженности труда

Категория тяжести работ	Характеристика условий труда для данной категории тяжести работ
I, II	Комфортные производственные условия труда
III	Относительно дискомфортные условия труда
IV, V	Экстремальные условия труда
VI	Сверхэкстремальные условия труда

Динамическую физическую нагрузку определяют по одному из критериев: а) работа (кг·м); б) мощность усилия (Вт).

Динамическая работа определяется по следующей формуле:

$$W = (P \cdot H + (P \cdot L / g) + (P \cdot H_1 / 2)) \cdot K, \text{ кг} \cdot \text{м},$$

где  $P$  – масса груза, кг;

$H$  – высота, на которую груз перемещается из исходного положения, м;

$L$  – расстояние, на которое перемещают груз по горизонтали, м;

$H_1$  – расстояние, на которое опускают груз, м;

$K$  – коэффициент, равный 6.

Среднемесячная мощность определяется по формуле

$$N = W \cdot K_1 / t, \text{ Вт},$$

где  $t$  – длительность смены, с;

$K_1$  – коэффициент перевода работы ( $W$ ) из кг·м в Джоуль (Дж), равный 9,8 [82].

## 5.2. Оценка уровня травматизма на производстве

Анализ травматизма и заболеваемости на производстве проводится по актам расследования несчастных случаев, профзаболеваний, листкам временной нетрудоспособности.

Для профилактики травматизма используют следующие основные группы *методов анализа несчастных случаев*: ретроспективные и прогностические.

*Ретроспективные методы* основаны на анализе происшедших несчастных случаев. К ним относятся статистический и монографический методы.

*Статистический метод* анализа несчастных случаев представляет собой совокупность приемов, основанных на целенаправленном сборе, накоплении и обработке информации о несчастных случаях с последующим расчетом статистических показателей. При этом изучаются обстоятельства несчастных случаев по актам формы Н-1, данные других отчетов предприятий за определенный период времени. Метод позволяет выявить динамику травматизма и его тяжесть по отдельным участкам производства. Разновидностями статистического метода являются групповой и топографический методы.

При *групповом методе* травмы подбираются по отдельным однородным признакам: времени травмирования; возрасту, квалификации и специальности пострадавших; видам работ; причинам несчастных случаев и т. д. Это позволяет выявить недостатки оборудования, организации работ или условий труда.

При *топографическом методе* все несчастные случаи систематически наносятся условными знаками на план расположения оборудования в цехе, на участке. Скопление таких знаков на каком-либо оборудовании или рабочем месте характеризует его повышенную травмоопасность и способствует принятию соответствующих профилактических мер.

*Монографический (клинический) метод* заключается в углубленном анализе объекта обследования в совокупности со всей производственной обстановкой. Изучению подвергаются технологические и трудовые процессы, оборудование, применяемые приспособления и инструменты, средства коллективной и индивидуальной защиты. Особое внимание уделяется оценке режимов труда и отдыха работающих, ритмичности работы предприятия (цеха). При этом выявляются скрытые опасные факторы, способные привести к несчастному случаю. Данный метод можно использовать и для разработки мероприятий по охране труда для вновь проектируемых предприятий.

В настоящее время применяются и другие методы анализа производственного травматизма – экономический, эргономический, психологический и др.

Прогностические методы основаны на изучении опасностей и используются при проектировании новых технологических процессов, оборудования. При этом изучаются опасности на основе логико-вероятностного анализа, моделирования, мнений экспертов, специальных расчетов, исследований.

Анализ травматизма и профессиональных заболеваний имеет целью установить закономерности, которые вызвали появление несчастных случаев (НС) и заболеваний.

Для оценки уровня травматизма пользуются относительными статистическими показателями частоты ( $K_{\text{ч}}$ ) и тяжести ( $K_{\text{т}}$ ):

$$K_{\text{ч}} = T \cdot 1000 / P,$$

где  $T$  – число травм за данный период;

$P$  – среднесписочная численность работающих, чел.

Коэффициент  $K_{\text{т}}$  характеризует среднюю продолжительность нетрудоспособности на один НС:

$$K_{\text{т}} = D / T,$$

где  $D$  – суммарное число дней нетрудоспособности по всем НС, дней.

Показатель частоты заболеваний ( $\text{Ч}_3$ ):

$$\text{Ч}_3 = B \cdot 100 / P,$$

где  $B$  – количество случаев заболеваний.

Показатель количества дней нетрудоспособности:

$$H_{\text{д}} = D \cdot 100 / P,$$

где  $D$  – количество дней нетрудоспособности, дней.

В методику расчета показателей оценки травматизма вводится дополнительный показатель – коэффициент безопасности ( $K_B$ ), или обобщенный коэффициент охраны труда ( $K_{O.T.}$ ), который определяется как среднеарифметическая величина из ряда показателей:

$$K_B = K_{O.T.} = \frac{K_{C.П.} + K_{B.O.} + K_{C.Y.} + K_{B.P.}}{4},$$

где  $K_{C.П.}$  – коэффициент соблюдения правил ОТ работающими;

$K_{B.O.}$  – коэффициент безопасности оборудования;

$K_{C.Y.}$  – коэффициент соответствия нормам санитарно-гигиенических условий цеха;

$K_{B.P.}$  – коэффициент выполнения плановых работ.

При этом  $K_{C.П.}$  определяют по формуле

$$K_{C.П.} = \frac{N}{P},$$

где  $N$  – количество работников с соблюдением правил, чел.;

$P$  – общее число работников, чел.

Для определения коэффициента безопасности оборудования ( $K_{B.O.}$ ) вводится карта безопасности производственного оборудования.

При этом  $K_{B.O.}$  определяют по формуле

$$K_{B.O.} = \frac{n}{N},$$

где  $n$  – количество показателей безопасности, соответствующих НТД;

$N$  – общее количество работников, чел.

При определении  $K_{B.O.}$  учитывают следующие показатели:

– обеспечение оборудования средствами механизации загрузки и выгрузки сырья;

– обеспечение средствами защиты (экраны, блокировка, ограждения).

- взрывоопасность;
- электробезопасность;
- шумовые и вибрационные характеристики;
- наличие сигнальных цветов и знаков безопасности.

Первоначально  $K_{Б.О.}$  определяют для единицы оборудования участка или цеха в зависимости от количества единиц технологического оборудования:

$$K_{Б.О.(\text{участка})} = \frac{K_{Б.О.1} + K_{Б.О.2} + \dots + K_{Б.О.n}}{n},$$

где  $K_{Б.О.1}$ ,  $K_{Б.О.2}$  и т. д. – коэффициенты для единицы оборудования;  
 $n$  – общее число оборудования.

Коэффициент соответствия нормам санитарно-гигиенических условий цеха ( $K_{С.У.}$ ) определяем на каждом рабочем месте с учетом температуры, влажности, скорости движения воздуха, запыленности, освещенности, загазованности, который заносят в паспорт рабочего места:

$$K_{С.У.} = \frac{n_{\text{пок.норм.}}}{n},$$

где  $n_{\text{пок.норм.}}$  – количество показателей, отвечающих нормам;  
 $n$  – общее количество показателей.

Коэффициент выполнения плановых работ ( $K_{В.Р.}$ ) определяем по формуле

$$K_{В.Р.} = \frac{n_{\text{мер.вып.}}}{n_{\text{мер.запл.}}},$$

где  $n_{\text{мер.вып.}}$  – количество фактически выполняемых мероприятий (план работ на месяц, коллективный договор, акты Н-1 или НП, приказы и т. д.);

$n_{\text{мер.запл.}}$  – количество мероприятий, предусмотренных к выполнению за данный месяц.

$K_{Б.П.}$  определяем по формуле

$$K_{Б.П.} = \frac{K_{Б.У.1} + K_{Б.У.2} + \dots + K_{Б.У.n}}{N},$$

где 1, 2, ...,  $n$  – номера участков;

$N$  – общее число участков (цехов).

При наличии НС с тяжелым или летальным исходом  $K_{Б}$  участка (цеха) принимают равным 0 [4].

Риск травмирования человека, выполняющего в течение года определенную работу, определяется по формуле

$$R = \frac{n}{N},$$

где  $n$  – количество травм в год;

$N$  – общее число участков деятельности, чел.

Показатель приемлемого риска должен соответствовать значению  $10^{-6}$  и менее [83].

### **5.3. Метод оценки индивидуального риска на наружных установках при возникновении поражающих факторов**

Риск – количественная характеристика действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека, то есть число смертных случаев, число случаев заболевания, число случаев временной и стойкой нетрудоспособности (инвалидности), вызванных действием на человека конкретной опасности (электрический ток, вредное вещество, двигающийся предмет, криминальные элементы общества и др.), отнесенных на определенное количество жителей (работников) за конкретный период времени.

Значение риска от конкретной опасности можно получить из статистики несчастных случаев, случаев заболевания, случаев насильственных действий над членами общества за различные промежутки времени: смена, сутки, недели, квартал, год.

Опасности могут быть реализованы в форме травм или заболеваний только в том случае, если зона формирования опасностей (ноксосфера) пересекается с зоной деятельности человека (гомосферой).

В производственных условиях это рабочая зона и источник опасностей (один из элементов производственной среды).

В производственных условиях различают *индивидуальный и коллективный риск*. *Индивидуальный риск* характеризует реализацию опасности определенного вида деятельности для конкретного индивидуума. Используемые в нашей стране показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, такие как частота несчастных случаев и профессиональных заболеваний, являются выражением индивидуального производственного риска.

Коллективный риск – это травмирование или гибель двух и более человек от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

*Приемлемый риск* – это такой низкий уровень смертности, травматизма или инвалидности людей, который не влияет на экономические показатели предприятия, отрасли экономики или государства. Необходимость формирования концепции приемлемого (допустимого) риска обусловлена невозможностью создания абсолютно безопасной деятельности (технологического процесса). Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

Настоящий метод применим для расчета величины индивидуального риска (далее по тексту – риска) на наружных установках при возникновении таких поражающих факторов, как избыточное давление, развиваемое при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей, и тепловое излучение при сгорании веществ и материалов.

Величину индивидуального риска  $R$  при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей рассчитывают по формуле

$$R_B = \sum_{i=1}^n Q_{bi} \cdot Q_{bni}, \quad (5.1)$$

где  $Q_{bi}$  – вероятность возникновения  $i$ -й аварии с горением газо-, паро- или пылевоздушной смеси на рассматриваемой наружной установке, год;

$Q_{bni}$  – условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии по наружной установке, избыточным давлением при реализации указанной ширины  $i$ -го типа;

$n$  – количество типов рассматриваемых аварий.

Значение  $Q_{bi}$  определяют из статистических данных или на основании ГОСТ 12.1.004–91 [84]. В формуле (5.1) допускается учитывать только одну наиболее неблагоприятную аварию, величина  $Q_b$  для которой принимается равной вероятности возникновения пожара с сгоранием газо-, паро- или пылевоздушных смесей на наружной установке по [84], а значение  $Q_{bn}$  вычисляется исходя из массы горючих веществ, вышедших в атмосферу.

Величину индивидуального риска  $R_n$  при возможном сгорании веществ и материалов, указанных в ТКП 474–2013 [85] для категории  $B_n$ , рассчитывают по формуле

$$R_n = \sum_{i=1}^n Q_{fi} \cdot Q_{fni}, \quad (5.2)$$

где  $Q_{fi}$  – вероятность возникновения пожара на рассматриваемой наружной установке в случае аварии  $i$ -го типа, год<sup>-1</sup>;

$Q_{fni}$  – условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от наружной установки, тепловым излучением при реализации аварии  $i$ -го типа;

$n$  – количество типов рассматриваемых аварий.

Значение  $Q_{fi}$  определяют из статистических данных или на основе ГОСТ 12.1.004–91.

В формуле (5.2) допускается учитывать одну наиболее неблагоприятную аварию, величина  $Q_f$  для которой принимается равной вероятности возникновения пожара на наружной установке по ГОСТ 12.1.004–91, а значение допускается вычислять, исходя из массы горючих веществ, вышедших в атмосферу.

Условную вероятность  $Q_{bni}$  поражения человека избыточным давлением при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей на расстоянии  $r$  от эпицентра определяют следующим образом:

- вычисляют избыточное давление  $\Delta P$  и импульс  $i$  по методам, описанным в нормах пожарной безопасности;
- исходя из значения  $\Delta P$  и  $i$ , вычисляют величину «пробит» функции  $P_z$  по формуле

$$P_z = 5 - 0,26 \cdot \ln(V),$$

где

$$V = \left( \frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left( \frac{290}{i} \right)^{9,3},$$

где  $\Delta P$  – избыточное давление, Па;

$i$  – импульс волны давления, Па·с.

С помощью табл. 5.4 определяют условную вероятность поражения человека. Например, при значении  $P_z = 2,93$  значение  $Q_{вн} = 2 \% = 0,02$ , а при  $P_z = 8,09$  значение  $Q_{вн} = 99,9 \% = 0,999$ .

Условную вероятность поражения человека тепловым излучением  $Q_{fni}$  определяют следующим образом.

Рассчитывают величину  $P_z$  по формуле

$$P_z = -14,9 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{1,33}),$$

где  $t$  – эффективное время экспозиции, с;

$q$  – интенсивность теплового излучения, кВт·м<sup>2</sup>.

Величину  $t$  находят:

а) для пожаров проливов ЛВЖ, ГЖ и твердых материалов:

$$t = t_0 + \frac{x}{v},$$

где  $t_0$  – характерное время обнаружения пожара, с (допускается принимать  $t = 5$  с);

$x$  – расстояние от места расположения человека до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает 4 кВт·м<sup>2</sup>, м;

$v$  – скорость движения человека, м·с<sup>-1</sup> (допускается принимать  $v = 5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ).

б) для воздействия «огненного шара» – в соответствии с ТКП 474–2013;

в) с помощью табл. 5.4 определяют условную вероятность поражения человека тепловым излучением.

Если для рассматриваемой технологической установки возможен как пожар пролива, так и «огненный шар», в формуле (5.2) должны быть учтены оба указанных выше типа аварии.

Таблица 5.4

Значение риска в зависимости от условной вероятности поражения

Условная вероятность поражения, %	Значения риска									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
–	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

#### 5.4. Расчет допустимого содержания пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу

Многие технологические процессы сопровождаются выделением в воздушную среду пыли.

*Промышленная пыль* представляет собой тонкодисперсные частицы, образующиеся при выполнении различных технологических процессов, способные длительное время находиться в воздухе во взвешенном состоянии. Промышленную пыль классифицируют по различным признакам: происхождению, действию на организм человека, степени дисперсности, фракционному и химическому составам, электрическим и магнитным свойствам, пожаро- и взрывоопасности.

По происхождению пыль (аэрозоли) подразделяется на пыли интеграции и пыли конденсации. Пыль дезинтеграции образуется при

дроблении, измельчении, помоле, резании и других механических процессах. Пыль конденсации образуется в результате охлаждения и конденсации паров расплавленных масс (металлов, стекломассы, расплавов солей, насыщенных растворов и т. п.). По составу пыль делят на: органическую, минеральную, смешанную.

По степени дисперсности пыль делят на: крупнодисперсную (частицы размером более 10 мкм), среднедисперсную (частицы размером от 5 до 10 мкм), мелкодисперсную (частицы размером от 1 до 5 мкм), пылевой туман или дым (частицы с размером до 1 мкм).

Пылевые частицы могут воздействовать на организм человека, проникая в него через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и кожный покров.

Вредное действие пыли на человека зависит от концентрации и времени действия, физико-химических свойств, заряженности частиц, формы и характера поверхности пылинок, на которых могут быть острые, иглообразные и даже крючкообразные выступы. Раздражение и ранение пылинками слизистых оболочек дыхательных путей вызывает болезненное покраснение, способное перейти в воспаление и катаральное состояние. Особенно опасна в этом отношении пыль, содержащая свободный диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ).

Действие пыли на кожный покров в основном сводится к механическому раздражению кожи.

Вследствие воздействия нетоксичной пыли на органы дыхания развиваются специфические заболевания, называемые пневмокониозами.

Пневмокониозы – собирательное название, включающее заболевания легких от воздействия всех видов пыли. Однако по времени развития этих заболеваний, характеру их течения и другим особенностям они различны и определяются характером воздействующей пыли. Например, пневмокониоз, вызванный воздействием кварцевой пыли, то есть свободных диоксидов кремния, называется *силикозом*, силикатами – *силикатозом*, угольной пылью – *антракозом*, железосодержащей пылью – *сидерозом*, асбестовой пылью – *асбестозом*, тальковой пылью – *талькозом*, алюминиевой пылью – *алюминозом* и т. д.

Наибольшую опасность представляет токсическая пыль, попадающая в легкие, где, задерживаясь на длительный период в альвеолах и бронхиолах, может быстро всасываться в большом количестве и оказывать раздражающее и общетоксическое действие, вызывая интоксикацию организма.

Кроме вредного действия на организм человека, пыль повышает износ оборудования (главным образом трущихся частей), увеличивает брак выпускаемой продукции.

Для оценки вредности и уровня безопасности химического вещества в воздухе рабочей зоны устанавливается его предельно допустимая концентрация (ПДК).

Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочих помещений устанавливается на основании специальных исследований и результатов профессиональных осмотров рабочих и утверждается Министерством здравоохранения. Воздух рабочей зоны производственного помещения должен соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям по содержанию вредных веществ, приведенным в санитарных нормах, правилах и гигиенических нормативах «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ», утвержденным постановлением Минздравоохранения Республики Беларусь от 31 декабря 2008 г. № 240 [86].

При отсутствии утвержденного значения ПДК временно можно пользоваться величиной ориентировочно безопасного уровня воздействия.

Расчет допустимого содержания пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, следует определять расчетным путем. Выбросы в атмосферу воздуха, содержащего вредные вещества, следует предусматривать и обуславливать расчетом так, чтобы их концентрация не превышала ПДК, указанных в ГОСТ 12.1.005–88 [87]. В противном случае требуется очистка воздуха.

При расходе выбрасываемого в атмосферу воздуха  $Q > 15$  тыс. м<sup>3</sup>/год, допустимое содержание пыли в воздухе определяется по формуле

$$C_1 = 100 \cdot K, \text{ мг/м}^3.$$

При  $Q \leq 15$  тыс. м<sup>3</sup>/год

$$C_2 = (160 - 4 \cdot L) \cdot K, \text{ мг/м}^3,$$

где  $C_1, C_2$  – допустимое содержание пыли в воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

$L$  – расход воздуха, тыс. м<sup>3</sup>/ч;

$K$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от ПДК пыли в воздухе рабочей зоны.

Значение коэффициента  $K$  по данным источника [88] составляет:  $K = 0,3$  при ПДК  $\leq 2$  мг/м<sup>3</sup>;  $K = 0,6$  при ПДК от 2 до 4 мг/м<sup>3</sup>;  $K = 0,8$  при ПДК от 4 до 6 мг/м<sup>3</sup>;  $K = 1,0$  при ПДК  $\geq 6$  мг/м<sup>3</sup>.

### **5.5. Расчет воздушного душирования при избытке тепла на рабочем месте**

Эффективным средством нормализации воздуха в производственных помещениях является вентиляция. По способу перемещения воздуха вентиляция классифицируется на естественную и механическую.

Естественная вентиляция осуществляется за счет разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха или действия ветра. Естественная вентиляция может быть организованной и неорганизованной.

Воздушный душ представляет собой направленный на рабочего поток воздуха, действие которого основано на увеличении отдачи теплоты человеком при возрастании скорости обдувающего воздуха. Скорость обдува составляет от 1 до 3,5 м/с в зависимости от интенсивности теплового облучения. Воздухораспределители для душирования рабочих мест оборудуются устройствами для регулирования расхода и направления струи в горизонтальной плоскости на угол до 180° и в вертикальной плоскости – на 30°.

*Водовоздушные души применяют в тех случаях, когда температура воздуха на рабочем месте превышает 30 °С.*

Оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для рабочей зоны производственных помещений устанавливаются согласно ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [8] и в соответствии с Санитарными нормами и правилами «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях», утвержденными Министерством здравоохранения Республики Беларусь 30.04.2013 № 33 [10]. Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений представлены в табл. 5.5 и 5.6. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работников от нагретых поверхностей технологического оборудования, материалов и изделий и т. д. должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 5.7.

Таблица 5.5

Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений [87, 89]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22–24	21–25	60–40	0,1
	Iб	21–23	20–24	60–40	0,1
	IIa	19–21	18–22	60–40	0,2
	IIб	17–19	16–20	60–40	0,2
	III	16–18	15–19	60–40	0,3
Теплый	Ia	23–25	22–26	60–40	0,1
	Iб	22–24	21–25	60–40	0,1
	IIa	20–22	19–23	60–40	0,2
	IIб	19–21	18–22	60–40	0,2
	III	18–20	17–21	60–40	0,3

Интенсивность теплового облучения от открытых источников (нагретый металл, стекло, открытое пламя и т. д.) не должна превышать  $140 \text{ Вт/м}^2$ . При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты.

*Температура наружных поверхностей* технологического оборудования, ограждающих устройств, с которыми соприкасается в процессе труда человек, не должна превышать  $+45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Тепловое излучение (инфракрасное)* представляет собой невидимое электромагнитное излучение с длиной волны от 0,76 до 540 нм, обладающее волновыми, квантовыми свойствами. По длине волны инфракрасные лучи делят на коротковолновую (менее 1,4 мкм), средневолновую (1,4–3 мкм) и длинноволновую (более 3 мкм) области.

Инфракрасное излучение генерируется любым нагретым телом, температура которого определяет интенсивность и спектр излучае-

мой электромагнитной энергии. Нагретые тела, имеющие температуру выше 100 °С, являются источником коротковолнового инфракрасного излучения (0,7–9 мкм). С уменьшением температуры нагретого тела (50–100 °С) инфракрасное излучение характеризуется в основном длинноволновым спектром.

При наличии источников теплового облучения работников устанавливают следующие величины максимально допустимой температуры воздуха на рабочих местах: +25 °С – при категории работ Ia; +24 °С – при категории работ Ib; +22 °С – при категории работ IIa; +21 °С – при категории работ IIb; +20 °С – при категории работ III [89].

Таблица 5.6

Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia	20,0–21,9	24,1–25,0	19,0–26,0	15–75	0,1	0,1
	Ib	19,0–20,9	23,1–24,0	18,0–25,0	15–75	0,1	0,2
	IIa	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15–75	0,1	0,4
	IIb	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0	15–75	0,2	0,3
	III	13,0–15,9	18,1–21,0	12,0–22,0	15–75	0,2	0,4

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более
Теплый	Ia	21,0–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1	0,2
	Iб	20,0–21,9	24,1–28,0	19,0–28,0	15–75	0,1	0,3
	IIa	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15–75	0,1	0,4
	IIб	16,0–17,9	21,1–27,0	15,0–28,0	15–75	0,2	0,5
	III	15,0–16,9	20,1–26,0	14,0–27,0	15–75	0,2	0,5

Таблица 5.7

Допустимые значения интенсивности теплового облучения поверхности тела работника от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25–50	70
Не более 25	100

Определяем отношение разностей температур по формуле

$$P_{\tau} = (t_{p3} - t_p) / (t_p - t_0),$$

где  $t_{pz}$  – температура воздуха в рабочей зоне (для теплого периода года), °С;

$t_p$  – нормируемая температура на рабочем месте, °С;

$t_0 = t_{охл} + \Delta t_n$  – температура воздуха на выходе из душирующего патрубка, °С;

$t_{охл}$  – температура воздуха на выходе из форсуночной камеры после адиабатического охлаждения, °С,  $t_{охл} = 18$  °С;

$\Delta t_n$  – нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах между форсуночной камерой и душирующим патрубком, принимается не менее 1,5 °С,  $\Delta t_n = 2$  °С.

При значениях  $P_T > 1$  предусматривается искусственное охлаждение воздуха. Выбираем тип воздухораспределителя и определяем коэффициенты  $m$  и  $n$ . При душировании наружным или охлажденным внутренним воздухом выбираем цилиндрические насадки или душирующие патрубки (ППД).

Выбираем тип воздухораспределителя и определяем коэффициенты  $m$  и  $n$  по табл. 5.8.

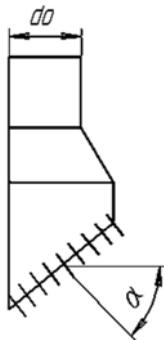


Рис. 5.1. Схема душирующего патрубка Батурина

Таблица 5.8

Тип воздухораспределителя

Душирующий патрубок Батурина с верхним подводом ПДв	Коэффициент	
	$m$	$n$
$\alpha = 30^\circ$	5,5	4,0
$\alpha = 45^\circ$	5,1	3,4
$\alpha = 60^\circ$	4,5	3,1

В случае, когда значение  $P_T > 1$ , сечение душирующего патрубка определяют по формуле

$$F_0 = (x / 0,8 \cdot m)^2, \text{ м}^2,$$

где  $x$  – расстояние от душирующего патрубка до рабочего места,  $x = 1,5$  м;

$n$  – опытный коэффициент, характеризующий изменение температуры или концентрации газов по оси струи;

$m$  – опытный коэффициент, характеризующий изменение скорости по оси струи.

Выбираем модель патрубка и его сечение. Исходя из того, что площадь  $F_0 = 0,08 \text{ м}^2$ , выбираем модель патрубка ППД-5 с сечением  $0,1 \text{ м}^2$ .

Определяем скорость воздуха на выходе из патрубка  $V_0$ , м/с. Так как  $P_T = 0,6 - 1,0$ , скорость воздуха определяем по формуле

$$V_0 = V_p / 0,7, \text{ м/с},$$

где  $V_p$  – нормируемая скорость воздуха на рабочем месте, принимается по табл. 10.1.

Определяем расход воздуха, подаваемого через душирующий патрубок по следующей формуле [90].

$$Q = 3600 \cdot F_0 \cdot V_0, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

## 5.6. Расчет общеобменной вентиляции

Искусственная (механическая) вентиляция устраняет недостатки естественной вентиляции. Она предназначена для обеспечения в рабочих помещениях оптимальных или допустимых микроклиматических условий и снижения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до ПДК. При механической вентиляции воздухообмен в помещении осуществляется за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами.

По степени охвата помещения или по месту действия системы вентиляции делятся на общеобменные и местные (локальные).

По способу организации воздухообмена в помещении *механическая общеобменная вентиляция* может быть: приточной, вытяжной или приточно-вытяжной.

*В системе приточной вентиляции* воздух с помощью вентилятора подается в помещение организованно, повышая в нем давление, а уходит неорганизованно, вытесняясь через щели, проемы окон и дверей в соседние помещения или наружу. Количество подаваемого воздуха можно регулировать клапанами или заслонками, устанавливаемыми на вентиляционных каналах.

*При вытяжной вентиляции* воздух организованно удаляется вентиляторами через сеть воздуховодов из помещения, в котором вследствие этого снижается давление. Взамен загрязненного в вентилируемое помещение подсасывается воздух из соседних помещений и снаружи через открытые проемы окон, двери, ворота или неплотности ограждающих конструкций.

*В системе приточно-вытяжной вентиляции* воздух организованно подается и удаляется в вентилируемом помещении через отдельные воздуховоды. В зависимости от соотношения расходов удаляемого и подаваемого воздуха давление в помещении может снижаться или повышаться (отрицательный или положительный баланс).

Общеобменную вентиляцию устраивают в случае, когда:

– в производственное помещение попадают вредные выделения вследствие невозможности полной герметизации производственного оборудования;

– отсутствуют строго фиксированные источники вредных выделений;

– работа местных отсосов является недостаточно эффективной.

Общеобменная вентиляция обеспечивает необходимые параметры микроклимата и снижение концентрации вредных веществ до допустимых значений во всем объеме производственного помещения.

Различают четыре основные схемы организации воздухообмена в помещении при общеобменной вентиляции: сверху вниз, сверху вверх, снизу вверх и снизу вниз. Кроме того, возможны различные комбинации из этих схем.

*Задача.* Определить количество воздуха, которое необходимо подавать в цех для снижения концентрации газа (паров) в воздухе до ПДК, если в помещении выделяется в течение часа определенное

количество газа (паров) (табл. 5.9). При этом поступающий приточный воздух практически чист.

Концентрация газа (паров) в воздухе помещения определяется по формуле

$$C = P / V = P / A \cdot B \cdot C, \text{ мг/м}^3,$$

где  $P$  – масса газа (паров), мг;

$A, B, C$  – длина, ширина, высота помещения соответственно, м.

Кратность воздухообмена определяем по следующей формуле:

$$K = C / \text{ПДК}, \text{ 1/ч},$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация газа (пара), мг/м<sup>3</sup>.

Воздухообмен или объем воздуха, подаваемый в помещение в течение часа для снижения концентрации газа (паров) в воздухе рабочей зоны до ПДК:

$$Q = K \cdot V = K \cdot A \cdot B \cdot C, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Далее определяем, достаточен ли воздухообмен в помещении, если в воздух помещения просачивается из систем и оборудования газ или пары. В помещении существует 4-кратный воздухообмен.

Требуемый воздухообмен для снижения содержания газа (паров) в воздухе помещения до предельно допустимой концентрации определяем из условия

$$Q_{\text{треб}} = P / \text{ПДК}, \text{ м}^3,$$

где  $P$  – масса газа (паров), просачивающегося из баллонов, аппаратов или трубопроводов, мг;

ПДК – предельно допустимая концентрация газа (паров), мг/м<sup>3</sup>.

Таблица 5.9

## Исходные данные для расчета

Газ, пары	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Размеры помещения			Масса газа (паров), выделяющегося в помещении в течение часа $P$ , кг
		длина $A$ , м	ширина $B$ , м	высота $C$ , м	
Аммиак	20	15	12	8	0,08
		18	12	6	0,10
		12	9	6	0,05
		21	12	8	0,20
		24	12	6	0,10
Оксид углерода	20	36	18	8	0,2
		36	24	6	0,2
		30	15	12	0,3
		30	12	8	0,25
		24	12	6	0,2
Фомаль- дегид	0,5	12	9	3,5	0,1
		15	9	3,5	0,15
		18	12	4,0	0,2
		21	12	5,0	0,3
		24	12	4,5	0,3
Кислота серная	1,0	12	15	5	0,06
		19	12	6	0,04
		12	12	4	0,07
		15	12	7	0,08
		24	12	6	0,10

Воздухообмен, существующий в помещении, можно определить по формуле

$$Q_{\text{суц}} = V \cdot K = A \cdot B \cdot C \cdot K, \text{ м}^3,$$

где  $K$  – кратность воздухообмена. Как правило  $K$  принимают равным 4.

Анализ воздухообмена в помещении: при  $Q_{\text{треб}} < Q_{\text{суц}}$  – достаточен; при  $Q_{\text{треб}} > Q_{\text{суц}}$  – недостаточен.

Недостающий воздухообмен в помещении находим по формуле

$$Q = Q_{\text{треб}} - Q_{\text{сущ}}, \text{ м}^3.$$

Таблица 5.10

Концентрация пыли и вредных веществ в приточном воздухе

Вещество	Концентрация $C_{\text{пр}}$ , мг/м <sup>3</sup>
Оксид железа	0,7
Оксида азота	0,5
Сажа	0,15
Оксид углерода	0,7
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> 6,8 %	0,6
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> 32 %	0,3
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> 79 %	0,1

Расчет необходимого воздухообмена производится для каждого вида пыли и вредных веществ по следующей формуле

$$L = \frac{G \cdot 1000}{C_{\text{уд}} - C_{\text{пр}}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $G$  – количество выделяемой пыли вредного вещества, г/ч;

$C_{\text{уд}}$  – ПДК пыли или вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup> (определяется по ГОСТ 12.1.005–88);

$C_{\text{пр}}$  – концентрация пыли вредного вещества в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Значение  $C_{\text{пр}}$  принять в соответствии с данными табл. 5.10.

Определить кратность воздухообмена для снижения концентрации пыли и вредных веществ до допустимых значений:

$$K = L / V, \text{ 1/ч},$$

где  $V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>.

Определить воздухообмен в производственном помещении для уменьшения избыточного тепла:

$$L_{\Gamma} = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}}) \cdot \rho}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыточное тепло, выделяемое в помещении, кДж/ч;

$C_{\text{в}}$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг·°С ( $C_{\text{в}}$  принимаем равным 1,005 кДж/кг·°С);

$t_{\text{уд}}$  – температура удаленного воздуха, °С ( $t_{\text{уд}}$  определить как температуру в рабочей зоне по ГОСТ 12.1.005–88 для работ Пб категории для теплого периода года, табл. 5.11);

$t_{\text{пр}}$  – температура приточного воздуха, °С;

$\rho$  – плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

При барометрическом давлении 760 мм рт. ст.

$$\rho = 1,293 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_{\text{пр}}), \text{ кг/м}^3.$$

Определить кратность воздухообмена для уменьшения избыточного тепла:

$$K = L_{\Gamma} / V, \text{ 1/ч.}$$

Для обеспечения безвредных условий труда в производственном помещении принять  $K$  по максимальному значению [11].

Таблица 5.11

Исходные данные по воздухообмену, в зависимости от площади производственного помещения

Исходные данные	Варианты условий задачи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Объем производственного помещения, м <sup>3</sup>	6912	10368	9216	5184	7776	8294	6030	3456	5184	6912

Исходные данные		Варианты условий задачи									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.	Количество выделяемой пыли, г/ч										
	с содержанием SiO <sub>2</sub> 6,8 %		47	38			36		17	26	
	с содержанием SiO <sub>2</sub> 32 %		30	26		23	25	17			
	с содержанием SiO <sub>2</sub> 79 %				14						18
	оксид железа	19				24		22		16	
	сажа	27			18				36		14
3.	Количество выделяемых вредных веществ, г/ч										
	оксид углерода	27			24	33		18		16	28
	фенол		6	7			5		4		
	формальдегид		9	10			7		6		
	азота оксиды	4,7			3,9	4,2		5		6,4	3,6
4. Избыточные тепловыделения, кДж/ч	14 300	23 400	29 600	16 400	39 900	28 000	19 080	32 400	14 800	17 800	
5. Температура приточного воздуха, °С	14	16	15	18	16	19	16	17	16	18	

### 5.7. Расчет производственного освещения и выбор типа источника света

Рациональное освещение рабочих мест является одним из элементов благоприятных условий труда. Неправильное и недостаточное освещение может приводить к возникновению опасных и бедных производственных факторов на производстве. Наиболее комфортные условия труда обеспечиваются только естественным солнечным светом.

Свет – один из важнейших элементов организации пространства и главный посредник между человеком и окружающим его миром.

Для создания оптимальных условий зрительной работы расчетные характеристики системы освещения должны быть увязаны с цветовым окружением. Так, при светлой окраске интерьера благодаря увеличению количества отраженного света уровень освещен-

ности повышается на 20–50 % (при той же мощности источников света), резкость теней уменьшается, яркостной контраст между светильниками и поверхностями, на которых они размещаются, снижается, световые потоки равномерно распределяются по помещению.

При чрезмерной яркости источников света и окружающих предметов появляются головные боли, резь в глазах, расстройство зрения. Неравномерность освещения и разная яркость окружающих предметов приводят к частой переадаптации глаз во время работы и, как следствие, к быстрому утомлению органов зрения. Поэтому хорошо освещенные поверхности, находящиеся в поле зрения, лучше окрашивать в светлые тона, коэффициент отражения которых находился бы в пределах 30–60 %.

Известно, что полное отсутствие оттенков в помещении, наличие только белого и черного так же утомляет зрение, как множество ярких цветов. Поэтому, при проектировании цветового оформления помещения, учитывается вид деятельности, который будет в нем осуществляться. И только после этого для каждого конкретного помещения определяется одна из цветовых гамм (А, Б, В).

*Цветовая гамма А* содержит возбуждающие цвета (в основном красные) и используется в тех помещениях, где необходимо взбодрить человека, восполнить дефицит эмоций, двигательной активности.

*Гамма Б* включает в свой состав тонизирующие цвета: оранжевый, желтый, травяные и лиственные оттенки зеленого – и применяется там, где не требуется духовно воздействовать на человека, но нужно добиться максимальной его работоспособности, деловой активности.

*Гамму В* представляют успокаивающие цвета: синий, зелено-голубой, голубой. В эти цвета следует оформлять деловые помещения (кабинеты администрации, приемные, вестибюли).

Цветом можно также сбалансировать некоторые недостатки помещения: избыток теплоты компенсируют синий и голубой цвета; в холодных помещениях желательно присутствие теплой гаммы цветов; белый цвет рекомендуется для помещений с избыточной влажностью; более насыщенные и контрастные цвета нужны для пыльных помещений, так как пыль «съедает» цвет, делает его мягче; в многолюдных помещениях желательна спокойная гамма цветов, способствующая снижению утомляемости. Запахи также можно нейтрализовать цветом: сладкие запахи приглушают зеле-

ный, синий, голубой с белым и черным; горькие нейтрализуются теплой цветовой гаммой; очень неприятный запах «тонет» в белом, светло-голубом, светло-сером.

*В зависимости от источников света производственное освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным.*

*Естественное освещение* в помещении создается солнечными лучами, рассеянным светом небосвода и отраженным светом от земли в каждом помещении и других объектов.

*Искусственное освещение* создается с помощью ламп накаливания или газоразрядных ламп.

*Совмещенное освещение* представляет собой систему освещения, при которой недостаточно естественное освещение дополняется искусственным освещением.

По конструктивным особенностям естественное освещение бывает боковым, когда свет проникает в помещение через световые проемы в наружных стенах – окна; верхним, когда свет проникает через верхние световые проемы – фонари; комбинированным, когда сочетается боковое и верхнее освещение.

*Искусственное освещение по функциональному назначению подразделяется на: рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное.*

*Рабочее освещение* устраивают во всех помещениях, а также на участках открытого пространства, предназначенных для работы, прохода людей, движения транспорта.

Рабочее освещение может быть общим и комбинированным, когда к общему добавляется местное освещение, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается.

В качестве источников местного освещения используют лампы накаливания, в их числе и галогенные.

В зависимости от расположения оборудования и рабочих мест общее освещение может быть равномерным или локализованным.

*Аварийное освещение* устраивают во всех случаях, когда возможно отключение основного освещения.

*Эвакуационное освещение* устраивается в проходах производственных зданий на случай внезапного отключения рабочего освещения для выхода работающих.

*Охранное освещение* устраивают вдоль территории предприятия, охраняемого в ночное время.

Источниками искусственного освещения могут быть лампы накаливания, газоразрядные лампы, светодиодные и другие. Газоразрядные лампы имеют световые характеристики, которые в большей степени отвечают гигиеническим требованиям. Их срок службы достигает 14 000 часов, а световая отдача 100 лм/Вт. К недостаткам этих ламп относятся: неустойчивость работы, наличие запускающих устройств (дросселей), шум, пульсация света.

Наиболее распространены газоразрядные лампы низкого давления, люминесцентные в форме цилиндрической трубки.

К газоразрядным лампам высокого давления относятся: ртутные, ксеноновые, металогалогеновые, дубовые, натриевые и др.

При совмещенном освещении искусственное освещение помещений должно обеспечиваться газоразрядными лампами. Применение ламп накаливания допускается в тех случаях, когда по условиям ведения техпроцесса использование газоразрядных либо диодных ламп невозможно или нецелесообразно.

При выборе требуемого минимального уровня освещенности рабочего места необходимо установить разряд выполняемой зрительной работы. Его определяют по наименьшему размеру объекта различения (мм). Все зрительные работы, проводимые в производственных помещениях, делятся на восемь разрядов (табл. 5.12).

При боковом одно- и двухстороннем естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО; при боковом одностороннем – на расстоянии 1 м от стены в точке, наиболее удаленной от световых проемов, и на высоте 0,8 м от пола (уровень условной рабочей поверхности), при боковом двухстороннем – в точке посередине помещения.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

При нормировании искусственного освещения оценивается освещенность непосредственно на поверхности. При выборе нормы освещенности кроме характера (разряда) зрительной работы необходимо также учесть контраст объекта различения с фоном и харак-

теристику фона, на котором рассматривается этот объект, то есть определить подразряд зрительной работы (а, б, в или г).

При оценке и нормировании совмещенного освещения необходимо по данным табл. 5.12 выбрать нормативную величину КЕО для выполняемого разряда зрительной работы и конструктивного исполнения естественного освещения и освещенность от системы общего искусственного освещения.

Нормирование освещения помещений общеобразовательных учреждений осуществляется согласно табл. 5.13.

Задачей расчета является определение необходимой мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности или определение ожидаемой освещенности на рабочей поверхности при известном числе и мощности ламп.

При проектировании осветительной установки необходимо выполнить следующие требования:

1. Выбрать тип источника света. Для освещения производственных зданий должны применяться газоразрядные лампы. Если температура воздуха менее +10 °С и напряжение в сети переменного тока может падать ниже 90 % номинального, следует отдать предпочтение лампам накаливания.

2. Выбрать систему освещения. Экономичнее система комбинированного освещения, но в гигиеническом отношении более совершенна система общего освещения.

3. Выбрать тип светильника с учетом загрязненности воздушной среды в соответствии с требованиями распределения яркостей в поле зрения и с требованиями взрыво- и пожаробезопасности.

4. Произвести распределение светильников и определить их количество.

5. Определить нормируемую освещенность на рабочем месте.

Таблица 5.12

Нормы проектирования естественного и искусственного освещения ТКП 45–2.04–153–2009  
«Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования» [12]

1	2	3	4	5	6	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение											
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения		в том числе от общего	Р	K <sub>тп</sub> , %	сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении							
						освещенность, лк	при системе комбинированного освещения	освещенность, лк	при системе общего освещения									КЕО	ε <sub>тп</sub> , %					
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	всего	7	8	9	10	11	12	13	14	15								
																	а	Малый	Темный	5000	500	–	20	10
																				4500	500	–	10	10
																				4000	400	1250	20	10
																	б	Средний	Темный	3500	400	1000	10	10
																				2500	300	750	20	10
																				2000	200	600	10	10
																	в	Большой	Средний	–	–	–	–	–
																				–	–	–	–	–
																				–	–	–	–	–

Продолжение табл. 5.12

Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30 включ.	II	г	Средний	Светлый	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
				Большой	Светлый	1500	200	400	20	10							
				Большой	Средний	1250	200	300	10	10							
				а	Малый	Темный	4000	400	—	20	10						
							3500	400	—	10	10						
							3000	300	750	20	10						
				б	Средний	Темный	2500	300	600	10	10						
							2000	200	500	20	10						
							1500	200	400	10	10						
				в	Средний	Светлый	1000	200	300	20	10						
							750	200	200	10	10						
							2000	200	500	40	15						
Высокой точности	От 0,30 до 0,50 включ.	III	а	Малый	Темный	1500	200	400	20	15							
						1000	200	300	40	15							
						750	200	200	20	15							
				б	Средний	Темный	750	200	300	40	15						
							750	200	300	40	15						
							600	200	200	20	15						
				в	Средний	Светлый	400	200	200	40	15						
							400	200	200	40	15						
							750	200	300	40	15						
				г	Средний	Темный	600	200	200	20	15						
							400	200	200	40	15						
							750	200	300	40	15						
Средней точности	От 0,5 до 1,0 включ.	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20							
						500	200	200	40	20							
						2000	200	500	40	15							
			б	Средний	Светлый	1000	200	300	20	10							
						750	200	200	10	10							
						2000	200	500	40	15							

Продолжение табл. 5.12

1	2	3	4	5			6			7	8	9	10	11	12	13	14	15			
				Малый	Средний	Светлый	Средний	Светлый	Средний										Темный	Средний	Светлый
Малой точности	От 1,0 до 5,0 включ.	V	в	Малый	Средний	Светлый	400	200	200	40	20										
				Средний	Светлый	Средний															
				Большой	Темный	Средний															
			г	Средний	Светлый	-	-	200	40	20											
				Большой	Светлый																Средний
				Большой	Средний																Темный
	а	Малый	Средний	Светлый	400	200	300	40	20												
		Средний	Светлый	Средний																	
		Большой	Темный	Средний																	
	б	От 1,0 до 5,0 включ.	V	в	Малый	Средний	Светлый	-	-	200	40	20									
					Средний	Светлый	Средний														
					Большой	Темный	Средний														
г				Средний	Светлый	-	-	200	40	20											
				Большой	Светлый																Средний
				Большой	Средний																Темный
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI	-	Независимо от характеристик фона и контракта объекта с фоном			-	200	40	20	3	1	1,8	0,6							

Продолжение табл. 5.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VI	-	То же	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:														
постоянное	-	VIII	a	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6	

Окончание табл. 5.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
периодическое, при постоянном пребывании людей в помещении	–	VIII	б	Независимо от характеристик фона контраста объекта с фоном	–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2	
периодическое, при периодическом пребывании людей в помещении	–	VIII	в	То же	–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2	
Общее наблюдение за нижнерными коммуникациями	–	VIII	г	Независимо от характеристик фона контраста объекта с фоном	–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1	

Нормируемые показатели освещения общепромышленных помещений и сооружений

1	2	3	Нормируемая освещенность, лк			7	8	9
			при общем освещении	при комбинированном освещении	от всего			
Помещения и производственные участки, оборудование, сооружения	Рабочая поверхность и плоскость, на которой нормируется освещенность (Г – горизонтальная, В – вертикальная)	Разряд зрительной работы по табл. 5.12	4	5	6	7	8	9
<b>Склады</b>								
1. Склады, кладовые масел, лакокрасочных материалов:								
а) с разливом на складе;	Г – пол	VIIIб	75	–	–	–	–	
б) без разлива на складе	Г – пол	VIIIв	50	–	–	–	–	
2. Склады, кладовые химикатов, карбида кальция, кислот, щелочей и т. п.	Г – пол	VIIIв	50	–	–	–	–	
3. Склады, кладовые металла, запасных частей, ремонтного фонда, готовой продукции, деталей, ожидающих ремонта, инструментальные	Г – пол	VIIIб	75	–	–	–	–	

Продолжение табл. 5.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4. Склады со стеллажным хранением:								В зонах хранения стеллажных складов с автоматическими кранами-штабелерами устройство рабочего освещения не требуется, необходимо только аварийное освещение, ремонтное освещение троллеев и дежурное освещение проходов
а) экспедиция приема и выдачи груза;	Г – 0,8 м от пола	IVб	200	400	200	40	20	
б) транспортно-распределительная система;	Г – пол	Vв*	150	–	–	40	20	
в) зона хранения: на ячейках и валах; на стрелках	Г – пол В В	VШв VШб IVб	50 75 200	– – –	– – –	– – 40	– – 20	
<b>Предприятия по обслуживанию автомобилей</b>								
5. Осмотровые канавы в помещении и вне зданий	Г – днище машины	Vб	200	–	–	40	20	Предусмотреть розетки для переносного освещения

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6. Посты мойки и уборки подвижного состава: вне зданий	Г – покрытие	XII	10	–	–	–	–	
в помещении	Г – пол	VI*	150	–	–	40	20	
7. Мойка агрегатов, узлов, деталей	Г – место загрузки и выгрузки	VI*	150	–	–	40	20	
8. Участки диагностирования легковых и грузовых автомобилей	Г – 0,8 м от пола	VB	200	–	–	40	20	
9. Участок технического обслуживания и технического ремонта легковых, грузовых автомобилей и автобусов	Г – 0,8 м от пола	VB	200	–	–	40	20	
10. Подъемники	Г – днище машины	IVB	150**	–	–	40	20	Предусмотреть розетки для переносного освещения
11. Шиномонтажный участок	Г – 0,8 м от пола	Va	300	–	–	40	20	
12. Кузнечно-рессорный участок	Г – 0,8 м от пола	IVB	200	–	–	40	20/20	
13. Сварочно-жестяницкий участок	Г – 0,8 м от пола	IVB	200	–	–	40	20	

Продолжение табл. 5.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14. Медницкий участок	Г – 0,8 м от пола		200	–	–	40	20	
	Г – верстак	IVб	–	500	200	–	20/20	
	Г – ванна	Vа	–	400	200	–	20/20	
15. Участок ремонта электрооборудования и приборов питания	Г – 0,8 м от пола		300	–	–	40	20	
	Г – верстак, стенд	IIIв	–	750	200	–	20/15	
16. Деревобрабатывающий участок	Г – 0,8 м от пола	IIIб	200	–	–	40	20	
	Г – зона обработки, разметочная плита		–	1000	200	–	20/15	
17. Обойный участок	Г – 0,8 м от пола	IVа	300	–	–	40	20	
	Г – 0,8 м от пола		300	–	–	40	20	
18. Вулканизационный участок	Г – верстак, ванна	IIIб	300	1000	200	–	20/15	
	Г – место загрузки и выгрузки	VI	200	–	–	–	20	
	Г – 0,8 м от пола	IIIв	300	–	–	20	20	
19. Таксометровый участок	Г – столешница		–	2000	200	–	20/10	
	Г – 0,8 м от пола	IIIв	300	–	–	20	20	
20. Слесарно-механический участок	Г – 0,8 м от пола	IIIв	300	–	–	20	20	

1	2	3	4	5	6	7	8		9
							15	20/15	
21. Краскоприготовительная	Г – 0,8 м от пола		300	–	–	40			Использовать лампы типа ЛДЦ
	Г – верстак, краскомешалка	ШБ	–	1000	200	–	20/15		
22. Окрасочный участок легковых автомобилей	Г, В – кузов автомобиля	ШБ	300	–	–	40	15		
23. Окрасочный участок грузовых автомобилей и автобусов	Г, В – кузов автомобиля, автобуса	IVв	200	–	–	40	20		
24. Сушка автомобилей и автобусов	Г – 0,8 м от пола	VI*	200	–	–	–	–		
25. Агрегатный участок легковых автомобилей	Г – 0,8 м от пола	Шв	300	–	–	40	20		
	Г – верстак		300	750	200	–	20/15		
26. Агрегатный участок грузовых автомобилей и автобусов	Г – 0,8 м от пола	IVв	200	–	–	40	20		
	Г – верстак		200	400	200	–	20/20		
27. Кузовной участок	Г – 0,8 м от пола	IVв	200	–	–	40	20		
28. Открытые стоянки, площадки для хранения подвижного состава: а) без подогрева; б) с электрическим, газовым, воздушным и другим видом подогрева	Г – на покрытие	XIV	2	–	–	–	–		
	Г – на покрытие	XIII	5	–	–	–	–		
29. Помещение закрытого хранения подвижного состава	Г – пол	VШБ	50	–	–	–	–		

Для этого необходимо определить характер выполняемой работы по наименьшему размеру объекта различения, оценить контраст объекта с фоном и фон на рабочем месте и по [91] в соответствии с выбранной системой освещения и источником света найти минимальную нормируемую освещенность.

Для расчета искусственного освещения пользуются методом светового потока (методом коэффициента использования), который является основным для расчета общего равномерного освещения производственных помещений.

Световой поток лампы  $F_{л}$  при лампах накаливания или световой поток группы ламп светильника при люминесцентных лампах определяется по формуле

$$F_{л} = \frac{E_{н} \cdot S \cdot K_{з} \cdot Z}{N \cdot \eta},$$

где  $E_{н}$  – нормированная минимальная освещенность по разряду выполняемых работ согласно табл. 5.12;

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

$K_{з}$  – коэффициент запаса, принимаемый согласно табл. 5.14;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности, равный отношению  $E_{ср}/E_{\min}$ , принимаемый равным 1,15 для ламп накаливания и дуговых ртутных ДРЛ и 1,1 для люминесцентных ламп (при отраженном освещении  $Z = 1,0$ );

$N$  – число светильников в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока ламп, зависящий от КПД и кривой распределения силы света светильников, коэффициентов отражения светового потока от потолка  $\eta_{\text{пот}}$ , стен  $\eta_{\text{ст}}$  и рабочей поверхности  $\eta_{\text{р}}$ , высоты подвеса светильников и размеров помещения.

Значения коэффициента запаса  $K_3$ 

Помещения и территории	Примеры помещений	Искусственное освещение			Естественное освещение		
		Коэффициент запаса $K_3$ Количество чисток светильников в год			Коэффициент запаса $K_3$ Количество чисток остеклений светопроемов в год		
Помещения и территории	Примеры помещений	Эксплуатационная группа светильников по прил. Д			Угол наклона светопропускающего материала к горизонту, градусы		
		1-4	5-6	7	0-15	16-45	46-75 76-90
1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне:							
а) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	Цехи инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные	1,5	1,4	1,4	1,6	1,5	1,4
		4	4	1	2	2	4
б) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой коррозирующей способностью	Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений, цехи гальванических покрытий и различных отраслей промышленности с применением электролиза	1,8	1,6	1,6	2,0	1,8	1,7
		6	4	2	3	3	3
							1,3 1,5 2 3

Таким образом, величина  $\eta$  может быть представлена в виде:

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_n,$$

где  $\eta_c$  – коэффициент полезного действия светильника, определяемый согласно табл. 5.15;

$\eta_n$  – показатель освещаемого помещения.

Значение  $\eta_n$  определяется по табл. 5.16 в зависимости от коэффициентов отражения светового потока от потолка  $\eta_{\text{пот}}$ , стен  $\eta_{\text{ст}}$  и рабочей поверхности  $\eta_p$ , кривых силы света светильников КСС (табл. 5.15) и индекса помещения  $i$ , определяемого из отношения

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

где  $A$  – длина помещения, м;

$B$  – ширина помещения, м;

$H_p$  – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м:

$$H_p = h - H_0,$$

где  $h$  – высота подвеса светильников, м;

$H_0$  – высота рабочей поверхности, м.

Значения коэффициентов отражения потолка, стен помещения и рабочей поверхности в зависимости от используемых материалов приведены в табл. 5.17.

Необходимое число светильников  $N$  определяется в следующем порядке (рис. 5.2). Определяют расстояние между центрами светильников:

$$L = H_p \cdot m, \text{ м},$$

где  $m$  – наивыгоднейшее отношение для данного помещения  $L/H_p$ ;  $L$  рекомендуется принимать 5–6 м для производственных помещений.

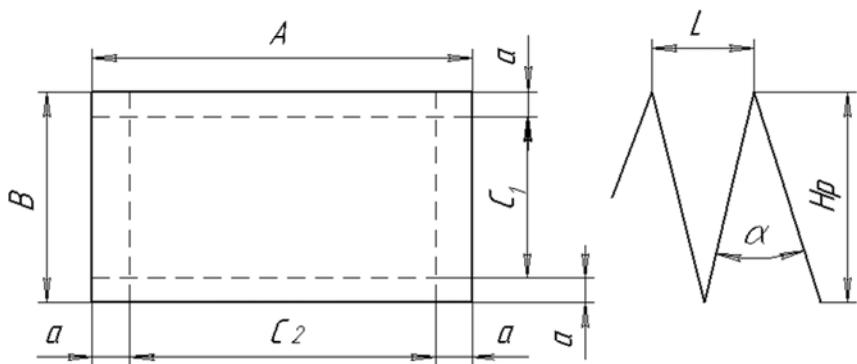


Рис. 5.2. Схема размещения светильников

Для определения коэффициента полезного действия светильника необходимо сначала определить  $m = L/H_p$  и по этому значению выбрать классификационную кривую светильника согласно табл. 5.18. С помощью данных табл. 5.15 выбирается светильник и соответствующий ему коэффициент полезного действия.

Расстояние от стен до первого ряда светильников при наличии у стен рабочих мест принимается равным  $a = 1/3 L$ , а при отсутствии рабочих мест у стен  $a = 1/2 L$ .



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Г-1	СД2ДРЛ, УПДДРЛ, РСР05, РСР08, РСР20 РСР13, РСР17 ПИД2ДРЛ РСР17, УПД ПВЛМ, ЛСП12 ШОД ЛД	70																xx	xx				
		43																		xx	x	xx	
		70																		xx			
		63								x													
		75							x	x													
		65																					
		42																					
70																							
Г-2	РСР18 ЛСП13	70																					
		75													2x	2x							
Г-3	СЗДРЛ, РСР10, РСР13, РСР17 РСР05, РСР08, РСР17	75																					
		80							x	x													
Г-4	РСР14 РСР18 ГС, ГсУ	77																					
		75																					
		80								x	x	x											
К-1	СЗ5ДРЛ, РСР13 РСР08, ГК, ГкУ, РСР05	75																					
		80								x	x												
К-2	РСР10, РСР18	75																					
		80																					
К-3	РСР08 С, СУ ЛСП13	80																					
		80																					
		75																					

Таблица 5.16

Значения коэффициента использования  $\eta_{\text{п}}$ 

пот	0,7										0,7										0,5									
ст	0,5										0,3										0,5									
р	0,3										0,1										0,3									
	2										3										4									
	Индекс помещения $i$																													
КСС	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
Д-1	36	50	58	72	81	90	36	47	56	63	73	79	28	40	49	59	68	74	36	48	57	66	76	85	36	48	57	66	76	85
Д-2	44	52	68	84	93	103	42	51	64	76	84	92	33	43	56	74	80	76	42	51	65	71	90	85	42	51	65	71	90	85
Г-1	49	60	75	90	101	106	46	57	71	82	89	94	42	52	69	78	73	76	46	56	65	78	76	84	46	56	65	78	76	84
Г-2	58	68	82	96	102	109	55	64	78	86	92	96	48	60	73	84	90	94	55	66	80	92	96	103	55	66	80	92	96	103
Г-3	64	74	85	96	100	105	62	70	79	86	90	93	57	66	76	86	83	91	63	72	83	91	96	100	63	72	83	91	96	100
Г-4	70	77	84	90	94	99	65	71	78	83	86	87	62	69	76	81	84	85	68	73	81	87	91	94	68	73	81	87	91	94
К-1	74	83	90	96	100	106	69	76	83	88	91	92	65	73	81	86	89	90	70	78	86	92	96	100	70	78	86	92	96	100
К-2	75	84	95	104	108	115	71	78	87	96	97	100	67	75	84	93	97	100	72	80	91	99	103	108	72	80	91	99	103	108
К-3	76	85	96	106	110	116	73	80	90	94	99	102	68	77	86	95	98	101	74	83	93	101	106	110	74	83	93	101	106	110

пот	0,5										0,3										0												
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5									
ст	0,5																							0,1					0				
р	0,1																							0,1					0				
Индекс помещения <i>i</i>																																	
КСС	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73	27	36	42	52	61	68	21	33	40	49	58	66									
Д-1	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86	28	36	48	63	75	81	25	33	47	61	70	78									
Г-1	44	53	69	77	83	80	41	48	64	76	70	88	35	45	60	73	68	77	34	44	56	71	68	74									
Г-2	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93	43	54	68	79	85	90	43	53	66	77	82	86									
Г-3	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90	53	62	73	80	84	86	53	61	71	78	82	85									
Г-4	65	71	78	81	84	85	62	68	74	81	83	85	61	66	72	78	81	83	59	65	71	78	80	81									
К-1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90	62	71	77	83	86	88	60	69	77	84	85	86									
К-2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99	68	72	80	89	93	97	65	71	79	88	92	95									
К-3	72	79	88	94	97	99	68	76	85	93	95	99	64	73	83	90	94	97	64	72	81	88	91	94									

Таблица 5.17

Значения коэффициента отражения строительных  
и облицовочных материалов

Материал	Условный коэффициент отражения
Белая фасадная краска, белый мрамор	0,7
Светло-серый бетон, белый силикатный кирпич, очень светлые фасадные краски	0,6
Серый бетон, известняк, желтый песчаник, светло-зеленая, бежевая, светло-серая фасадная краска, светлые породы мрамора	0,5
Серый офактуренный бетон, серая фасадная краска, светлое дерево	0,4
Розовый силикатный кирпич, темно-голубая, темно-бежевая, светло-коричневая фасадная краска, потемневшее дерево	0,3
Темно-серый мрамор, гранит, темно-коричневая, синяя, темно-зеленая, красная фасадная краска	0,2
Черный гранит, мрамор	0,1
Песок кварцевый:	
– белый сухой;	0,20
– белый сырой;	0,12
– белый мокрый	0,08
Песок желтый сухой	0,15
Песок чернозем:	
– сухой;	0,03
– мокрый	0,02

Таблица 5.18

Наиболее выгодные значения  $m = L/H_p$  для типовых светильников

Классификационная кривая (КСС)	$m = L / H_p$
Д-1	1,3
Д-2	0,93
Г-1	0,91
Г-2	0,77
Г-3	0,66

Классификационная кривая (КСС)	$m = L / H_p$
Г-4	0,57
К-1	0,49
К-2	0,42
К-3	0,36

Расстояние между крайними рядами светильников, расположенными у противоположных стен, равно:

- по ширине помещения  $C_1 = B - 2 \cdot a$ ;
- по длине  $C_2 = A - 2 \cdot a$ .

Тогда количество рядов светильников, которые можно расположить между крайними рядами, равно:

- по ширине  $n_1 = C_1 / L - 1$ ;
- по длине  $n_2 = C_2 / L - 1$ .

Общее количество рядов светильников:

- по ширине  $n' = n_1 + 2$ ;
- по длине  $n'' = n_2 + 2$ .

Тогда общее число светильников в помещении равно:  $N = n' n''$ .

Подсчитав световой поток ламп  $F_{л}$ , по табл. 5.15 подбирают ближайшую стандартную лампу и определяют электрическую мощность всей осветительной системы. В практике допускается отклонение потока выбранной лампы от расчетного до  $-10$  и  $+20$  %, в противном случае задается другая схема расположения светильников.

Выбор источников света и осветительных приборов, рекомендуемых для различных производств, необходимо производить согласно табл. 5.19–5.22.

Для определения коэффициента использования светового потока ламп  $\eta$  необходимо найти ряд параметров.

Вначале определяем кривую силы света светильников по значению  $m$ , которое равно  $m = L / H_p \cdot L = 6$  м, так как светильники монтируются под строительными фермами, имеющими ширину 6 м.

$$H_p = h - H_0, \text{ м,}$$

где  $h$  – высота подвеса светильников, м;

$H_0$  – высота рабочей поверхности, м.

По значению  $t$  определяем кривую силы света светильников, которые следует использовать в данном помещении. Согласно табл. 5.14, это светильники с кривыми К-2.

Из табл. 5.15 определяем, что такими светильниками могут быть РСП10 или РСП18, а данные табл. 5.19–5.22 показывают, что для электротехнического участка следует использовать светильник РСП10. КПД данного светильника при излучении светового потока вниз равен 75 %.

Таблица 5.19

Характерные строительные параметры основных отделений машиностроительных цехов и рекомендуемые источники света и осветительные приборы общего освещения

Отделения цеха	Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
Отделение	6×18	12–18	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	С34ДРЛ, РСП05,
	6×24				С35ДРЛ, РСП14
Электротехнический, аккумуляторный, жестяницкий и другие участки	6×9	8–10	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	РСП08,
	6×12	8–12			РСП10,
	6×18	8–18			РСП12,
	6×24	8–20			РСП13,
	6×30				УПДДРЛ
Зоны ТО и ТР и сборочные участки	6×18	8–18	ДРЛ	Г-3, Г-4	РСП10,
	6×24	8–20			РСП12
	6×30				
Складские помещения	6×9	8–10	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	С34ДРЛ,
	6×12	8–12			РСП05,
	6×18	8–18			С35ДРЛ,
	6×24	8–20			РСП08, РСП10,
	6×30				РСП13, РСП14, УПДДРЛ

Таблица 5.20

Характерные строительные параметры помещений механических цехов и рекомендуемые источники света и осветительные приборы общего освещения

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
6×9	6–7,2	ЛЛ	Г-2, Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02, ЛСП13
6×12	3,2–6	ЛЛ	Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02
6×18	4,8–6	ЛЛ	Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02
	6–12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
		ДРЛ	Г-1, Г-2	РСП17, РСП18
	12–14,4	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ
6×24	5,4–6	ЛЛ	Д-1, Г-1	ЛД, ЛСП02
	6–12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
		ДРЛ	Г-1, Г-2	РСП17, РСП18
	12–15	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ
	15–18	ДРЛ	К-1, К-2	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ
6×30	12,6–15	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ
	15–18	ДРЛ	К-1, К-2	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ

Таблица 5.21

Характерные строительные параметры помещений сборочных цехов и рекомендуемые источники света и осветительные приборы общего освещения

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
6×9–6×18	3,6–6	ЛЛ	Д-2, Г-1	ЛД, ЛСП02, ЛСП06
6×9–6×30	6–12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
6×9–6×30	6–10	ДРЛ	Г-1	УПДДРЛ, РСП05, РСП08, РСП13, СД2ДРЛ, РСП20, РСП14
6×6–6×30	8 и выше	ДРЛ	Г-3	РСП05, РСП08, С34ДРЛ, РСП17
			Г-3, К-2	РСП10, РСП13, С35ДРЛ, РСП18

Таблица 5.22

Характерные строительные параметры помещений гальванических цехов и рекомендуемые источники света и осветительные приборы общего освещения

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
Участки мойки, травления, покрытия				
6×6–6×18	6–12	ЛЛ	Д-2, Г-1	ЛСП12, ПВЛМ
6×6–6×18	6–12	ДРЛ	Д-2, Г-1	УПДДРЛ, РСП11
Участки шлифовки и полировки				
6×6–6×18	3–6	ЛЛ	Д-1	ЛСП14, ПВЛП, ПВЛ1

Величина  $F_d$  принимается по значению мощности и типу лампы согласно табл. 5.15.

## 5.8. Расчет параметров шума

В соответствии с ГОСТ 12.1.003–83 «Шум. Общие требования безопасности» и Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», утвержденным Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 16.11.2011 № 115 [92] шумы классифицируются:

а) *по характеру спектра* на:

– *широкополосный* – шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

– *тональный* – шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие, причем для практических целей (при контроле параметров звука на рабочих местах) тональный характер устанавливают измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее, чем на 10 дБ;

б) *по временным характеристикам* на:

– *постоянный* – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно»;

– *непостоянный* – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно».

*Непостоянный шум* подразделяется на:

– *колеблющийся* – шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

– *прерывистый* – шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;

– *импульсный* – шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1 с. При этом уровни звука, измеренные на стандартизованных временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются на 7 дБА и более.

*Нормируемыми параметрами постоянного шума* на рабочих местах являются:

– *уровни звукового давления*  $L_p$ , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц;

– *уровень звука*  $L_A$ , дБА.

*Нормируемыми параметрами непостоянного шума* на рабочих местах являются:

– *эквивалентный (по энергии) уровень звука*;

– *максимальный уровень звука*.

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука приведены в табл. 8.1.

Предельно допустимые уровни должны приниматься: для тонального и импульсного шума на 5 дБ (дБА) меньше значений, указанных в табл. 8.1; для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления – на 5 дБ (дБА) меньше фактических уровней шума в этих помещениях, если последние не превышают значений, указанных в таблице.

Максимальный уровень звука для колеблющегося и прерывистого шума не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума – 125 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнем звука или уровнем звукового давления в любой октавной полосе свыше 135 дБА (дБ).

Мероприятия по борьбе с шумом могут быть техническими, архитектурно-планировочными, организационными и медико-профилактическими.

Технические средства борьбы с шумом ведутся по трем основным направлениям – устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике образования за счет конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий; снижение шума на пути его распространения от источника к рабочим местам; непосредственная защита работающего или группы рабочих.

Методы снижения шума на пути его распространения реализуются применением кожухов, экранов, выгородок, кабин наблюдения

(при дистанционном управлении), звукоизолирующих перегородок между помещениями, звукопоглощающих облицовок, глушителей шума, а также методами, обеспечивающими снижение передачи вибрации от оборудования виброизоляцией и вибропоглощением.

Сущность звукоизоляции состоит в том, что большая часть звуковой энергии отражается от преграды, часть энергии поглощается самой преградой и лишь незначительная ее часть проникает за ограждение. В качестве звукоизолирующих преград используются акустические экраны, кожухи, кабины.

Значительный эффект снижения шума оборудования дает применение акустических экранов, отгораживающих шумный механизм или источник шума от рабочего места или зоны обслуживания. Действие акустического экрана основано на отражении звуковых волн и образовании за экраном области звуковой тени.

Звукоизолирующие кожухи из листового металла с внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом могут снижать шум на 20–30 дБ. Звукоизолирующая способность кожуха определяется физическими параметрами материалов и конструктивными размерами его элементов.

Звукопоглощение – использование шумопоглощающих конструкций или материалов, которыми облицовывают потолки и стены помещений. Процесс поглощения звука в материале происходит за счет перехода звуковой энергии в тепловую в результате вязкого трения воздуха в порах материала. Звукопоглощающие материалы по своей структуре являются пористыми. К ним следует отнести такие материалы, как: пенопласт, поролон, технический войлок, минеральную вату, керамзит, гипсовые плиты и др.

Вибропоглощение – покрытие вибрирующих частей оборудования и машин специальными демпфирующими материалами, имеющими высокое внутреннее трение, в результате уменьшаются амплитуды колебаний по пути их распространения и в местах излучения. Эффективное действие этих покрытий наблюдается на резонансных частотах несущей конструкции. Вибропоглощающие покрытия наносят или на излучающую звук конструкцию, что уменьшает амплитуду ее вибраций в резонансных областях, или на конструкцию, по которой вибрация распространяется до излучающей поверхности, что способствует быстрому затуханию изгибных волн.

Глушители шума – эффективные средства борьбы с шумом, возникающим при заборе воздуха и выбросе отработанных газов в вентиляторах, воздуховодах, пневмоинструменте, компрессорных установках.

По принципу действия глушители шума делятся на глушители активного (диссипативного) типа и реактивного (отражающего) типа. В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем материале, размещенном во внутренних полостях. В глушителях реактивного типа шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой и с объемом воздуховода с помощью труб, щелей и отверстий. Шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн. Камеры могут быть внутри облицованы звукопоглощающим материалом; тогда в низкочастотной области они работают как отражатели, а в высокочастотной – как поглотители звука. Глушители, в которых существенно и поглощение, и отражение, называют комбинированными.

Средства индивидуальной защиты в зависимости от конструктивного исполнения делятся на противошумные наушники, противошумные вкладыши, противошумные шлемы и каски, противошумные костюмы. Наушники закрывают ушную раковину снаружи. Вкладыши перекрывают наружный слуховой проход или прилегают к нему. Шлемы и каски закрывают часть головы и ушную раковину. Противошумные костюмы закрывают тело человека и голову (или ее часть).

Только планомерное проведение широких оздоровительных мероприятий технологического, технического, организационного и медико-профилактического характера будет способствовать улучшению условий труда и повышению трудоспособности рабочих шумных производств.

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА	
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Предприятия, учреждения и организации										
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро; расчетчиков; программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больших в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории: рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конструкторских помещений, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Продолжение табл. 5.23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пунктах 1–4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

1	2										11
	Автобусы, грузовые, легковые и специальные автомобили										
6. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59		70
7. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиров) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49		60
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительные-дорожные, мелiorативные и другие аналогичные виды машин											
8. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительные-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69		80

Определить суммарный уровень шума в производственном помещении при работе пяти единиц оборудования по данным табл. 5.24.

Таблица 5.24

Исходные данные для расчета суммарного уровня шума

Исходные данные	Варианты условий задачи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Уровень оборудования, дБ: первый;	89	90	88	93	87	91	86	86	84	92
второй;	86	87	86	88	85	89	85	84	81	90
третий;	81	84	80	82	80	85	81	80	79	85
четвертый;	79	78	75	77	75	80	76	77	76	81
пятый	76	76	73	80	74	77	73	75	71	78

Определить разность уровней шума первого и второго станков:

$$\Delta_{1-2} = L_1 - L_2 \text{ при } L_1 > L_2.$$

Определить добавку  $\Delta L_{1-2}$  к большему уровню шума по найденной выше разнице (табл. 5.25).

Таблица 5.25

Добавки для энергетического суммирования уровней шума

Разность двух складываемых уровней, дБА	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню, дБА	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Определить суммарный уровень шума первого и второго станков:

$$L_{\text{сум } 1-2} = L_1 + \Delta L_{1-2}.$$

Определить разность уровней суммарного шума первого и второго станков  $L_{\text{сум } 1-2}$  и третьего станка  $L_3$ , а также добавку  $\Delta L_{1-2-3}$ .

Продолжить решение задачи аналогичным образом. При превышении уровня шума на рабочих местах ПДУ предусмотреть мероприятия по его снижению.

## 5.9. Расчет звукоизолирующего ограждения

Средства защиты человека от шума делятся на коллективные и индивидуальные.

Снижения шума на пути его распространения от источника в производственных условиях в значительной степени можно добиться проведением строительно-акустических мероприятий, требования к которым изложены в ТКП 45-2.04-154-2009 «Защита от шума» [93].

Методы снижения шума на пути его распространения реализуются посредством:

- дистанционного управления машинами, агрегатами, устройствами и т. п.;
- использования кожухов, экранов, кабин наблюдения;

- использования звукоизолирующих перегородок между помещениями, глушителей шума;
- рационального размещения технологического оборудования, машин, механизмов;
- акустической обработки помещений (снижения плотности звуковой энергии в помещении, отражений от стен, перекрытий, оборудования и т. п.);
- внедрения малошумных технологических процессов и оборудования, оснащения машин и механизмов дистанционным управлением, создания рационального режима труда и отдыха работающим и т. д.;
- применения средств индивидуальной защиты;
- использования лечебно-профилактических мероприятий.

Значительное снижение шума (на 10–15 дБ) достигается при замене ударных процессов безударными, подшипников качения подшипниками скольжения, зубчатых и цепных передач клиноременными и зубчатоременными передачами либо индивидуальными прямыми приводами от электродвигателей, прямозубых шестерен косозубыми металлическими или пластмассовыми, металлических деталей деталями из других материалов и т. д.

Снижения аэродинамического шума можно добиться уменьшением скорости газового потока, совершенствованием аэродинамических свойств механизмов, позволяющим снизить интенсивность вихреобразования, применением звукоизоляции, установкой глушителей и т. д.

Действенным методом снижения уровня шума является установка звукоизолирующих и звукопоглощающих преград на пути его распространения.

Под *звукоизоляцией* понимают создание специальных строительных устройств – преград (в виде стен, перегородок, кожухов, выгородок и т. п.), препятствующих распространению шума из одного помещения в другое или в одном и том же помещении. Принцип звукоизоляции заключается в том, что большая часть звуковой энергии отражается от преграды и только незначительная ее часть проникает сквозь звукоизолирующую преграду и попадает в окружающую среду.

Звукоизолирующая способность ограждений во многом определяется их массой, поскольку при падении звуковых волн на конструкцию они приводят ее в колебательное движение. При удвоении массы звукоизолирующая способность ограждающих конструкций возрастает в среднем на 6 дБ при частоте колебаний 100 Гц. С повы-

шением частоты звука звукоизолирующая способность одного и того же материала возрастает примерно на 7,5 дБ на октаву.

*Звукопоглощение* – это способность материала или конструкции поглощать энергию звуковых волн, которая в узких каналах и порах материала трансформируется в другие виды энергии, как правило, в тепловую энергию.

Для снижения аэродинамического шума, возникающего при работе вентиляторов, дымососов, компрессоров, кондиционеров на воздуховодах, всасывающих трактах, магистралях выброса и перепуска воздуха, устанавливают различные глушители, которые могут быть активными и реактивными.

*Активные глушители* представляют устройства, содержащие материал, поглощающий энергию аэродинамического шума. *Реактивные глушители* устроены таким образом, что способны отражать входящую звуковую энергию обратно к источнику ее образования.

Большое значение для снижения шума и вибрации имеет правильная планировка территории и производственных помещений, а также использование естественных и искусственных преград, препятствующих распространению звука. При проведении планировочных мероприятий учитывают расположение помещений и объектов относительно друг друга. Цехи с большим количеством шумящего оборудования должны быть сконцентрированы в глубине заводской территории или в одном месте, удалены от тихих помещений, ограждены зоной зеленых насаждений, частично поглощающих шум.

При невозможности или неэкономичности реализации противошумных мероприятий, а также для работы в аварийных условиях работающие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты от шума: противошумными вкладышами (беруши), наушниками и шлемофонами.

*Противошумные вкладыши* («Комфорт плюс», MAX-1, Lfserlife и др.) вставляют непосредственно в слуховой канал наружного уха. Их изготавливают из легкого каучука, эластичных пластмасс, резины, эбонита и ультратонкого волокна. Они позволяют снизить уровень звукового давления на 10–15 дБ.

В условиях повышенного шума рекомендуется применять *наушники*, которые обеспечивают надежную защиту органов слуха. Например, наушники ВЦНИОТ снижают уровень звукового давления на 7–38 дБ в диапазоне частот 125–8000 Гц.

В настоящее время промышленностью выпускаются современные наушники типов Ария, Наутилус, Биг, Тракстон и др.

*Шлемофоны* рекомендуется применять для защиты от воздействия шума с общим уровнем 120 дБА и выше. Они герметично закрывают всю околоушную область и снижают уровень звукового давления на 30–40 дБ в диапазоне частот 125–8000 Гц.

Изоляция источников шума включает такие средства, как звукоизолирующее ограждение, кожухи, кабины, экраны, средства виброизоляции. Звукоизолирующие ограждения позволяют изолировать источник шума от помещения или само помещение от шума, проникающего извне.

Требуемая звукоизолирующая способность ограждения (стены, перегородки)  $R_{\text{ТР.ОГР}}$  определяется по формуле

$$R_{\text{ТР.ОГР}} = L - \lg B + 10 \lg S_{\text{ОГР}} - L_N, \text{ дБ},$$

где  $L$  – активные уровни звукового давления в шумном помещении (зоне), дБ;

$B$  – постоянная помещения, смежного с шумным, определяется по номограмме [94], м<sup>2</sup>.  $B = 8 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^3$  для зданий с  $V = 2 - 7 \cdot 10^4$  (м<sup>3</sup>);

$S$  – площадь ограждения, общая для шумного и изолируемого помещений, м<sup>2</sup>;

$L_N$  – допустимые активные уровни звукового давления в изолируемом помещении, дБ.

По расчетным значениям  $R_{\text{ТР.ОГР}}$  подбирается материал конструкции таким образом, чтобы реальные значения  $R_{\text{ОГР}}$  для каждой активной полосы частот были ниже, чем  $R_{\text{ТР.ОГР}}$ .

Тогда уровень шума в изолируемом помещении  $L_{\text{ИЗ}}$  определяется по формуле

$$L_{\text{ИЗ}} = L - R_{\text{ОГР}} - 10 \lg B + 10 \lg S_{\text{ОГР}}, \text{ дБ},$$

где  $R_{\text{ОГР}}$  – звукоизолирующая способность реальной конструкции смежного ограждения, дБ [95].

Требуемая звукоизолирующая способность стенок кожуха  $R_{\text{ТР.КОЖ}}$  определяется по формуле

$$R_{\text{ТР.КОЖ}} = \Delta L_{\text{ТР}} + 10 \lg \frac{S_{\text{КОЖ}}}{S_{\text{ИСТ}}}, \text{ дБ},$$

где  $\Delta L_{\text{ТР}}$  – требуемое снижение уровня шума, дБ;

$S_{\text{КОЖ}}$  – площадь поверхности кожуха, м<sup>2</sup>;

$S_{\text{ИСТ}}$  – площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник шума, м<sup>2</sup>.

Уровень шума в расчетной точке после установки кожуха на источник шума  $L_{\text{КОЖ}}$  определяется по формуле

$$L_{\text{КОЖ}} = L + R_{\text{КОЖ}} + 10 \lg \frac{S_{\text{КОЖ}}}{S_{\text{ИСТ}}}, \text{ дБ},$$

где  $L$  – уровень шума в расчетной точке до установки кожуха, дБ;

$R_{\text{КОЖ}}$  – звукоизолирующая способность расчетной конструкции стенок кожуха, дБ [94].

Звукоизолирующие кабины устанавливаются на автоматизированных линиях у постов управления там, где возможно на длительный срок изолировать человека от источника шума.

Требуемая звукоизолирующая способность рассчитывается по формуле

$$R_{\text{ТР.КАБ}} = L + 10 \lg \frac{S}{B} - L_N, \text{ дБ},$$

где  $L$  – уровень шума в расчетной точке до установки кабины, дБ;

$B$  – постоянная помещения кабины, определяется по графику [95];

$S$  – площадь ограждений, через которые шум проникает из шумного помещения (суммарная площадь ограждающих поверхностей кабины за исключением пола), м<sup>2</sup>;

$L_N$  – допустимые значения уровня звукового давления в кабине по ГОСТ 12.1.003–83 [17], дБ.

Площадь ограждений, м<sup>2</sup>:

$$S = a \cdot b + 2 \cdot b \cdot h + 2 \cdot a \cdot h,$$

где  $a$  – длина, м;

$b$  – ширина, м;

$h$  – высота кабины, м.

Достижимый уровень шума определяется по формуле

$$L_{\text{КАБ}} = L - R_{\text{КАБ}}, \text{ дБ},$$

где  $R_{\text{КАБ}}$  – звукоизолирующая способность реальной конструкции стен кабины [15], дБ.

## 5.10. Расчет пружинных виброизоляторов

*Вибрацией* называют механические колебания и волны в твердых телах.

По способу передачи на человека вибрация подразделяется на *локальную и общую*.

*Локальная вибрация* передается через руки человека, воздействует на ноги сидящего человека, предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями.

*Общая вибрация* передается через опорные поверхности на тело стоящего или сидящего человека.

Источниками локальной вибрации, передающейся на работающих, могут быть: ручные машины с двигателем или ручной механизированный инструмент; органы управления машинами и оборудованием; ручной инструмент и обрабатываемые детали.

Общая вибрация в зависимости от источника ее возникновения подразделяется на:

– *общую вибрацию 1-й категории* – транспортную, воздействующую на человека на рабочем месте в самоходных и прицепных машинах, транспортных средствах при движении по местности, дорогам и агрофонам;

– *общую вибрацию 2-й категории* – транспортно-технологическую, воздействующую на человека на рабочих местах в машинах, перемещающихся по специально подготовленным поверхно-

стям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок;

– *общую вибрацию 3-й категории* – технологическую, воздействующую на человека на рабочем месте у стационарных машин или передающуюся на рабочем месте, не имеющих источников вибрации.

Общая вибрация 3-й категории по месту действия подразделяется на следующие типы:

– 3а – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

– 3б – на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других вспомогательных производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию;

– 3в – на рабочих местах в административных и служебных помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораториях, учебных пунктах, вычислительных центрах, здравпунктах, конторских помещениях и других помещениях работников умственного труда.

По временным характеристикам вибрация подразделяется на: постоянную, для которой спектральный или скорректированный по частоте нормируемый параметр за время наблюдения (не менее 10 минут или время технологического цикла) изменяются не более чем в 2 раза (6 дБ) при изменении с постоянной времени 1 с; непостоянную вибрацию, для которой спектральный или скорректированный по частоте нормируемый параметр за время наблюдения (не менее 10 минут или время технологического цикла) изменяется более чем в 2 раза (6 дБ) при изменении постоянного времени 1 с.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются: частота  $f$ , Гц; амплитуда  $A$ , м; виброскорость  $U$ , м/с; виброускорение  $a$ , м/с<sup>2</sup>, а также логарифмические уровни виброскорости  $L_v$  и виброускорения  $L_a$ , дБ.

Степень неблагоприятного воздействия вибрации на организм человека зависит от виброскорости при частоте колебаний более 10 Гц и от виброускорения при частоте до 10 Гц.

Неблагоприятное воздействие вибрации зависит от частоты колебаний и способа передачи ее на человека, длительности воздействия, индивидуальной чувствительности организма, а также от сопутствующих факторов: шума, статического напряжения, охлаждающего микроклимата.

Длительное воздействие интенсивной вибрации на работающих вызывает виброболезнь, связанную с нарушением жизнедеятельности наиболее важных органов и систем человека: нервной, сердечно-сосудистой, опорно-двигательного аппарата и др.

В соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.10–33–2002 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [97] гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации производится следующими методами: частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра; интегральной оценкой с учетом времени воздействия вибрации по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Основным методом является частотный анализ. Нормируемый диапазон частот для локальной вибрации устанавливается в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 125; 250; 500; 1000 Гц.

Нормируемый диапазон частот для общей вибрации в зависимости от категории вибрации устанавливается в виде октавных или третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц (для категории 3а – 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 31,5; 63,0).

*Нормируемыми параметрами постоянной вибрации* являются: средние квадратические значения виброускорения и виброскорости, измеряемые в октавных (третьоктавных) полосах частот, или их логарифмические уровни; скорректированные по частоте значения виброускорения и виброскорости или их логарифмические уровни.

*Нормируемыми параметрами непостоянной вибрации* являются эквивалентные (по энергии) скорректированные по частоте значения виброускорения и виброскорости или их логарифмические уровни.

Профилактика виброболезни обеспечивается применением вибробезопасных машин, использованием средств виброзащиты, снижающих воздействующую на работающих вибрацию на путях ее распространения от источников возбуждения.

При проектировании технологических процессов и производственных зданий и сооружений должны быть выбраны машины с наименьшей вибрацией, разработаны схемы размещения машин с учетом создания минимальных уровней вибрации на рабочих местах, произведена оценка ожидаемой вибрационной нагрузки на

оператора, выбраны строительные решения оснований и перекрытий, обеспечивающие выполнение требований вибрационной безопасности труда.

При проведении организационно-технических мероприятий следует предусматривать своевременное проведение планового и предупредительного ремонта машин, совершенствование режимов машин, применение средств индивидуальной защиты, введение сроков контроля вибрационных характеристик машин и вибрационной нагрузки на оператора.

*Задача.* Рассчитать параметры пружинных виброизоляторов по данным, представленным в табл. 5.26.

Для устройства пружинных виброизоляторов используются одиночные цилиндрические пружины или составные пружины сжатия. Число пружин  $n$  для виброизоляции объекта выбирают из соображений удобства их размещения и установки.

Таблица 5.26

Исходные данные для расчета пружинных виброизоляторов

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Среднеквадратичная виброскорость основания виброизолируемого объекта, м/с	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,09	0,12	0,1	0,08	0,12
Масса виброизолируемого объекта, кг	450	400	450	600	800	850	950	900	500	700
Число пружин для виброизоляции объекта, шт.	4	4	4	6	8	8	8	8	4	6
Число колебаний виброизолируемого объекта, Гц	35	40	40	45	45	50	50	45	50	50

Определить коэффициент передачи пружинных виброизоляторов можно по формуле

$$\mu = V_0 / V,$$

где  $V_0$  – нормированное значение виброскорости, м/с;

$V$  – среднеквадратичная виброскорость основания виброизолируемого объекта, м/с.

Вычисляем частоту собственных колебаний:

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{\mu} + 1}}, \text{ Гц},$$

где  $f$  – частота колебаний виброизолируемого объекта, Гц.

Находим общую жесткость всех пружинных виброизоляторов в вертикальном направлении:

$$C_z = P \cdot \frac{t^2}{25}, \text{ кг/см}^2,$$

где  $P$  – масса виброизолируемого объекта, кг.

Рассчитываем статическую нагрузку  $P_{\text{ст}}$  на одну пружину:

$$P_{\text{ст}} = P / n, \text{ Н},$$

где  $n$  – число пружин.

Определить жесткость одной пружины:

$$C_z = C_z / n, \text{ Н/м}.$$

Определить амплитуду  $A$  вертикальных колебаний вибрирующего объекта из формулы

$$V = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A, \text{ м/с}.$$

Вычисляем динамическую нагрузку  $P_{\text{дин}}$  на одну пружину в рабочем режиме изолируемого объекта:

$$P_{\text{дин}} = A \cdot C_z, \text{ Н}.$$

Определить расчетную нагрузку на одну пружину можно по следующей формуле:

$$P_n = P_{ст} + 1,5 \cdot P_{дин}, \text{ Н.}$$

Находим диаметр прутка пружины из уравнения

$$d = 1,6 \cdot (K \cdot P_n \cdot C / [\tau])^{1/2}, \text{ мм,}$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий повышение напряжений в точках сечения прутка, лежащего на поверхности цилиндра, определяют по графику (рис. 5.3).

В расчете принять  $K = 1,2$ ;  $C = D/d$  – принять равным 7;  $D$  – средний диаметр пружины, мм.

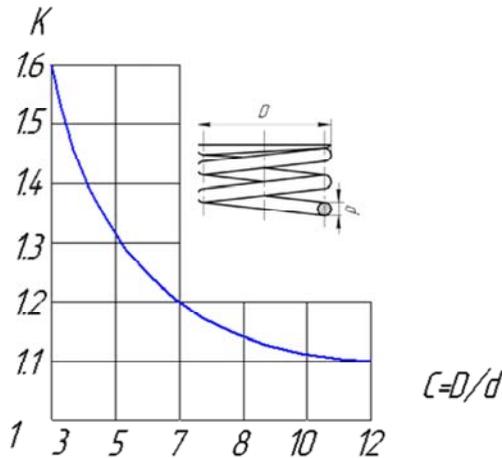


Рис. 5.3. Зависимость коэффициента  $K$  от индекса  $C = D/d$

Необходимо определить средний диаметр пружины по формуле

$$D = C \cdot d, \text{ мм.}$$

Рассчитываем число рабочих витков пружины:

$$i = G \cdot d / 8 \cdot C^2 \cdot C_z,$$

где  $G$  – модуль сдвига (табл. 5.27).

## Допустимые напряжения для пружинных сталей

Сталь		Модуль сдвига Ст, Па·10 <sup>10</sup>	Допустимое напряжение		Назначение
группа	марка		режим работы	$\tau$ , Па·10 <sup>8</sup>	
Углеродистая	65 70	8	Легкий	4,2	Для пружин с относительно низкими напряжениями при Ø проволоки менее 8 мм
			Средний	3,5	
			Тяжелый	2,8	
Хромованадиевая закаленная в масле	50ХФ А	7,85	Легкий	5,6	Для пружин, воспринимающих нагрузку, при Ø прутка менее 12,5 мм
			Средний	5,0	
			Тяжелый	4,0	
Кремнистая	55С2	7,6	Легкий	5,6	То же, при диаметре прутка более 10 мм, а также для рессор
	60С2		Средний	4,5	
	60С2А		Тяжелый	3,5	
	60С2				
	А				

Находим полное число витков пружины:

$$i_n = i + i_z,$$

где  $i_z$  – число «мертвых витков», принимаемое равным 1,5, если  $i < 7$ , и равным 2,5, если  $i > 7$ .

Определяем шаг пружины по следующей формуле:

$$h = D / 4 \dots D / 2, \text{ мм.}$$

Вычисляем высоту пружины, сжатой до соприкосновения ее витков нагрузкой  $P_{\text{пред}}$  (предельная нагрузка принимается равной  $(1,1-1,25)P$ ):

$$H = (i_n - 0,5) \cdot d, \text{ мм.}$$

Находим высоту ненагруженной пружины:

$$H_0 = H + i \cdot (h - d), \text{ мм.}$$

### 5.11. Расчет корректированного уровня вибрации

Рассчитать корректированный уровень общей вибрации по данным, приведенным в табл. 5.28.

Таблица 5.28

Исходные данные для расчета корректированного уровня общей вибрации

Частота в октавных полосах $f$ , Гц	Значения уровней виброскорости $L_{vi}$ , дБ									
	Варианты условий задачи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	115	110	113	106	114	107	105	112	109	108
4	112	109	110	109	110	103	108	108	105	110
8	107	112	108	104	103	96	104	103	100	103
16	101	107	101	98	97	93	100	99	96	99
31,5	96	99	97	96	92	89	95	93	91	94
63	89	90	89	88	91	87	92	88	86	87

В начале расчета необходимо учесть значения весовых коэффициентов  $\Delta L_{vi}$  для октавных полос частот по табл. 5.29, для чего их вычитают из значений уровней виброскорости  $L_{vi}$ .

Таблица 5.29

Значения весовых коэффициентов

Среднегеометрические частоты, Гц	Значение весовых коэффициентов							
	виброускорение				виброскорость			
	локальное		общее		локальное		общее	
	$K_i$	$\Delta L_{vi}$	$K_i$	$\Delta L_{vi}$	$K_i$	$\Delta L_{vi}$	$K_i$	$\Delta L_{vi}$
2	–	–	0,71	–3	–	–	0,16	–16
4	–	–	1,0	0	–	–	0,45	–7
8	1,0	0	1,0	0	0,5	–6	0,9	–1

Среднегеометрические частоты, Гц	значение весовых коэффициентов							
	виброускорение				виброскорость			
	локальное		общее		локальное		общее	
	$K_i$	$\Delta L_{vi}$	$K_i$	$\Delta L_{vi}$	$K_i$	$\Delta L_{vi}$	$K_i$	$\Delta L_{vi}$
16	1,0	0	0,5	-6	1,0	0	1,0	0
31,5	0,5	-6	0,25	-12	1,0	0	1,0	0
63	0,25	-12	0,125	-18	1,0	0	1,0	0
125	0,125	-18	-	-	1,0	0	-	-
250	0,063	-24	-	-	1,0	0	-	-
500	0,0315	-30	-	-	1,0	0	-	-
1000	0,0160	-36	-	-	1,0	0	-	-

Затем производится расчет корректированного уровня по формуле либо методом попарного суммирования.

Рассчитать корректированный уровень общей вибрации по данным, приведенным в табл. 5.30.

Таблица 5.30

Исходные данные для примера расчета, при зависимости частоты вибрации и виброскорости

Нормируемый параметр						
Частота $f$ , Гц	2	4	8	16	31,5	63
Уровень виброскорости $L_{vi}$ , дБ	118	118	116	111	104	96

Расчет производится по следующей формуле:

$$L_v = 101 \cdot g \cdot \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{vi} - \Delta L_{vi})},$$

где  $L_v$  – корректированный уровень параметра вибрации, дБ;  
 $L_{vi}$  – октавные (третьоктавные) уровни параметра вибрации, дБ;  
 $\Delta L_{vi}$  – октавные (третьоктавные) весовые поправки, дБ;  
 $i$  – порядковый номер октавной (третьоктавной) полосы;  
 $n$  – число октавных (третьоктавных) полос.

## 5.12. Расчет защитного заземления (метод коэффициентов использования)

Наиболее распространенным и эффективным техническим способом защиты работника от поражения электрическим током является защитное заземление.

*Защитное заземление* – это преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, с землей или ее эквивалентом. Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения  $U_{пр}$  и тока  $I_h$ , протекающего через тело человека.

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения электрическим током в случае прикосновения человека к корпусу электрооборудования или другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением. В основе этого метода защиты человека от поражения электрическим током лежит явление стекания тока в землю, при котором происходит резкое снижение потенциала оказавшихся под напряжением металлических частей оборудования (корпуса, станины и т. д.) до потенциала заземлителя.

При этом между корпусом и землей создается соединение большой проводимости, благодаря чему ток, проходящий через параллельное этому соединению тело человека (имеющее значительно большее сопротивление), становится неопасным для жизни.

В качестве полосового заземлителя используется преимущественно металлическая полоса сечением 12×4; 14×4; 16×4 и др.

*Соединение вертикальных заземлителей и полосы производится только сваркой, другие виды соединений в соответствии с ПУЭ не допускаются.*

На практике используются групповые заземлители – параллельное соединение одиночных заземлителей и полосы. Групповой заземлитель обладает меньшим сопротивлением растеканию тока и обеспечивает лучшее выравнивание потенциала в объеме и на поверхности земли

Требования к конструкции, устройству и параметрам защитного заземления определяются ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» [98].

Предписано, помимо искусственных заземлителей, предназначенных исключительно для целей заземления, обязательное использование естественных заземлителей, то есть находящихся в земле металлических предметов иного назначения. В качестве естественных заземлителей могут использоваться проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов; металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей; свинцовые оболочки кабелей и т. п.

*Указанные документы устанавливают следующие значения наибольшего допустимого сопротивления защитного заземляющего устройства в электроустановках напряжением до 1000 В: сети с изолированной нейтралью при мощности генератора или трансформатора до 100 кВА – 10 Ом, а при мощности более 100 кВА – 4 Ом.*

Расчет заземляющего устройства заключается в определении типа заземлителя, количества, размеров и способа размещения одиночных заземлителей при условии, что расчетное значение сопротивления группового заземлителя не более допустимого по нормам. Для электроустановок напряжением до 1000 В расчет выполняется методом коэффициентов использования.

Область применения защитного заземления:

– сети до 1000 В переменного тока – трехфазные трехпроводные с изолированной нейтралью; однофазные двухпроводные, изолированные от земли; а также постоянного тока – двухпроводные с изолированной средней точкой обмоток источника тока;

– сети выше 1000 В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтральной или средней точки обмотки источника тока.

Заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

– при напряжении переменного тока 380 В и выше;

– при напряжении постоянного тока 440 В и выше (во всех электроустановках);

– при номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока (только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках).

Исходные данные для расчета приведены в табл. 5.31. Вариант для расчета задается консультантом или руководителем дипломного проекта. Допустимая величина сопротивления проектируемого за-

земляющего устройства  $R_{\text{доп}}$  принимается по заданному напряжению и суммарной мощности электроустановки в соответствии с нормами.

Таблица 5.31

Исходные данные для расчета защитных заземляющих устройств

Наименование, размерность	Индивидуальные варианты расчетов					
	1	2	3	4	5	6
Напряжение электроустановок, В	До 1000					
Суммарная мощность электроустановок, кВА	150	200	250	120	300	220
Грунт	Торф	Чернозем	Глина	Суглинок	Супесь	Песок
Удельное сопротивление грунта $\rho$ , Ом·м	30	53	70	150	400	700
Тип заземлителя и размеры сечения, мм	Труба $\varnothing 30$	Труба $\varnothing 40$	Уголок $60 \times 50 \times 4$	Уголок $60 \times 60 \times 4$	Круг $\varnothing 11$	Круг $\varnothing 12$
Расстояние между стержнями $a$ , м	8	6	9	7	16	12
Длина стержня-заземлителя $l$ , м	2,0	2,5	3,0	3,5	5,0	10,0
Отношение расстояния между заземлителями к их длине $a/l$	2	2	3	2	1	2
Глубина заложения верхних концов стержней и горизонтальных проводников $H_0$ , м	0,6	0,75	0,8	0,75	0,7	0,65
Размеры сечения заземляющих соединительных проводников (полоса, сталь), мм	12×4	12×4	14×4	14×4	16×4	16×4
Способ заложения заземлителей	В ряд			По контуру		

Расчет сопротивления растеканию тока одиночного заземлителя (стержня) произвести по формулам:

а) основная формула:

$$R_{\text{ст.од}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l}{4 \cdot H - l} \right) =$$

$$= 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot l}{d} + \lg \frac{4 \cdot H + l}{4 \cdot H - l} \right),$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$l$  – длина стержня, м;

$d$  – диаметр стержня-трубы или круга, м. Если в качестве одиночного заземлителя принят электрод с профилем в виде уголка, то

$$d = 0,95 \cdot b, \text{ м},$$

где  $b$  – ширина полки уголка, м;

$H$  – параметр, определяемый по следующей формуле:

$$H = H_0 + \frac{1}{2}, \text{ м},$$

где  $H_0$  – глубина заложения верхнего конца стержня и горизонтального полосового заземлителя в грунте, м.

б) приближенная формула (погрешность 5–10 %):

$$R_{\text{ст.од}} = 0,366 \cdot R_{\text{ст.од}} = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \lg \frac{4 \cdot l}{d}, \text{ Ом}.$$

Схема расположения одиночного электрода в грунте приведена на рис. 5.4.

Количество стержней-заземлителей без учета работы соединительных полос рассчитывается по формуле

$$n = \frac{R_{\text{ст.од}}}{\eta_{\text{ст}} \cdot R_{\text{доп}}}, \text{ шт.}, \quad (5.3)$$

где  $\eta_{\text{ст}}$  – коэффициент использования вертикального стержневого заземлителя (находится из табл. 5.32 по предварительному значению  $n$  при  $\eta_{\text{ст}} = 1$ ).

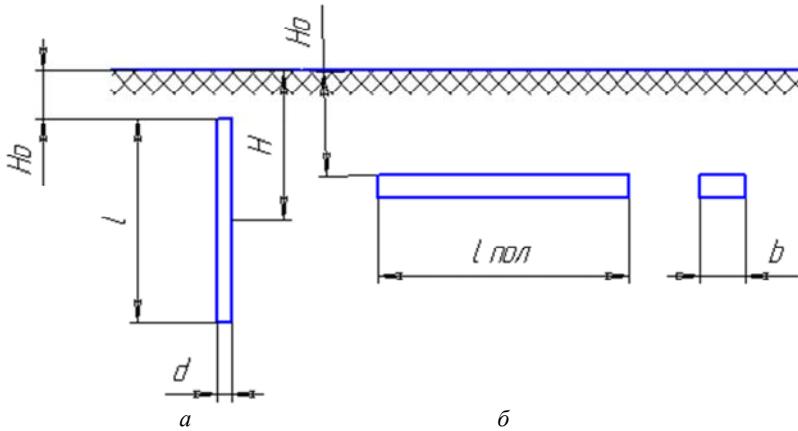


Рис. 5.4. Типы одиночных заземлителей:  
*a* – одиночный вертикальный стержневой заземлитель;  
*б* – одиночный горизонтальный полосовой заземлитель

Коэффициент использования  $\eta_{ст}$  вертикальных стержней заземлителей (без влияния полосы связи)  $R_{доп} = 4$  Ом при напряжении до 1000 В и суммарной мощности электроустановки более 100 кВ·А;  $R_{доп} = 10$  Ом при суммарной мощности менее 100 кВ·А.

Таблица 5.32

Коэффициент использования  $\eta_{ст}$  вертикальных стержней заземлителей (без влияния полосы связи)

Число стержней	Способ заложения заземлителей					
	в ряд			по контуру		
	Отношение расстояний между заземлителями к их длине $a/l$					
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,80
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,55	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,55	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

Примечание:  $n$  следует округлить и принять несколько меньшим, чем вычисленное по формуле (5.3).

Длина горизонтального полосового заземлителя вычисляется по формуле при расположении стержней:

– в ряд:  $l_{\text{пол}} = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1)$ , м;

– по контуру:  $l_{\text{пол}} = 1,05 \cdot a \cdot n$ , м,

где  $a$  – расстояние между заземлителями, м;

$n$  – количество стержней-заземлителей ( $n$  следует округлить и принять несколько меньшим, чем вычисленное по формуле, так как заземляющие соединительные проводники одновременно работают как заземлители).

Расчет сопротивления растеканию тока горизонтального электрода (полосового заземлителя, соединяющего вертикальные электроды между собой):

а) основная формула:

$$R_{\text{пол}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{пол}}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\text{пол}}^2}{b \cdot H_0} = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l_{\text{пол}}} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_{\text{пол}}^2}{b \cdot H_0}, \text{ Ом};$$

б) приближенная формула (погрешность 25 %):

$$R_{\text{пол}} = 0,734 \cdot \frac{\rho}{l_{\text{пол}}} \cdot \lg \frac{4 \cdot l_{\text{пол}}}{b}, \text{ Ом},$$

где  $l_{\text{пол}}$  – длина горизонтального полосового заземлителя, м;

$b$  – ширина сечения полосового заземлителя (большая сторона сечения), м.

Сопротивление группового искусственного заземлителя  $R_{\text{гр}}$ , состоящего из параллельно включенных стержней заземлителей и полюсы, определяем из условия

$$R_{\text{гр}} = \frac{R_{\text{пол}} \cdot R_{\text{ст.од}}}{R_{\text{пол}} \cdot \eta_{\text{ст}} \cdot n + R_{\text{ст.од}} \cdot \eta_{\text{пол}}}, \text{ Ом},$$

где  $\eta_{\text{пол}}$  – коэффициент использования горизонтального полосового заземлителя (табл. 5.33).

Таблица 5.33

Коэффициент использования  $\eta_{\text{пол}}$  горизонтального полосового электрода, соединяющего вертикальные электроды

Отношение расстояния между стержневыми заземлителями к их длине, $a/l$	Число стержневых заземлителей							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Стержневые заземлители расположены в ряд								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
2	0,94	0,89	0,84	0,75	0,56	–	–	–
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	–	–	–
Стержневые заземлители расположены по контуру								
1	–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	–	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	–	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Проверить выполнение условия: сопротивление заземляющего устройства растеканию тока должно быть равно или меньше допустимого сопротивления по ГОСТ 12.1.030–81, ССБТ ( $R_{\text{гр}} \leq R_{\text{доп}}$ ). Если  $R_{\text{гр}} > R_{\text{доп}}$ , произвести перерасчет заземляющего устройства, приняв большее количество стержней.

### 5.13. Расчет системы зануления

*Защитное зануление* представляет собой преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, а нулевой защитный проводник – это проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом.

Данный метод защиты используют в четырехпроводных трехфазных сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000 В, чаще в сетях 380/220 В и 220/127 В. Это связано с тем, что сила тока замыкания на землю в таких сетях велика и даже при нормативном значении сопротивления заземления при пробое фазы на корпус оборудования через тело человека может проходить ток значительной величины.

Принцип действия защитного зануления заключается в превращении случайного замыкания фазы на корпус в однофазное короткое замыкание (то есть замыкание между фазным и нулевым проводом) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и тем самым отключить поврежденную электроустановку от источника питания.

Сила тока в этом случае определяется фазным напряжением и полным сопротивлением цепи короткого замыкания.

В качестве защитных средств можно использовать плавкие предохранители или автоматические выключатели (магнитные пускатели со встроенной тепловой защитой, контакторы в сочетании с тепловыми реле, другие автоматы, осуществляющие защиту одновременно от токов короткого замыкания и от перегрузки).

Защиту выбирают с таким расчетом, чтобы сила тока однофазного короткого замыкания превышала не менее чем в три раза номинальную силу тока срабатывания защитных устройств.

Для снижения опасности поражения людей электрическим током в случае обрыва нулевого провода и замыкания фазы на корпус за местом обрыва необходимо повторно заземлять нулевой провод, иначе присоединенные после места обрыва к нулевому проводу корпуса электроустановок окажутся под фазным напряжением.

Занулению подлежат те же металлические нетоковедущие части электрооборудования, что и заземлению (корпуса электроустановок, трансформаторов, аппаратов, приводы электрических машин, каркасы распределительных щитов, светильников, оболочки кабелей и т. п.). В сети с занулением корпус приемника нельзя заземлять, не присоединив его к нулевому защитному проводу.

Одновременное зануление и заземление одного и того же корпуса не только не опасно, а, напротив, улучшает условия безопасности, так как создает дополнительное заземление нулевого защитного провода.

Расчитать систему зануления электродвигателя вентилятора по данным, приведенным в табл. 5.34. Мощность трансформатора  $P = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , номинальное вторичное напряжение  $U_n = 380 \text{ В}$ , сопротивление трансформатора  $Z_T = 0,195 \text{ Ом}$ . В качестве нулевого защитного проводника применяется стальная шина сечением 4–40 мм, которая имеет активное сопротивление  $r_0 = 2,8 \text{ мОм/м}$ , индуктивное сопротивление  $x_0 = 1,7 \text{ мОм/м}$ .

Исходные данные для расчета системы зануления

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номинальная мощность двигателя, кВт	2,2	3,0	4	5,5	7,5	10	5,5	4	3,0	2,2
Коэффициент мощности $\cos\varphi$	0,87	0,88	0,89	0,89	0,88	0,9	0,89	0,89	0,88	0,87
Кратность пускового тока $k' = I_{\text{пуск}} / I_{\text{н}}$	6,5	6,5	6,5	7,5	7,5	7,5	7,5	6,5	6,5	6,5
Длина фазного проводника, м	50	50	75	30	50	50	30	50	40	50
Длина нулевого проводника, м	50	25	30	30	25	25	15	25	20	25

Определить номинальный ток электродвигателя можно по формуле

$$I_{\text{н}} = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi}, \text{ А,}$$

где  $P$  – номинальная мощность двигателя, кВт;

$U_{\text{н}}$  – номинальное напряжение, В;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности.

Выбрать фазные провода питания двигателя по допустимому длительному току  $I_{\text{д}}$  ( $I_{\text{д}} \geq I_{\text{н}}$ ), указав вид, материал и сечение провода (табл. 5.35).

Рассчитать пусковой ток двигателя:

$$I_{\text{пуск}} = k' \cdot I_{\text{н}}, \text{ А,}$$

где  $k'$  – кратность пускового тока.

Таблица 5.35

## Характеристика проводов

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимый длительный ток для проводов, проложенных в стальной трубе, А				Сопротивление проводов, мОм/м		
	медные		алюминиевые		активное		индуктивное
	три одно-жильных	один трех-жильный	три одно-жильных	один трех-жильный	медные	алюминиевые	
1,5	17	15	–	–	12,8	–	0,126
2,5	25	21	19	16	7,7	12,9	0,116
4,0	35	27	28	21	4,8	8,1	0,107
6,0	42	34	32	26	3,2	5,4	0,100
8,0	51	43	40	32	2,6	4,4	0,099
10,0	60	50	47	38	1,9	3,2	0,098
16,0	80	70	60	55	1,2	2,0	0,094
25,0	100	85	80	65	0,8	1,3	0,091

Определить номинальный ток плавкой вставки предохранителей можно исходя из уравнения

$$I_{\text{вст.}} = I_{\text{пуск}} / a, \text{ А,}$$

где  $a$  – коэффициент режима работы для двигателей, приводящих в действие механизмы с редкими пусками (в том числе вентиляторов),  $a = 2-2,5$ .

Определить ожидаемое значение тока короткого замыкания из условия обеспечения отключающей способности  $I_{\text{к.з.о}} \geq 3I_{\text{вст.}}$ .

Определить фактическое значение тока короткого замыкания по формуле

$$I_{\text{к.з.о}} = U_{\text{н}} / (Z_{\text{т}} / 3 + Z_{\text{н}}), \text{ А,}$$

где  $Z_{\text{т}}$  – сопротивление трансформатора, Ом;

$Z_{\text{н}}$  – полное сопротивление петли «фаза-нуль», которое определяется по зависимости, Ом:

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_0)^2 + (X_\phi + X_0 + X_n)^2}, \text{ Ом},$$

где  $R_\phi, R_0$  – активные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом;

$X_\phi, X_0$  – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом;

$X_n$  – внешнее сопротивление петли «фаза-нуль», Ом.

Активное сопротивление фазного проводника:

$$R_\phi = r_\phi \cdot l_\phi, \text{ Ом},$$

где  $r_\phi$  – активное сопротивление фазного провода, Ом/м (табл. 5.36, учесть, что размерность сопротивления указана в мОм/м);

$l_\phi$  – длина фазного проводника, м.

Индуктивное сопротивление  $X_\phi$  фазных проводников из алюминия или меди мало, поэтому им можно пренебречь.

Активное и индуктивное сопротивления нулевого проводника (стальной шины) соответственно равны:

$$R_0 = r_0 \cdot l_0, \text{ Ом}, \quad X_0 = x_0 \cdot l_0, \text{ Ом},$$

где  $r_0, x_0$  – активное и индуктивное сопротивление стальной шины, Ом/м;

$l_0$  – длина стальной шины, м.

Внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль» равно

$$X_n = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot (l_\phi + l_0), \text{ Ом}.$$

Полученное значение тока короткого замыкания  $I_{к.з}$  сравнить с ожидаемым значением тока короткого замыкания  $I_{к.з}$  с целью проверки условия надежного срабатывания защиты:  $I_{к.з} \geq I_{к.з.о}$ .

Если условие выполняется, то расчет проведен правильно. В случае невыполнения условия следует увеличить сечение проводников и повторить расчет.

### 5.14. Расчет системы зануления на отключающую способность

Отключение поврежденной установки от питающей сети произойдет, если значение тока однофазного короткого замыкания  $I_K$ , которое искусственно создается в цепи, будет больше (или равно) значения тока срабатывания автоматического выключателя (или номинального тока плавкой вставки предохранителя  $I_{ном}$ ) и выполнится следующее условие:

$$I_K \gg K \cdot I_{ном}, \text{ А,}$$

где  $K$  – коэффициент кратности тока, выбирается в зависимости от типа защиты электроустановки (табл. 14.1).

Следовательно, расчет зануления электродвигателя (ЭДз) в схеме сети на отключающую способность сводится к проверке соблюдения условия:

$$I_{к2} \gg I_{к1},$$

где  $I_{к1}$  – наименьшее допустимое значение тока короткого замыкания, при котором произойдет срабатывание защиты и поврежденное оборудование отключится от сети;

$I_{к2}$  – действительное значение тока однофазного короткого замыкания, которое будет иметь место в схеме при возникновении аварии.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 5.36.

Определить величину тока  $I_{к1}$  можно по формуле

$$I_{к1} \gg K \cdot I_{ном}, \text{ А,}$$

где  $K$  – коэффициент кратности тока;

$I_{ном}$  – номинальный ток плавкой вставки предохранителя электродвигателя.

Определить полное сопротивление петли «фаза-нуль»:

$$Z_{\phi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{н.з})^2 + (X_{\phi} + X_{н.з} + X_n)^2}, \text{ Ом,}$$

где  $R_{\phi}$ ,  $R_{н.з}$  – активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

$X_{\phi}$ ,  $X_{н.з}$  – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

$X_n$  – внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль» (0,02 Ом).

Найти действительное значение тока однофазного короткого замыкания, проходящего в схеме в аварийном режиме, можно по формуле

$$I_{к2} = U_{\phi} / (Z_T / 3 + Z_n), \text{ А,}$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение, В;

$Z_T$  – полное сопротивление трансформатора, Ом;

$Z_n$  – полное сопротивление петли «фаза-нуль», Ом.

Таблица 5.36

Исходные данные для расчета зануления

Параметры схемы	Варианты				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Напряжение сети, питающей электродвигатель, В	380	380	380	220	220
Фазное напряжение в сети $U_{\phi}$ , В	220	220	220	127	127
Номинальный ток плавких вставок предохранителей, защищающих электродвигатель, $I_{ном}$ , А	125	125	80	80	125
Коэффициент кратности тока $K$	автом. выкл. 1,3	автом. пред. 3	автом. пред. 1,25	автом. выкл. 1,4	плавкий пред. 3
Полное сопротивление трансформатора $Z_T$ , Ом, при мощности трансформатора $S$ , кВ·А	0,487	0,799	1,237	1,1	0,12
	160	100	63	25	63

1	2	3	4	5	6
Активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников $R_{\phi}$ , Ом; $R_{н.з.}$ , Ом	алюм. 0,28	алюм. 0,14	медь 0,9	медь 0,45	алюм. 0,28
	0,308	0,154	0,308	0,154	0,308
Внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников $X_{\phi}$ , Ом, $10^{-3}$ ; $X_{н.з.}$ , Ом	3,12	1,56	3,12	1,56	3,12
	0,184	0,092	0,184	0,092	0,184

Сравнить действительные (вычисленные) значения токов однофазного короткого замыкания  $I_{к2}$  с наименьшим, допустимым по условиям срабатывания защиты током  $I_{к1}$ . Если  $I_{к2} > I_{к1}$ , то отключающая способность системы зануления обеспечена и нулевой защитный проводник выбран правильно.

Для обеспечения автоматического отключения поврежденного электрооборудования от сети необходимо увеличить ток, проходящий в схеме в аварийном режиме. Это достигается путем искусственного создания в схеме зануления режима короткого замыкания за счет введения в схему нулевого защитного проводника и обеспечения малого сопротивления для цепи «фаза-нуль» (в режиме короткого замыкания). Таким образом, величина тока однофазного короткого замыкания зависит от значения параметров нулевого защитного проводника. И расчет зануления на отключающую способность практически сводится к проверке правильности выбора параметров нулевого защитного проводника ( $R_{н.з.}$ ;  $X_{н.з.}$ ).

### 5.15. Расчет величины тока, проходящего через тело человека

Проходя через организм человека, электрический ток вызывает *термическое, электролитическое и биологическое воздействие*.

*Термическое действие* тока вызывает ожоги отдельных участков тела, нагрев кровеносных сосудов, нервов, крови и т. п.

*Электролитическое действие* тока выражается в разложении крови и других органических жидкостей организма и вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

*Биологическое действие* тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непро-

извольными судорожными сокращениями мышц, легких и сердца. В результате могут возникнуть различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Многообразие воздействия электрического тока выражается в получении двух видов поражения – электрической травмы и электрического удара.

Электрическая травма представляет собой четко выраженное местное повреждение тканей организма в результате воздействия электрического тока или электрической дуги. Следствием электротравмы могут быть:

– *электрический ожог*, который является самой распространенной электротравмой, может быть токовым (или контактными) и дуговым;

– *токовый ожог*, обусловлен прохождением тока через тело человека в результате его контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую;

– *дуговой ожог*, является следствием образования электрической дуги между токоведущей частью и телом человека, которая и причиняет ожог. Дуга имеет температуру выше 3500 °С и обладает весьма значительной энергией;

– *электрические знаки* – это четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета, образующиеся на коже человека в результате действия тока. Знаки могут быть и в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний и мозолей. Как правило, электрические знаки безболезненны и лечение их заканчивается благополучно;

– *электрометаллизация кожи* – проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротком замыкании, отключении рубильника, находящегося под нагрузкой, и т. п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагретым металлом;

– *электроофтальмия* – это поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные лучи;

– *механические повреждения*, возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти

разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей;

– *электрический удар* – это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц;

– *электрический шок* – своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п.

Определить ток, проходящий через человека при случайном касании оголенного фазного зажима; при замыкании человеком двух зажимов; при прикосновении к проводу с исправной изоляцией; при прикосновении к проводу с ухудшенной изоляцией; при прикосновении к двум проводам разных фаз с исправной изоляцией; при прикосновении к проводам разных фаз с ухудшенной изоляцией; при прикосновении к одному проводу с исправной изоляцией, если другой находится в режиме короткого замыкания. Расчет провести по данным табл. 5.37.

Таблица 5.37

Исходные данные для расчета

Характеристика источника (электродвигатель)		Варианты				
		1	2	3	4	5
Сопротивление заземления нейтрالي $R_0$ , Ом		4	4	4	4	4
Линейное напряжение $U_{л}$ , В		380	380	380	380	380
Сопротивление изоляции $R_{из}$	исправной, МОм	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	ухудшенного качества, кОм	260	340	80	420	490
Сопротивление человека $R_ч$ , Ом	расчетное	1000	1000	1000	1000	1000
	фактическое	25 000	80 000	100 000	430 000	520 000

*Пример.* Электродвигатель питается от трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, сопротивление заземления нейтрали  $R_0 = 4$  Ом, линейное напряжение  $U_{л} = 380$  В, сопротивление изоляции  $R_{из}$  исправной равно 0,5 МОм, сопротивление изоляции  $R_{из}$  ухудшенного качества – 10 кОм. Расчетное сопротивление человека  $R_ч = 1000$  Ом.

При случайном касании оголенного фазного зажима человек падает под фазное напряжение и сила тока, проходящего через него, равна

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}} = 220 / 1000 = 0,22, \text{ А.}$$

Ток такой величины безопасен, если время его протекания через человека не превышает 0,2 с (такую быстроту отключения может обеспечить автоматическая защита). При длительном воздействии такой ток смертелен. Самостоятельное освобождение от воздействия такого тока исключено.

При замыкании двух зажимов человек попадает под линейное напряжение и сила тока, проходящего через человека, составит:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / R_{\text{ч}} = 380 / 1000 = 0,38, \text{ А.}$$

Ток такой величины представляет смертельную опасность. При прикосновении к проводу с исправной изоляцией:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{из}}) = 220 / (1000 + 500\,000) = 0,44 \cdot 10^{-3}, \text{ А.}$$

Переменный ток менее  $0,5 \cdot 10^{-3}$  А не ощущается.

При прикосновении к проводу с ухудшенной изоляцией:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{из}}) = 220 / (1000 + 10\,000) = 21,6 \cdot 10^{-3}, \text{ А.}$$

Переменный ток такой величины представляет безусловную опасность, тем более что с течением времени сопротивление человека уменьшается и опасность смертельного поражения возрастает.

При прикосновении к проводам разных фаз с исправной изоляцией человек попадает под линейное напряжение, но последовательно с ним оказывается включенным сопротивлением фазы. Сила тока, проходящего через человека, в этом случае будет:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{из}}) = 380 / (1000 + 100\,000) = 0,38 \cdot 10^{-3}, \text{ А.}$$

Такой ток безопасен.

При прикосновении к двум проводам разных фаз с ухудшенной изоляцией сила тока, проходящего через человека, составит

$$I_{\text{ч}} = 380 / (100 + 2 \cdot 10\ 000) = 18,0 \cdot 10^{-3}, \text{ А.}$$

Величина тока значительна, руки трудно, но еще возможно самостоятельно оторвать от электродов.

Предположим, что произошло короткое замыкание фазы 1.

В этом случае напряжение исправных фаз относительно земли равно:

$$U_2 = U_3 = \sqrt{U_{\phi}^2 + U_0^2 + U_{\phi} \cdot U_0},$$

где  $U_0$  – напряжение нулевой точки при коротком замыкании, В.

Если принять, что замыкание фазы произошло через сопротивление 1 Ом, то сила тока замыкания на землю:

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{\sum R} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_3} = \frac{220}{4 + 1} = 44, \text{ А.}$$

Напряжение нулевой точки равно:

$$U_0 = I_3 \cdot R_0 = 44 \cdot 4 = 176, \text{ В.}$$

Напряжение поврежденной фазы относительно земли:

$$U_{\phi 1} = I_3 \cdot R_3 = 44 \cdot 1 = 44, \text{ В.}$$

Напряжение исправных фаз:

$$U_2 = U_3 = \sqrt{220^2 + 176^2 + 220 \cdot 176} = 330, \text{ В.}$$

Таким образом, при прикосновении к исправной фазе при коротком замыкании соседней, человек попадает под напряжение выше фазного. При хорошем качестве изоляции исправных фаз сила тока, проходящего через человека, в этом случае составит:

$$I_{\text{ч}} = 380 / (1000 + 500\,000) = 0,00066, \text{ А.}$$

При ухудшенном качестве изоляции исправных фаз:

$$I_{\text{ч}} = 380 / (100 + 10\,000) = 0,03, \text{ А.}$$

Из сопоставления всех рассмотренных вариантов можно сделать вывод, что наиболее опасным для человека является двухфазное прикосновение к токоведущим частям электроустановки; опасность однофазного прикосновения несколько ниже за счет уменьшения напряжения. Прикосновение к проводам с исправной изоляцией безопасно, а к проводам с ухудшенной изоляцией может быть опасно, особенно однофазное.

### 5.16. Расчет защитного ограждения на рабочем месте

Ограждение представляет собой физическую преграду между человеком и опасным или вредным производственным фактором. В зависимости от назначения ограждения могут изготавливаться из различных материалов.

Ограждения с отверстиями должны удовлетворять следующим условиям:

$$\text{при } x > 60, \quad d \leq 0,1 \cdot x;$$

$$\text{при } x \leq 60, \quad d \leq 6,$$

где  $x$  – расстояние от частей оборудования, представляющих опасность для работающих, до ограждения, мм;

$d$  – диаметр отверстия, мм.

При расчете сплошных ограждений из металла по действующей ударной нагрузке определяют толщину стенки ограждения. Для абразивного круга или вращающейся детали в случае их разрыва на две части ударная нагрузка на ограждение определяется по формуле

$$P_{\text{ОГР}} = m_{\text{к}} \cdot V_{\text{ОКР}}^2 / 2 \cdot R_{\text{О}}, \text{ Н,}$$

где  $m_{\text{к}}$  – масса круга или детали, кг;

$V_{\text{ОКР}}$  – окружная скорость вращения, м/с;

$R_{\text{О}}$  – радиус центра тяжести половины абразивного круга или детали, м.

Радиус центра тяжести определяют по формуле

$$R_O = \frac{4 \cdot R_{\text{ВН}}^3 - r^3}{3 \cdot \pi \cdot R_{\text{ВН}}^2 - r^2}, \text{ м,}$$

где  $R_{\text{ВН}}$  – радиус внешней окружности круга или детали, м;

$r$  – радиус центрального отверстия круга или детали, м.

Ударная сила (центробежная) отлетающей детали:

$$P_{\text{ОТЛ}} = m_{\text{Д}} \cdot V_{\text{Д}}^2 / \Gamma_{\text{Д}}, \text{ Н,}$$

где  $m_{\text{Д}}$  – масса детали, части, кг;

$V_{\text{Д}}$  – скорость движения детали, части, м/с;

$\Gamma_{\text{Д}}$  – радиус кривизны траектории отрывания детали, части, м.

По найденному значению  $P_{\text{ОГР}}$  или  $P_{\text{ОТЛ}}$  по табл. 5.38 определяют толщину стенки ограждения [20].

Таблица 5.38

Зависимость толщины стенки ограждения  
из листовой стали от ударной нагрузки

Ударная нагрузка $P_{\text{ОТЛ}}, P_{\text{ОГР}}, \text{ кН}$	Толщина стенки ограждения, мм
4,91	1
8,33	2
14,6	3
17,15	4
25,67	5
31,16	6
39,69	7
47,04	8
61,74	9
73,5	10
80,36	11
96,04	12
102,9	13
115,64	14

Ударная нагрузка $P_{\text{отл}}, P_{\text{огр}}, \text{кН}$	Толщина стенки ограждения, мм
169,16	15
159,74	16
188,16	17
205,8	18

### 5.17. Расчет категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности с выделением горючей пыли

В промышленном производстве тонко измельченные твердые горючие вещества (пыли) могут являться конечными продуктами или отходами и побочными продуктами (мучная, табачная, древесная пыль и т. д.).

Количественный и качественный состав пылевыведений зависит от вида перерабатываемого сырья, его влажности, типа технологического оборудования и его технического состояния, а также от эффективности работы вентиляционных систем.

В зависимости от размеров частиц и скорости движения воздуха пыль может находиться во взвешенном или осевшем состоянии. При увеличении скорости движения воздушных потоков осевшая пыль (аэрогель) легко переходит во взвешенное состояние (аэрозоль) и наоборот. Пыль, взвешенная в воздухе, постепенно оседает на строительных конструкциях и технологическом оборудовании, образуя неплотный, легко взмучиваемый слой осевшей пыли.

При нарушении герметичности технологических аппаратов пыль выбрасывается в помещение, где вместе с накопившейся пылью смешивается с воздухом, образуя *пылевоздушную смесь* (ПВС). Искровой разряд приводит к взрывному горению этой смеси, которое может протекать по одному из двух режимов – *дефлаграционному* или *детонационному*.

*Горючая пыль* – твердые частицы номинальным размером 500 мкм или менее, которые оседают под собственной массой, но могут оставаться во взвешенном состоянии в воздухе некоторое время, которые могут гореть или тлеть в воздухе и образовывать взрывоопасную смесь с воздухом при атмосферном давлении и нормальной температуре.

Горючие пыли по степени взрыво- и пожароопасности делятся на четыре класса:

– *1-й класс* – наиболее взрывоопасные аэрозоли, НКПРП которых составляет менее  $15 \text{ г/м}^3$  к объему воздуха (канифоль, нафталин, сухое молоко, пыль мельничная, эбонитовая и др.);

– *2-й класс* – взрывоопасные вещества – аэрозоли, НКПРП которых составляет от  $15$  до  $65 \text{ г/м}^3$  (лигнин, сера, порошок алюминиевый, а также сахарная, крахмальная, сланцевая и другие пыли);

– *3-й класс* – наиболее пожароопасные пыли с НКПРП, превышающим  $65 \text{ г/м}^3$ , температура самовоспламенения которых – не более  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  (элеваторная, табачная пыли и др.);

– *4-й класс* – пожароопасные вещества – пыли, температура самовоспламенения которых превышает  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  (цинковая, рыбная пыли, древесные опилки и др.).

На взрывоопасность производственных пылей существенное влияние оказывают следующие факторы: *дисперсный состав, влагосодержание, состав пыли, состав окислительной среды, зольность, температура и давление, форма частиц.*

Расчет категории помещения заключается в определении избыточного давления взрыва для горючих пылей.

Расчет избыточного давления взрыва  $\Delta P$  проводится по формуле

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{k_{\text{н}}},$$

где  $H_T$  – теплота сгорания,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре  $T_0$ ,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ,

$C_p$  – теплоемкость воздуха,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$  (допускается принимать равной  $1,01 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ );

$T_0$  – начальная температура воздуха, К.

Коэффициент  $Z$  участия взвешенной пыли во взрыве рассчитывается по формуле

$$Z = 0,5 \cdot F,$$

где  $F$  – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого взрыв взрывается становится взрывоопасной, то есть неспособной распространять пламя.

В отсутствии возможности получения сведений для расчета величины допускается принимать  $Z = 0,5$ .

Расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли  $m$ , образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяется по формуле

$$m = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}}, \text{ кг},$$

где  $m_{\text{вз}}$  – расчетная масса взвешенной пыли, кг;

$m_{\text{ав}}$  – расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг.

Расчетная масса взвешенной пыли  $m_{\text{вз}}$  определяется по формуле

$$m_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} \cdot m_{\text{п}}, \text{ кг},$$

где  $K_{\text{вз}}$  – доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. В отсутствие экспериментальных сведений о величине  $K_{\text{вз}}$  допускается принимать  $K_{\text{вз}} = 0,9$ ;

$m_{\text{п}}$  – масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, определяется по формуле

$$m_{\text{ав}} = (m_{\text{п}} + q \cdot T) \cdot K_{\text{вз}}, \text{ кг},$$

где  $m_{\text{п}}$  – масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг;

$q$  – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$T$  – время отключения, следует принимать равным:

– времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование его элементов;

– 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование его элементов;

– 300 с – при ручном отключении;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. В отсутствие экспериментальных сведений о величине  $K_{\text{п}}$  полагать:

– для пылей с дисперсионностью 350 мкм и более –  $K_{\text{п}} = 0,5$ ;

– для пылей с дисперсионностью менее 350 мкм –  $K_{\text{п}} = 1$ .

Величина принимается исходя из данных, представленных в ТКП 474–2013.

Масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии определяется по формуле

$$m_{\text{п}} = \frac{K_r}{K_y} \cdot (m_1 + m_2), \text{ кг},$$

где  $K_r$  – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

$m_1$  – масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг;

$m_2$  – масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг;

$K_y$  – коэффициент эффективности пылеуборки. Принимается при ручной пылеуборке: сухой – 0,6, влажной – 0,7; при механизированной вакуумной уборке: пол ровный – 0,9, пол с выбоинами (до 5 % площади) – 0,7.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих уборок (ежедневно, ежесуточно и др.).

Масса пыли  $m_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), оседающей на различных поверхностях в помещении за междуборочный период, определяется по формуле

$$m_i = M_i \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta_i \quad (i = 1, 2), \text{ кг},$$

где  $M_i = \sum_j M_{1j}$  – масса пыли, выделяющаяся в объеме помещения

за  $j$ -й период времени между генеральными пылеуборками, кг;

$M_{1j}$  – масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

$M_2 = \sum_j M_{2j}$  – масса пыли, выделяющаяся в объеме помещения за

$j$ -й период времени между текущими пылеуборками, кг;

$M_{2j}$  – масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

$\alpha$  – доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляционными системами.

В отсутствие экспериментальных сведений о величине  $\alpha$  полагают  $\alpha = 0$ ;  $\beta_1, \beta_2$  – доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ( $\beta_1 + \beta_2 = 1$ ).

При отсутствии сведений о величине коэффициентов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  допускается полагать  $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$ .

Величина  $M_i$  ( $i = 1, 2$ ) может быть также определена экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_j (G_{ij} \cdot F_{ij}) \cdot \tau_i \quad (i = 1, 2),$$

где  $G_{1j}, G_{2j}$  – интенсивность пылеотложения соответственно на труднодоступных  $F_{1j}$  ( $\text{м}^2$ ) и доступных  $F_{2j}$  ( $\text{м}^2$ ) площадях,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\tau_1, \tau_2$  – промежуток времени соответственно между генеральными и текущими пылеуборками, с.

### 5.18. Выбор величины противопожарных разрывов между производственными и вспомогательными зданиями, ширины эвакуационного выхода, времени, необходимого для эвакуации людей из производственных зданий

Для предупреждения распространения пожара с одного здания на другое между ними предусматриваются пожарные разрывы. При определении размеров противопожарных разрывов учитывают степень огнестойкости зданий.

Регулируемые нормами величины противопожарных разрывов между производственным и вспомогательным зданиями приведены в табл. 5.39.

Таблица 5.39

Величины противопожарных разрывов между производственным и вспомогательным зданиями

Степень стойкости одного здания или сооружения	Пожарные разрывы, м, при степени огнестойкости другого здания		
	I и II	III	IV и V
I	2	3	4
I и II	9	9	12
III	9	12	15
IV и V	12	15	18

Количество эвакуационных выходов из производственного здания или сооружения должно быть не менее двух. Эвакуационные выходы располагают рассредоточенно. Минимальное расстояние  $L$  между наиболее удаленными один от другого эвакуационными выходами из помещения определяют по формуле

$$L \geq 1,5\sqrt{P}, \text{ м,}$$

где  $P$  – периметр помещения, м.

Предельно допустимое расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода регламентировано в зависимости от степени огнестойкости здания и класса функциональной пожарной опасности, категории помещения по взрыво-

пожарной и пожарной опасности, численности эвакуируемых, геометрических параметров помещений, эвакуационных путей [100].

Двери на путях эвакуации должны открываться по направлению выхода из здания.

Лифты, эскалаторы и другие механические средства транспортирования людей, в том числе и пожарные лифты, не учитывают при проектировании путей эвакуации.

Эвакуационные выходы наружу допускается предусматривать через тепловые тамбуры.

Таблица 5.40

Расстояние до эвакуационного выхода  
в производственных зданиях

Класс зданий по функциональной пожарной опасности	Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	Степень огнестойкости здания	Расстояние по коридору, м, до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку при плотности людского потока в коридоре, чел/м <sup>2</sup>				
			до 2	свыше 2 до 3	свыше 3 до 4	свыше 4 до 5	свыше 5
Ф 5.4	Не имеет категории	I	60/30	55/27	45/22	35/17	—
		II, III	55/27	50/25	40/20	30/15	—
		IV	50/25	45/22	35/17	25/12	—
		V, VI	40/20	35/17	30/15	25/12	—
		VII	35/17	30/15	25/12	20/10	—
		VIII	30/15	25/12	20/10	15/17	—
Ф 5 (кроме Ф 5.4)	А, Б	I	60/30	50/25	40/20	35/17	—
		II, III	60/30	50/25	40/20	35/17	—
		IV	55/27	45/22	35/17	30/15	—
		V, VI	50/25	40/20	30/15	25/10	—
		VII	40/20	35/17	30/15	25/10	—
	В1	I	100/30	85/25	65/20	60/15	—
		II, III	90/30	80/25	60/20	55/15	—
		IV	80/25	70/22	55/17	50/12	—
		V, VI	70/22	60/20	50/15	45/10	—
		VII	60/20	50/15	45/12	40/10	—
VIII	50/15	45/10	40/10	35/8	—		

Класс зданий по функциональной пожарной опасности	Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	Степень огнестойкости здания	Расстояние по коридору, м, до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку при плотности людского потока в коридоре, чел/м <sup>2</sup>				
			до 2	свыше 2 до 3	свыше 3 до 4	свыше 4 до 5	свыше 5
	В2	I	110/30	90/25	70/20	62/15	–
		II, III	100/30	95/25	65/20	57/15	–
		IV	90/25	80/22	60/17	52/12	–
		V, VI	80/22	70/20	55/15	47/10	–
		VII	70/20	60/15	50/12	42/10	–
		VIII	55/15	50/10	40/10	35/8	–
	В3, В4	I	120/30	95/25	80/20	65/15	–
		II, III	110/30	90/25	75/20	60/15	–
		IV	100/25	85/22	70/17	55/12	–
		V, VI	90/22	75/20	60/15	50/10	–
		VII	80/20	65/15	55/12	45/10	–
		VIII	60/15	50/10	45/10	35/8	–
	Г1, Г2, Д	I	180/60	140/50	120/40	100/30	–
		II, III	170/55	130/50	110/40	90/30	–
IV		160/50	120/45	100/35	80/25	–	
V, VI		140/40	100/35	80/25	60/20	–	
VII		125/30	100/25	85/20	70/15	–	
VIII		90/20	70/15	60/15	50/10	–	

В помещениях с наличием постоянных рабочих мест свыше 5 запрещается устройство на окнах глухих решеток. Требования по ограничению распространения пожара в зданиях и сооружениях установлены в ТКП 45–2.02–92–2007 «Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования» [101], ТКП 45–2.02–279–2013 «Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы. Правила проектирования» [102], ТКП 45–2.02–38–2006 «Конструкции легкосбрасываемые. Правила расчета» [103].

**Величина необходимого времени эвакуации людей  
из производственных зданий и сооружений [104]**

Категория производства	Необходимое время эвакуации, мин, при объеме помещения, тыс. м <sup>2</sup>				
	до 15	30	40	50	60 и более
А, Б	0,50	0,75	1	1,50	1,75
В	1,25	2	2	2,50	3
Г, Д	не ограничивается				

**5.19. Методика расчета фактического времени  
эвакуации людей из производственного здания**

При проектировании и строительстве промышленных зданий согласно ТКП 45–2.02–279–2013 «Здания и сооружения. Эвакуация людей при пожаре. Строительные нормы проектирования» [105] и ТКП 45–2.02–22–2006 «Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы. Правила проектирования» [106] предусматривают эвакуационные пути и выходы на случай возникновения пожара.

Пути эвакуации следует устанавливать исходя из условия обеспечения безопасности людей с учетом количества эвакуируемых, степени огнестойкости и класса здания по функциональной пожарной опасности, количества эвакуационных выходов с этажа и из здания в целом, а также технических средств противопожарной защиты.

Выходы являются эвакуационными, если они ведут из помещений:

- первого этажа – наружу непосредственно, через коридор, вестибюль (фойе), коридор и вестибюль, коридор и лестничную клетку;
- любого надземного этажа (кроме первого) – непосредственно на лестничную клетку или в коридор (холл), ведущий на лестничную клетку; при этом лестничные клетки должны иметь выход наружу непосредственно или через вестибюль, отделенный от прилегающих коридоров перегородками с дверями;
- подвального или цокольного этажа – наружу непосредственно, через лестничную клетку или через коридор, ведущий на лестничную клетку, при этом лестничные клетки должны иметь выход наружу непосредственно либо изолированный от вышележащих этажей;

– в соседнее помещение на том же этаже, обеспеченное выходами, указанными выше, за исключением специально оговоренных случаев.

Эвакуационные выходы наружу допускается предусматривать через тепловые тамбуры.

Количество и суммарная ширина эвакуационных выходов определяются в зависимости от максимально возможного числа эвакуирующихся через них людей и предельно допустимого расстояния от наиболее удаленного места их пребывания до ближайшего эвакуационного выхода.

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей [107].

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной  $l_i$  и шириной  $\delta_i$ . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т. п.

При определении расчетного времени длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимаются по проекту. Длина пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряется по длине марша. Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельным участком горизонтального пути, имеющим конечную длину  $l_i$ .

Расчетное время эвакуации людей ( $t_p$ ) следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути  $t_i$  по формуле

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \text{ мин,}$$

где  $t_i$  – время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$  – время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути ( $t_1$ ) вычисляется по формуле

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1}, \text{ мин,}$$

где  $l_1$  – длина первого участка пути, м;

$v_1$  – значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, по табл. 5.42 в зависимости от плотности  $D$ , м/мин.

Плотность людского потока ( $D_1$ ) на первом участке пути вычисляется по формуле

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1}, \text{ чел.} \cdot \text{м}^2, \quad (5.4)$$

где  $N_1$  – число людей на первом участке, чел.;

$f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека, принимаемая равной, м<sup>2</sup>: взрослого в домашней одежде – 0,1; взрослого в зимней одежде – 0,125; подростка – 0,07;

$\delta_1$  – ширина первого участка пути, м.

При этом скорость  $v_1$  движения людского потока на участках пути, следующих после первого, принимается по табл. 5.42 в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, которое вычисляют для всех участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (5.5)$$

где  $\delta_i$ ,  $\delta_{i-1}$  – ширина рассматриваемого  $i$  и предшествующего ему участка пути, м;

$q_i$ ,  $q_{i-1}$  – значение интенсивности движения людского потока по рассматриваемому  $i$  и предшествующему ему участкам пути, м/мин.

Значение интенсивности движения людского потока на первом участке пути ( $q = q_{i-1}$ ) определяется по табл. 5.42 по значению  $D_1$ , установленному по формуле (5.4).

Таблица 5.42

Значения параметров, необходимых для расчета

Плотность потока $D$ , чел./м <sup>2</sup>	Горизонтальный путь		Дверной проем, интенсивность $q$ , м/мин	Лестница вниз		Лестница вверх	
	скорость $v$ , м/мин	интенсивность $q$ , м/мин		скорость $v$ , м/мин	интенсивность $q$ , м/мин	скорость $v$ , м/мин	интенсивность $q$ , м/мин
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,3	47	14,1	16,5	52	16,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,9 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Табличное значение интенсивности движения в дверном проеме при плотности потока 0,9 и более, равное 8,5 м/мин, установлено для дверного проема шириной 1,6 м и более, а при дверном проеме меньшей ширины  $\delta$  интенсивность движения следует определять по формуле

$$q = 2,5 + 3,75 \cdot \delta.$$

Если значение  $q_1$ , определяемое по формуле (5.5), меньше или равно значению  $q_{\max}$ , то время движения по участку пути  $t_i$  в минуту:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i}, \quad (5.6)$$

при этом значении  $q_{\max}$  следует принимать равными, м/мин:

- для горизонтальных путей..... – 16,5;
- для дверных проемов ..... – 19,6;
- для лестницы вниз ..... – 16;
- для лестницы вверх ..... – 11.

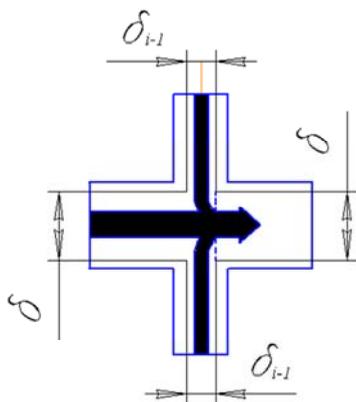


Рис. 5.5. Схема слияния людских потоков при эвакуации

Если значение  $q_1$ , определенное по формуле (5.5), больше, то ширину  $\delta_i$  данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие

$$q_i \leq q_{\max}. \quad (5.7)$$

При невозможности выполнения условия (5.7) интенсивность и скорость движения людского потока по участку пути  $i$  определяются по табл. 5.42 при значении  $D = 0,9$  и более. При этом должно учитываться время задержки движения потоков людей из-за образовавшегося скопления.

При слиянии в начале участка двух и более людских потоков (см. рис. 5.5) интенсивность движения  $q_i$  вычисляется по формуле

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \text{ м/мин,} \quad (5.8)$$

где  $q_{i-1}$  – интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале участка  $i$ , м/мин;

$\delta_{i-1}$  – ширина участков пути слияния, м;

$\delta_i$  – ширина рассматриваемого участка пути, м.

Если значение  $q_i$ , определенное по формуле (5.8), больше, то ширину  $\delta_i$  данного участка пути следует увеличивать на такую величину, чтобы соблюдалось условие (5.7). В этом случае время движения по участку  $i$  определяется по формуле (5.6).

## **5.20. Определение запаса углекислого газа, необходимого для тушения пожара**

*Тушение пожара* представляет собой процесс воздействия сил и средств, а также использование методов и приемов для его ликвидации.

Тушение пожара это активное механическое, физическое или химическое воздействие на зону горения для нарушения ее устойчивости одним из принятых средств пожаротушения.

Устойчивость горения зависит от температуры в зоне химической реакции, которая определяется условиями теплообмена с окружающей средой. Нарушение теплового равновесия и снижение температуры в зоне горения при пожаротушении достигается, как правило, двумя способами: увеличением скорости потерь теплоты или уменьшением скорости выделений теплоты в зоне горения.

Важным компонентом эффективного пожаротушения является правильный выбор способов и средств пожаротушения.

Выбор средств пожаротушения зависит от технологии производства и физико-химических свойств применяемого сырья, полупродуктов и продуктов; от условий, исключающих появление вредных побочных явлений при взаимодействии огнетушащего средства с го-

рящим веществом, а также от условий протекания процесса горения и технических возможностей, используемых для тушения пожара.

При тушении пожаров широкое применение находят такие вещества, как вода, ее пары, а также другие жидкости, газы, порошки некоторых веществ, обладающих наиболее эффективным огнетушащим действием.

*Огнетушащее вещество* – это вещество, обладающее физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения. Огнетушащие вещества могут быть в твердом, жидком или газообразном состоянии.

При выборе вещества для пожаротушения необходимо учитывать его совместимость с горящим материалом, то есть исключить возможность возникновения взрыва, выделений ядовитых, коррозионно-активных и других веществ в зоне пожара.

*Расчет противопожарного водоснабжения.*

Запас углекислого газа  $M$ , необходимого для тушения пожара, определяют по формуле

$$M = 1,1 \cdot K_1 \cdot [K_2 \cdot (A_1 + 30 \cdot A_2) + 0,7 \cdot V], \text{ кг,}$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий вид горючего материала, принимается равным 1–2,25;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий утечку углекислого газа через ограждающие конструкции,  $K_2 = 0,2 \text{ кг/м}^2$ ;

$A_1$  – суммарная площадь ограждающих конструкций,  $\text{м}^2$ ;

$A_2$  – суммарная площадь открытых проемов,  $\text{м}^2$ ;

$V$  – объем помещения,  $\text{м}^3$ .

Необходимое число рабочих баллонов рассчитывают по формуле

$$N = M / m, \text{ шт.,}$$

где  $m$  – количество углекислоты в одном баллоне, кг.

Необходимое количество огнетушащего вещества определим по формуле

$$M_{\text{ог.в-ва}} = V \cdot g_{\text{н}} \cdot K + m_1 \cdot n + m_2 + m_3, \text{ кг,}$$

где  $V$  – объем защищаемого помещения,  $\text{м}^3$ ;

$g_{\text{н}}$  – нормативная огнетушащая концентрация,  $\text{кг/м}^3$ . Для категории А и Б  $g_{\text{н}} = 0,37$ , категории В – 0,22);

$K$  – коэффициент потери хладона (для помещений – 1,2; подвалов – 1,1);

$m_1$  – остаток хладона в баллоне, кг;

$n$  – количество баллонов, шт.;

$m_2$  – остаток хладона в трубопроводе, кг;

$m_3$  – остаток хладона в коллекторе, кг.

Выбор и расчет автоматических стационарных систем пожаротушения.

Таблица 5.43

Характеристика спринклерных и дренчерных установок пожаротушения

Группа помещений	Интенсивность орошения, л/с·м <sup>2</sup> (не менее)		Максимальная площадь, контролируемая одним спринклером, м <sup>2</sup>	Площадь для расчета воды, раствора пенообразователя	Продолжительность работы установок водяного пожаротушения, мин	Максимальное расстояние между спринклерными оросителями, м
	водой	раствором пенообразователя				
1	0,08	–	12	120	30	4
2	0,12	0,08	12	240	60	4
3	0,24	0,12	12	240	60	4
4.1	0,30	0,15	12	360	60	4
4.2	–	0,17	9	360	60	3
5	В зависимости от группы помещений и высоты складирования материалов		9	180	60	3
6	–	–	9	180	60	3
7	–	–	9	180	–	3

Примечание. Продолжительность работы установок пенного пожаротушения с пеной низкой и средней кратности следует принимать:

15 мин – для помещений категорий А, Б, В1 по взрывопожарной опасности согласно СТБ 11.13.04–2009 [108].

10 мин – для помещений категории В2–В4 по пожарной опасности согласно [108].

Таблица 5.44

Группы помещений (производств и технологических процессов) по степени опасности развития пожара

Группа помещений	Перечень характерных помещений, производств, технологических процессов
1	Помещения книгохранилищ, библиотек, ПЭВМ, зданий управления, гостиниц, больниц
2	Помещения деревообрабатывающего, текстильного производства, промывки деталей с применением ЛВЖ и ГЖ, предприятий по обслуживанию автомобилей (категория В3)
3	Помещения для производства резинотехнических изделий
4.1	Окрасочные и сушильные камеры, участки открытой окраски и сушки, краскоприготовительные
4.2	Машинные залы компрессорных станций, гидрирования, бензин, спирты, эфиры и др. ЛВЖ и ГЖ (категория В1)
5	Склады негоряемых материалов в сгораемой упаковке. Склады трудносгораемых материалов
6	Склады твердых сгораемых материалов, в том числе резины, РТИ, каучука, смолы
7	Склады лаков, красок, ЛВЖ, ГЖ

Требуемое давление  $P_{\Gamma}$  у наиболее удаленного от здания пожарного гидранта на период тушения пожара подсчитывают по формуле

$$P_{\Gamma} = (H_{\Gamma} + 30) / 100, \text{ МПа},$$

где  $H_{\Gamma}$  – геометрическая высота наивысшей точки здания от планировочных отметок здания или гидранта, м.

Пожарный запас воды в резервуарах должен определяться из условия обеспечения:

- пожаротушения из пожарных гидрантов и внутренних пожарных кранов;
- работы систем автоматического пожаротушения зданий и сооружений;
- максимальных запасов питьевых, хозяйственных и производственных нужд в сутки, максимального водопотребления на весь период пожаротушения.

При этом неприкосновенный пожарный запас вод  $W^{\text{НЗ}}$  следует определять по формуле

$$W^{\text{НЗ}} = W_{\text{П}}^{\text{НЗ}} - g_{\text{ср}} \cdot T, \text{ м}^3,$$

где  $W_{\text{П}}^{\text{НЗ}}$  – пожарный запас воды в резервуаре,  $\text{м}^3$ ;

$g_{\text{ср}}$  – среднечасовая подача воды от источника водоснабжения,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$T$  – расчетное время пожаротушения, ч.

Запас воды для целей пожаротушения в ваннах водонапорных башен рассчитывают на десятиминутную продолжительность тушения одного наружного и одного внутреннего пожаров здания.

Расчетный запас воды  $Q$  для трехчасового пожаротушения определяется по формуле

$$Q = n \cdot 3 \cdot 3600 / 1000 = 10,8 \cdot n, \text{ м}^3,$$

где  $n$  – секундный расход воды на внутреннее ( $n_1$ ) и наружное ( $n_2$ ) пожаротушение,  $\text{дм}^3/\text{с}$ .

При этом  $n = n_1 + n_2$ ;

3600, 1000 – переходные коэффициенты соответственно часов в секунду и кубических дециметров в кубические метры.

Нормативный расход воды  $n_1 = 5 \text{ дм}^3/\text{с}$ ; а  $n_2$  принимается в зависимости от степени огнестойкости здания, его объема и категории здания по пожаровзрывоопасности.

Таблица 5.45

Расход воды на наружное водоснабжение  
зданий (сооружений) шириной до 60 м

Степень огнестойкости здания	Категория зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, производственных зданий с фонарями и без фонарей шириной до 60 м при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>						
		до 3	от 3 до 5	от 5 до 20	от 20 до 50	от 50 до 200	от 200 до 400	от 400 до 600
I–IV	B4, Г1, Г2, Д	10	10	10	10	15	20	25
I–IV	A, Б, B1–B3	10	10	15	20	30	35	40
V, VI	Г1, Г2, B4, Д	10	10	15	25	35	–	–
V, VI	B1–B3	10	15	20	30	40	–	–
VII, VIII	Г1, Г2, B4, Д	10	15	20	30	–	–	–
VII, VIII	B1–B3	15	20	25	40	–	–	–

Таблица 5.46

Расход воды на наружное водоснабжение  
зданий (сооружений) шириной более 60 м

Степень огнестойкости здания	Категория зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, производственных зданий без фонарей шириной более 60 м при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>								
		до 50	от 50 до 100	от 100 до 200	от 200 до 300	от 300 до 400	от 400 до 500	от 500 до 600	от 600 до 700	от 700 до 800
I–IV	A, Б, B1–B3	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I–IV	B4, Г1, Г2, Д	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Диаметр  $d$  пожарного водопровода при заданной скорости движения в нем воды определяется по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot n}{1000 \cdot \pi \cdot W_B}}, \text{ м,}$$

где  $W_B$  – скорость движения воды, м/с.

Скорость движения воды в трубопроводах противопожарного водопровода допускается принимать от 1,5 до 5,0 м/с [110].

### 5.21. Расчет взрывов пылевоздушной смеси в производственном помещении

В помещениях взрывоопасных объектов (складах топлива, котельных, элеваторах, лакокраски) возможны взрывы и взрывное дефлаграционное горение, то есть горение с дозвуковой скоростью распространения пламени при повышении  $P$  во всем объеме [109].

Избыточное давление взрыва для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, N, Cl, Br, I и других, определяется по формуле

$$\Delta P_{\max} = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{100 \cdot M \cdot z}{C_{\text{СТХ}} \cdot V_{\text{СВ}} \cdot \rho_{\text{П(Г)}} \cdot \Phi}, \text{ кПа,}$$

где  $P_{\max}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической ГВС, ТВС в замкнутом объеме, определяется исходя из справочных данных, кПа. В случае отсутствия данных  $P_{\max}$  принимают равным 900 кПа;

$P_0$  – начальное давление в помещении, кПа ( $P_0 = 101$  кПа);

$M$  – масса ГВС, выделившаяся в помещении в результате аварии, кг;

$Z$  – коэффициент участия горючего вещества во взрыве в помещении. Принимают  $Z = 0,5$  для горючих газов,  $Z = 0,3$  для ЛВД и горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки;

$C_{\text{СТХ}}$  – стехиометрическая концентрация газов или паров, %;

$V_{\text{СВ}}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{П(Г)}}$  – плотность пара (газа) при  $P_0$ , кг/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коэффициент негерметичности помещения и неадиабатичности процесса горения. Принимают  $\varphi = 3$ .

Плотность пара (газа) определяют по формуле

$$\rho_{\text{П(Г)}} = \frac{12,15 \cdot M_{\text{В}}}{t_{\text{В}} + 273}, \text{ кг/м}^3,$$

где  $M_{\text{В}}$  – молярная масса вещества;

$t_{\text{В}}$  – температура воздуха в помещении, °С.

Стехиометрическую концентрацию газов или паров определяют по формуле

$$C_{\text{СТХ}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \text{ \%},$$

где  $\beta$  – стехиометрический коэффициент кислорода в уравнении реакции горения:

$$\beta = n_{\text{С}} + \frac{n_{\text{Н}} - n_{\text{Г}}}{4} - \frac{n_{\text{О}}}{2},$$

где  $n_{\text{С}}$ ,  $n_{\text{Н}}$ ,  $n_{\text{Г}}$ ,  $n_{\text{О}}$  – число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле горючего.

В реальных условиях для оперативных расчетов целесообразно пользоваться соотношением

$$\Delta P_{\text{max}} = \frac{z \cdot M \cdot Q_{\text{Т}} \cdot P_0}{\varphi \cdot \rho_{\text{В}} \cdot V_{\text{СВ}} \cdot T_{\text{О}} \cdot C_{\text{Р}}}, \text{ кПа},$$

где  $Q_{\text{Т}}$  – удельная теплота взрыва ТВС, ПГВС, кДж/кг;

$\varphi$  – коэффициент негерметичности помещения и неадиабатического процесса горения. Принимают  $\varphi = 2-3$ ;

$\rho_{\text{В}}$  – плотность воздуха до взрыва при  $T_{\text{О}}$ , кг/м<sup>3</sup>. Принимают  $\rho_{\text{В}} = 1,2-1,25$  кг/м<sup>3</sup>;

$T_0$  – температура воздуха в помещении до взрыва, К;

$C_p$  – теплоемкость воздуха,  $C_p = 101$  кДж / кг · К.

Для горючих газов с  $z = 0,5$  и  $t = 20$  °С максимальное давление взрыва определяют по формуле

$$\Delta P_{\max} = 14,0 \cdot \frac{M \cdot Q_{\Gamma}}{V_{\text{СВ}} \cdot T_0}, \text{ кПа.}$$

Радиус разброса ГВС, ТВС, ПВС в помещении рассчитывается из соотношения

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V_0}{2 \cdot \pi}}, \text{ м.}$$

В табл. 5.47 приведены характеристики некоторых ГВС и ТВС.

Таблица 5.47

Характеристика некоторых ГВС и ТВС [109]

Вещество	Формула	$Q_{\Gamma}$ , кДж/кг · 10 <sup>-3</sup>	Пределы взрываемости	
			НКП/ВКП, %	НКП/ВКП, кг/м <sup>3</sup>
Аммиак	NH <sub>3</sub>	16,6	15,0/18,0	0,11/0,28
Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	28,6	2,2/13,0	0,052/0,31
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	48,3	2,0/81,0	0,021/0,86
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	40,6	1,4/7,1	0,045/0,23
Бензин	Смесь паров	46,2	1,2/7,0	0,04/0,22
Водород	H <sub>2</sub>	120	4,0/75,0	0,0033/0,062
Метан	CH <sub>4</sub>	50	5,0/15,0	0,033/0,1
Метиловый спирт	CH <sub>3</sub> OH	20,9	5,0/34,7	0,092/0,47
Оксид углерода	CO	13	12,05/74,0	0,14/0,85
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	46,4	2,1/9,5	0,038/0,18
Этилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	47,2	3,0/32,0	0,034/0,37
Этиловый спирт	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	33,8	3,6/19,0	0,068/0,34

Примечание. НКП – нижний концентрационный предел концентрации продукта в воздухе; ВКП – верхний концентрационный предел концентрации продукта в воздухе.

## 5.22. Оценка параметров аварийного взрыва газгольдера со сжатым газом

*Газгольдеры* представляют собой резервуары, предназначенные для приема, хранения и выдачи газов, распределения их по потребителям и т. д. Газгольдеры, предназначенные для хранения горючих газов, относятся к объектам повышенной опасности.

Газгольдеры – сложные инженерные сооружения, снабженные специальными устройствами для регулирования основных параметров хранимых в них газов (количества, давления, температуры, состава и т. п.). В зависимости от рабочего давления газгольдеры подразделяются на два класса:

*I класс* – газгольдеры низкого давления с рабочим давлением до 7 кПа (рис. 5.6, *а–в*). Они характеризуются переменным рабочим объемом, а давление газа в процессе их наполнения или опорожнения остается неизменным;

*II класс* – газгольдеры высокого давления с рабочим давлением 0,07–3,0 МПа и выше (рис. 5.6, *г*). Их геометрический объем остается постоянным, давление при наполнении изменяется в пределах, определяемых параметрами технологического процесса, а также прочностью и надежностью сооружения.

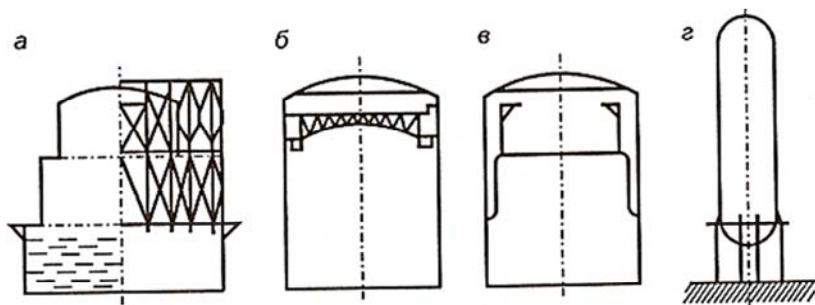


Рис. 5.6. Газгольдеры низкого (*а–в*) и высокого (*г*) давления:

*а* – мокрый с вертикальными направляющими; *б* – сухой поршневого типа; *в* – сухой с гибкой секцией (мембраной); *г* – вертикальный цилиндрический

*Газгольдеры низкого давления* в соответствии с технологически-ми и конструктивными особенностями разделяют на две группы: *мокрые* (с вертикальными направляющими) и *сухие*, которые могут быть поршневого типа и с гибкой секцией (мембраной).

*Мокрые газгольдеры* просты по конструкции, надежны в эксплуатации и менее опасны в случае пожара. Они рассчитываются на максимальное давление 7 кПа. Наибольшее распространение получили газгольдеры объемом 600, 1000, 6000, 10 000, 20 000 м<sup>3</sup>.

*Сухие газгольдеры* – группа газгольдеров низкого давления, предназначена для хранения таких газов, для которых не допускается увлажнение. К ним относятся конструкции поршневого типа, а также газгольдеры с гибкой секцией.

*Изотермические газгольдеры* по принципу работы относятся к газгольдерам высокого давления, хотя их рабочее давление может значительно колебаться (от нескольких единиц до нескольких сотен кПа) и зависит от максимально допустимой температуры хранения продукта в сосуде.

Определяем поверхность сферы газгольдера (шар) [109]:

$$S_{\text{СФ}} = 4 \cdot \pi \cdot r^2, \text{ м}^2,$$

где  $r$  – радиус газгольдера, м.

Объем газгольдера:

$$V = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot r^3, \text{ м}^3.$$

Масса оболочки газгольдера:

$$m = S_{\text{СФ}} \cdot d \cdot \rho_1, \text{ кг},$$

где  $d$  – толщина оболочки газгольдера, мм;

$\rho_1$  – плотность материала, из которого изготовлен газгольдер, кг/м<sup>3</sup>. Для стали принимают равным 7200–7800 кг/м<sup>3</sup>.

Плотность газа при давлении  $P_{\Gamma}$ :

$$P = \Delta P + P_0, \text{ Па};$$

$$\rho = \rho_0 \cdot \left( \frac{P}{P_0} \right) \cdot \frac{1}{\psi}, \text{ кг/м}^3,$$

где  $\rho_0$  – плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\psi$  – показатель адиабаты газа.

Полная масса газа:

$$M = \rho \cdot V, \text{ кг.}$$

Отношение массы сжатого газа к массе металла оболочки:

$$\beta = \frac{M}{m}.$$

Удельная энергия сжатого газа под давлением:

$$Q = \frac{\Delta P}{\rho(\gamma - 1)}, \text{ Дж/кг,}$$

где  $\Delta P$  – разрушающее давление, Па.

Если газ взрывоопасный и находится под давлением, то:

$$Q = Q_T + \frac{\Delta P}{\rho(\gamma - 1)}, \text{ Дж/кг,}$$

где  $Q_T$  – теплота взрыва газа, пара, кДж/кг.

Начальная скорость осколков:

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot Q \cdot \beta}, \text{ м/с.}$$

Тротиловый эквивалент взрыва газгольдера:

$$G = \frac{Q \cdot M}{Q_{\text{ТНТ}}}, \text{ кг,}$$

где  $Q_{\text{ТНТ}}$  – удельная теплота взрыва тротила, кДж/кг.

Принимают  $Q_{\text{ТНТ}} \approx 4,52 \cdot 10^3$  кДж/кг.

Энергия, идущая на ударную волну:

$$G_{\text{у.в.}} = 0,6 \cdot \alpha \cdot G, \text{ кг,}$$

где 0,6 – коэффициент, учитывающий долю энергии, идущей на ударную волну;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий наземность взрыва.

Находим избыточное давление взрыва во фронте ударной волны  $\Delta P_{\Phi}$  и импульс  $I$  на расстоянии  $R = 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150$  м по формулам:

$$I = \Delta P_{\Phi} \cdot \tau,$$

где  $\tau$  – время сжатия ударной волны, с;

$$\Delta P_{\Phi} = 95 \cdot \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 390 \cdot \frac{\sqrt[3]{G_2}}{R_2} + 1300 \cdot \frac{G}{R_3}, \text{ Па,}$$

где  $R$  – расстояние от места взрыва, м;

$$\tau = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[6]{G_{\text{у.в.}}} \cdot \sqrt{R}.$$

Поражающее действие осколков оценивается следующим образом.

Принимаем отношение диаметров осколков  $d_1$  к толщине оболочки  $d$  газгольдера:

$$a = \frac{d_1}{d} = 1; 2,5; 5; 10.$$

Определяем характерный размер осколков:

$$l = \sqrt{d_1^2 + d^2}, \text{ м.}$$

Вычисляем отношение плотности материала оболочки газгольдера  $\rho_1$  к плотности воздуха  $\rho_B$ :

$$\bar{\gamma} = \frac{\rho_1}{\rho_B}.$$

Принимают  $\rho_1 = 7000-7800 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_B = 1,2-1,25 \text{ кг/м}^3$ .

Определяем скорость встречи осколков с мишенью:

$$V = V_0 \cdot \exp\left[\frac{-R}{\bar{\gamma} \cdot l}\right], \text{ м/с.}$$

Определяем среднюю площадь осколков:

$$S = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}, \text{ м}^2.$$

Определяем число осколков при данном дроблении:

$$n = \frac{S_{\text{СФ}}}{S}, \text{ шт.}$$

Рассчитываем среднюю массу осколков:

$$m_{\text{СР}} = \frac{m}{n}, \text{ кг.}$$

Определяем предельную толщину стальной преграды, пробиваемой осколками, с вероятностью 50 %:

$$h^* = 0,138 \cdot d_1 \cdot \rho_1 \cdot \frac{V}{\sqrt{\sigma_2 \cdot \rho_2}}, \text{ м,}$$

где  $\sigma_2$  – динамический предел текучести преграды, Па;

$\rho_2$  – плотность преграды,  $\text{кг/м}^3$ .

### 5.23. Определение экономической эффективности противопожарных мероприятий

Экономическая оценка эффективности системы обеспечения пожарной безопасности (ОПБ) и их элементов проводится на основании анализа воздействия указанных систем и их элементов на показатели, характеризующие результаты функционирования самих защищаемых объектов, то есть по конечному вкладу, обеспечивающему пожарную безопасность системы в результате основной деятельности объектов.

Экономическая оценка эффективности затрат на обеспечение пожарной безопасности народнохозяйственных объектов является обязательной при технико-экономическом обосновании мероприятий, направленных на повышение пожарной безопасности. Расчеты экономического эффекта могут использоваться при определении цен на научно-техническую продукцию, предназначенную для обеспечения пожарной безопасности, а также для обоснования мероприятий, предусматривающих обеспечение пожарной безопасности при формировании планов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и включении в планы экономического и социального развития объекта защиты.

Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности определяется как социальными, так и экономическими показателями. Первый из них позволяет оценить соответствие фактического положения установленному социальному нормативу, второй – достигаемый экономический результат [107].

Экономический эффект является основным обобщаемым показателем эффективности мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. На всех этапах реализации противопожарных мероприятий (разработка, производство, использование) экономический эффект отражает превышение стоимости оценок конечных результатов экономических мероприятий за расчетный период. Экономический эффект за расчетный период независимо от направленности мероприятий по ОПБ (разработка, производство, использование новых, совершенствование существующих элементов систем и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности) рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_T = \Pi_{\text{пр } T} - \mathcal{Z}_T \text{ или } \mathcal{E}_T = \sum_{t=t_H}^{t_K} \Pi_{\text{пр } t} \cdot \alpha_{t \text{ пр}} - \sum_{t=t_H}^t \mathcal{Z}_t \cdot \alpha_t,$$

где  $\mathcal{E}_T$  – экономический эффект осуществления мероприятий по ОПБ за расчетный период  $T$ ;

$\Pi_{пр T}$  и  $\Pi_{пр t}$  – стоимостная оценка предотвращенных потерь соответственно за расчетный период  $T$  и в году  $t$  расчетного периода;

$\mathcal{Z}_T$  и  $\mathcal{Z}_t$  – стоимостная оценка затрат на осуществление мероприятий по ОПБ соответственно за расчетный период  $T$  и в году  $t$  расчетного периода;

$\alpha_t$ ,  $\alpha_{tпр}$  – соответственно коэффициенты приведения разновременных затрат и предотвращенных потерь к расчетному году;

$t_n$  – начальный год расчетного периода;

$t_k$  – конечный год расчетного периода;

$t$  – текущий год расчетного периода.

В общем виде величина предотвращенных потерь осуществления как разность между экономическими потерями до и после осуществления мероприятий по ОПБ на охраняемом объекте:

$$\Pi_{пр} = \Pi_1 - \Pi_2,$$

где  $\Pi_{пр}$  – предотвращенные потери, руб.;

$\Pi_1$  – расчетные средние экономические потери от одного пожара на однотипных объектах до осуществления мероприятий по ОПБ;

$\Pi_2$  – расчетные экономические потери от пожара на охраняемом объекте после осуществления мероприятий по ОПБ.

Расчетный ущерб от пожара на охраняемом объекте после осуществления мероприятий определяется по формуле

$$\Pi_2 = Y_2 \cdot Q_2 \cdot K_y,$$

где  $Y_2$  – расчетное значение возможных экономических потерь от пожара после осуществления рассматриваемого мероприятия по ОПБ, руб.;

$Q_2$  – вероятность возникновения пожара на объекте после осуществления мероприятия по ОПБ;

$K_y$  – коэффициент, показывающий долю уничтожаемых ценностей. Рассчитывается по формуле

$$K_y = V_2 / C_{\text{змп}},$$

где  $C_{\text{змп}}$  – стоимостная оценка материальных ценностей на объекте, защищенных рассматриваемым мероприятием по ОПБ.

Затраты на осуществление мероприятий по ОПБ за расчетный период ( $Z_t$ ) включают ассигнования на их создание и использование:

$$Z_t = Z_t^n + Z_t^u,$$

где  $Z_t^n$  – затраты на создание мероприятий по ОПБ;

$Z_t^u$  – затраты при использовании мероприятий по ОПБ (без учета затрат на приобретение созданных элементов мероприятий) за расчетный период.

Затраты на создание (использование) мероприятий по ОПБ рассчитывают по формуле

$$Z_t^{n(u)} = \sum_{t=t_n}^{t_k} Z_t^{n(u)} \cdot \alpha_t = \sum_{t=t_n}^{t_k} (I_t + K_t + L_t) \cdot \alpha_t,$$

где  $Z_t^{n(u)}$  – величина затрат всех ресурсов в году  $t$ ;

$I_t$  – текущие издержки при создании (использовании) мероприятий по ОПБ в году  $t$ ;

$K_t$  – одновременные затраты при создании (использовании) мероприятий в году  $t$ ;

$L_t$  – остаточная стоимость (ликвидационное сальдо) основных фондов, выбывших в году  $t$ . Здесь по содержанию могут быть три различных случая:

а) созданные ранее фонды, которые высвобождаются в году  $t$  за ненадобностью и могут быть до конца своего срока службы эффективно использованы где-то в другом месте (в этом случае в качестве  $L_t$  следует учитывать остаточную стоимость фондов);

б) фонды в конце расчетного периода, отслужившие лишь часть своего срока службы и эффективно функционирующие (в этом случае в качестве  $L_t$  следует учитывать остаточную стоимость фондов);

в) фонды, высвобожденные за ненадобностью в году  $t$ , которые нигде более по своему назначению использованы быть не могут (в этом случае в качестве  $L_t$  следует учитывать ликвидационное сальдо).

Экономический эффект от производства и использования новой пожарной техники долговременного применения с улучшенными качественными характеристиками ( $\mathcal{E}^{\text{пт}}$ ) в руб. определяют по формуле

$$\mathcal{E}^{\text{пт}} = \left[ \begin{aligned} & 3_1^{\text{пт}} \cdot K_3^{\text{пт}} \cdot \frac{P_1^{\text{пт}} + E_{\text{н}}}{P_2^{\text{пт}} + E_{\text{н}}} + \\ & + \frac{(I_1^{\text{пт}} \cdot K_3^{\text{пт}} - I_2^{\text{пт}}) - E_{\text{н}} \cdot (K_2'^{\text{пт}} - K_1'^{\text{пт}})}{P_2^{\text{пт}} + E_{\text{н}}} - 3_2^{\text{пт}} \end{aligned} \right] \cdot A_2^{\text{пт}},$$

где  $3_1^{\text{пт}}$  и  $3_2^{\text{пт}}$  – приведенные затраты на единицу соответственно базовой и новой пожарной техники, руб.;

$K_3^{\text{пт}}$  – коэффициент эквивалентности новой пожарной техники;

$\frac{P_1^{\text{пт}} + E_{\text{н}}}{P_2^{\text{пт}} + E_{\text{н}}}$  – коэффициент учета изменения срока службы новой

пожарной техники по сравнению с базовой;

$P_1^{\text{пт}}$  и  $P_2^{\text{пт}}$  – доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление базовой и новой пожарной техники;

$E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$I_1^{\text{пт}}$  и  $I_2^{\text{пт}}$  – годовые эксплуатационные издержки потребителя при использовании им базовой и новой пожарной техники, руб.;

$K_2'^{\text{пт}}$  и  $K_1'^{\text{пт}}$  – сопутствующие капитальные вложения потребителя при использовании им базовой и новой пожарной техники, руб.;

$A_2^{\text{пт}}$  – годовой объем производства новой пожарной техники в расчетном году, в натуральных единицах.

Экономический эффект от производства и использования новых огнетушащих и огнезащитных веществ ( $\mathcal{E}^{\text{об}}$ ) в руб. вычисляются по формуле

$$\mathcal{E}^{\text{об}} = \left[ \mathcal{Z}_1^{\text{об}} \cdot K_3^{\text{об}} \cdot \frac{Y_1^{\text{об}}}{Y_2^{\text{об}}} + \frac{(I_1^{\text{об}} \cdot K_3^{\text{об}} - I_2^{\text{об}}) - E_n \cdot (K_2^{\text{об}} - K_1^{\text{об}})}{Y_2^{\text{об}}} - \mathcal{Z}_2^{\text{об}} \right] \cdot A_2^{\text{об}},$$

где  $\mathcal{Z}_1^{\text{об}}$  и  $\mathcal{Z}_2^{\text{об}}$  – приведенные затраты на единицу соответственно базового и нового огнетушащего (огнезащитного) вещества, руб.;

$Y_1^{\text{об}}$  и  $Y_2^{\text{об}}$  – удельный расход соответственно базового и нового огнетушащего (огнезащитного) вещества, кг/м<sup>2</sup>;

$K_3^{\text{об}}$  – коэффициент эквивалентности нового огнетушащего (огнезащитного) вещества;

$I_1^{\text{об}}$  и  $I_2^{\text{об}}$  – годовые эксплуатационные издержки потребителя при использовании им базового и нового огнетушащего вещества, руб.;

$K_2^{\text{об}}$  и  $K_1^{\text{об}}$  – сопутствующие капитальные вложения потребителя при использовании им базового и массового огнетушащего (огнезащитного) вещества, руб.;

$A_2^{\text{об}}$  – годовой объем производства нового огнетушащего (огнезащитного) вещества в расчетном году, кг, м<sup>3</sup>.

Экономический эффект от производства новой продукции или продукции повышенного качества (с более высокой ценой) для удовлетворения нужд населения, а также новой продукции и продукции повышенного качества на основе изобретений и рационализаторских предложений при отсутствии аналога ( $\mathcal{E}^{\text{нп}}$ ) в рублях вычисляются по формуле

$$\mathcal{E}^{\text{нп}} = (\Pi_p^{\text{нп}} - E_n \cdot K^{\text{нп}}) \cdot A_2^{\text{нп}},$$

где  $\Pi_p^{нп}$  – прибыль от реализации единицы новой продукции или прирост прибыли  $(\Pi_{p1}^{нп} - \Pi_{p2}^{нп})$  от реализации единицы продукции повышенного качества;

$\Pi_{p1}^{нп}$  – прибыль от реализации продукции повышенного качества;

$\Pi_{p2}^{нп}$  – прибыль от реализации продукции прежнего качества, (руб.);

$K^{нп}$  – удельные капитальные вложения на производство новой продукции или удельные дополнительные капитальные вложения, связанные с повышением качества продукции, руб.;

$A_2^{нп}$  – годовой объем новой продукции или продукции повышенного качества в расчетном году, шт.

Экономический эффект от внедрения на объекте единичного или комплексного противопожарного мероприятия  $(\mathcal{E}_r^{пм})$  в рублях вычисляются по формуле

$$\mathcal{E}_r^{пм} = \left[ C_{об1} \cdot \frac{P_1^{бпм} + E_n}{P_2^{бпм} + E_n} + \frac{(I_1^{бпм} + I_2^{пм}) - E_n \cdot (K_2^{пм} - K_1^{бпм}) + (\Pi_1^{бпм} - \Pi_2^{бпм})}{P_2^{пм} + E_n} - C_{об2} \right] \cdot A_2^{нп},$$

где  $C_{об1}$  и  $C_{об2}$  – общая стоимость объекта защиты соответственно без и с внедрением противопожарного мероприятия, руб.;

$I_1^{бпм}$  и  $I_2^{пм}$  – годовые эксплуатационные издержки потребителя при функционировании объекта соответственно без и с внедрением противопожарного мероприятия, руб.;

$K_1^{бпм}$  и  $K_2^{пм}$  – сопутствующие капитальные вложения потребителя соответственно без и с внедрением противопожарного мероприятия, руб.;

$\Pi_1^{\text{бпм}}$  и  $\Pi_2^{\text{бпм}}$  – возможные годовые народнохозяйственные потери от пожара на объекте соответственно без и с внедрением противопожарного мероприятия, руб.;

$P_1^{\text{бпм}}$  и  $P_2^{\text{бпм}}$  – доля отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) объекта при вариантах соответственно без и с внедрением противопожарного мероприятия;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;

$A_2^{\text{нп}}$  – объем внедрения (годовой тираж применения проекта или строительства объекта, выпуска изделия).

При

$$P_1^{\text{бпм}} = P_2^{\text{пм}}, I_1^{\text{бпм}} = I_2^{\text{пм}}, K_1^{\text{бпм}} = K_2^{\text{пм}}, C_{\text{об1}} = C_{\text{об2}} - C_{\text{пб}},$$

где  $C_{\text{пб}}$  – затраты на противопожарные мероприятия, эффект равен:

$$\mathcal{E}_{\Gamma}^{\text{пм}} = \left( \Pi_1^{\text{бпм}} - E_n \cdot C_{\text{пб}} \right) \cdot A_2^{\text{нп}}.$$

Экономический эффект от использования пожарно-профилактических мероприятий на защищаемом объекте при отсутствии аналога для сравнения вычисляется ( $\mathcal{E}^{\text{ппм}}$ ) в руб. по формуле

$$\mathcal{E}^{\text{ппм}} = \left( \Pi^{\text{спз}} - E_n \cdot K^{\text{ппм}} \right) \cdot A_2^{\text{нп}},$$

где  $\Pi^{\text{спз}}$  – годовые народнохозяйственные потери при существующей противопожарной защите, руб.;

$K^{\text{ппм}}$  – капитальные вложения на разработку и внедрение пожарно-профилактических мероприятий, руб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Производственные здания. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–3.02–90–2008. – Взамен на территории РБ СНИП 2.09.02–85; введ. 01.11.08. – Минск: Минстройархитектуры, 2008. – 6 с.
2. Челноков, А. А. Охрана труда : учебник для студентов высших учебных заведений по технологическим специальностям / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап; под общей редакцией А. А. Челнокова. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 655 с.
3. Генеральные планы промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–3.01–155–2009. – Введ. 01.01.10 с отменой на территории РБ СНИП II–89–80, СН 441–72. – Минск: Минстройархитектуры, 2009. – 30 с.
4. Минько, В. М. Охрана труда в машиностроении : учебник / В. М. Минько. – Москва: Академия, 2010. – 248 с.
5. Алексеев, В. А. Охрана труда в строительстве. Комментарии к строительным нормам и правилам / В. А. Алексеев, А. Г. Зверев. – Москва: МЦФЭР, 2006. – 528 с.
6. Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы. Правила проектирования : ТКП 45–2.02–22–2006. – Введ. 01.07.06. – Минск: Минстройархитектуры, 2006. – 46 с.
7. Гигиенические требования к проектированию, содержанию и эксплуатации производственных предприятий : СанПиН 2.2.1.13–5–2006. утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 03.04.06 : взамен СанПиН 9–94 РБ 98, СН 245–71, СП 2527–82, СП 2528–82... : введ. 04.07.06 // Гигиена труда. Вып. 2. – Минск, 2008. – С. 3–48.
8. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарные правила и нормы : СанПиН 9–80 РБ 98 // Гигиена труда. Вып. 1 (8). – Минск, 2012. – С. 22–37.
9. Гигиенические требования к условиям труда работников и содержанию производственных предприятий. Взамен: СанПиН 2.2.3.13–49–2005; СанПиН 2.2.3.13–56–2005; СанПиН 9–102 РБ 98; СанПиН 9–99 РБ 98; СанПиН 11–11–94; СанПиН 11–18–94; СанПиН 11–20–94; СанПиН 11–21–94; СанПиН 2.2.1.13–5–2006; СанПиН 2.2.3.13–59–2005. Гигиена труда. Вып. 2 (6). – Минск, 2010. – С. 3–42.

10. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений : СанПиН 2.2.4.548-96. – Москва, 2011. – 14 с.

11. Гигиенические требования к проектированию, строительству, реконструкции и вводу объектов в эксплуатацию : санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы. – Минск: РЦГЭ и ОЗ, 2011. – 5 с.

12. Гигиенические требования к условиям труда женщин : СанПиН 9–72 РБ 98 // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. Ч. VI. – Минск, 1999. – С. 203–243.

13. Межотраслевые общие правила по охране труда [утверждено Министерством труда и социальной защиты Республики Беларусь 03.06.03]. – Минск: Центр охраны труда и промышленной безопасности, 2012. – 67 с.

14. Межотраслевые общие правила по охране труда. – Минск: Центр охраны труда и пром. безопасности, 2007. – 125 с.

15. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности : ГОСТ 12.1.007–76. – Введ. 01.01.77. – Москва, 2009. – 5 с.

16. Перечень аварийно опасных химических соединений (сильнодействующих ядовитых веществ): введ. 01.01.96 до 01.01.99 : СанПиН 12–32–95. // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. Ч. III. – Минск, 1997. – С. 35–44.

17. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ: санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы. – Минск: РЦГЭ и ОЗ, 2009. – 146 с.

18. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ: санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы: введ. 01.07.09. – Минск: РЦГЭ и ОЗ, 2009. – 146 с.

19. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : ГОСТ 12.1.005–88. – Взамен ГОСТ 12.1.005–76; введ. 01.01.89. – Москва, 2009. – 76 с.

20. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: ГН 2.2.5.12–32–РБ 2003: Доп. 3 к Прил.1 СанПиН 11–19–94: Введ. 01.07.04 // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. Ч. XIII. – Минск, 2004. – С.197–209.

21. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка : ГОСТ 12.4.034–2001. – Введ. 01.01.03 // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 5 с.
22. Лазаренков, А. М. Охрана труда в машиностроении : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по машиностроительным специальностям / А. М. Лазаренков, Б. М. Данилко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 287 с.
23. Охрана труда : пособие / Г. А. Вершина [и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. нац. техн. ун-т, Кафедра «Охрана труда». – Минск: БНТУ, 2010. – 397 с.
24. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация : ГОСТ 12.4.011–89. – Переизд. июнь 2011. – Взамен 12.4.011–87; введ. РБ 17.12.92. – Минск: БелГИСС, 2011. – 7 с.
25. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03 : взамен на территории РБ СНиП 2.04.05–91: введ. 01.01.05. – Минск: Минстройархитектуры, 2004. – 78 с.
26. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : учебное пособие / В. И. Полушкин [и др.] Ч.1, Теоретические основы создания микроклимата в помещении. – Санкт-Петербург: Профессия, 2002. – 176 с.
27. Сибикин, Ю. Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по специальности 140102 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование» / Ю. Д. Сибикин. – 6-е изд., стер. – Москва: Академия, 2009. – 303 с.
28. ТКП 45-2.04-153–2009. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Введ. 01.01.10 с отменой СНБ 2.04.05-98. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 100 с.
29. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10–32–2002. Изменения и дополнения в Санитарные правила и нормы 2.2.4/2.1.8.10–32–2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»: Взамен «Методических указаний для органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы по контролю за выполнением «Санитарных норм допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки № 3077–84» // Гигиена труда. Вып. 1. – Минск, 2008. – С. 69–74.

30. Шум. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.1.003–83. – Введ. 01.07.84 до 01.07.89. – (Система стандартов безопасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 11 с.

31. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : СН 2.2.4/2.1.8.562–96. – Москва, 2011. – 15 с.

32. Шум. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.1.003–83. – Введ. 01.07.84 до 01.07.89. – (Система стандартов безопасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 11 с.

33. Лампы электрические. Требования безопасности : ГОСТ 12.2.007.13–2000. – Переизд. февраль 2011. – Взамен ГОСТ 12.2.007.13–88; введ. РБ 01.01.02. – Минск: БелГИСС, 2011. – 11 с.

34. Вибрационная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.012–2004. – Взамен ГОСТ 12.1.012–90; введ. РБ 01.08.09. – (Система стандартов безопасности труда) // Система стандартов безопасности труда. Ч. 6. – Минск, 2010. – С. 5–24.

35. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.4/2.1.8.10–33–2002 : взамен СН 9–89 РБ 98, СН 9–90 РБ 98, СН 11–01–92 // Гигиена труда. Вып. 1 (8). – Минск, 2012. – С. 38–57.

36. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий : СН 2.2.4/2.1.8.566–96 : взамен СанПиН 3041–84, СН 3044–84, СН 1304–75. – Москва: Минздрав России, 2000. – 30 с.

37. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление : ГОСТ 12.1.030–81. – Переизд. июль 2011 с Изм. 1, Попр. (ИУС. 1987. № 7; ИУС. 1983. № 10). – Введ. РБ 17.12.92. – Минск: БелГИСС, 2011. – 9 с.

38. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – Москва: Издательство МЭИМ, 2004. – 57 с.

39. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, электронно-вычислительным машинам и организации работы : СанПиН 9–131 РБ 2000 // Гигиена труда. Вып. 1. — Минск, 2008. – С. 19–55.

40. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, электронно-вычислительным машинам и организации работы : СанПиН 9–131 РБ 2000 // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. Ч.VIII. – Минск, 2003. – С.40–73.

41. Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях. Взамен: СанПиН 2.2.4.11–25–2003; СанПиН 11–16–94; СанПиН 11–16–94; СН 9–85 РБ 98; СанПиН 2.2.4.13–3–2006 // Гигиена труда. Вып. 2 (6). – Минск, 2010. – С. 58–79.

42. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования : ГОСТ 12.2.032–78. – Переизд. июль 2011. – Введ. РБ 17.12.92. – Минск: БелГИСС, 2011. – 7 с.

43. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования : ГОСТ 12.2.033–78. – Переизд. ноябрь 2011. – Введ. РБ 17.12.92. – Минск: Госстандарт, 2011. – 6 с.

44. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам : ГОСТ 12.2.061–81. – Переизд. нояб. 2001. – Введ. 01.07.82. – (Система стандартов безопасности труда) // Система стандартов безопасности труда. – Москва, 2002. – С. 42–43.

45. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – [4-е изд.]. – Минск: Центр охраны труда и промышленной безопасности, 2011. – 223 с.

46. Сокол, Т. С. Охрана труда : учебное пособие / Т. С. Сокол ; под общ. ред. Н. В. Овчинниковой. – Минск: Дизайн ПРО, 2005. – 303 с.

47. Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.064–81. – Переизд. нояб. 2001. – Введ. 01.07.82. – (Система стандартов безопасности труда) // Система стандартов безопасности труда. – Москва, 2002. – С. 51–53.

48. Работы окрасочные. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.3.005–75. – Изд. с Изм. 1,2,3 (ИУС. 1983. N3; ИУС. 1984. № 3; ИУС. 1990. N8). – Введ. 01.07.76. – Москва: ГУП ЦПП, 2003. – 15 с.

49. Обработка металлов резанием. Требования безопасности : ГОСТ 12.3.025–80. – Изд. март 2001 с Изм. 1 (ИУС. 1989. № 6). – Введ. 01.07.82. – (Система стандартов безопасности труда) // Система стандартов безопасности труда. – Москва, 2001. – С. 59–71.

50. Цвета сигнальные и знаки безопасности : ГОСТ 12.4.026–76. – Переизд. апр. 1987 с Изм. 1, 2 (ИУС. 1980. №12; ИУС. 1986. №10). – Взамен ГОСТ 15548–70; Введ. 01.01.78. – Москва: Изд-во стандартов, 1987. – 32 с.

51. Органы управления производственным оборудованием. Обозначения : ГОСТ 12.4.040–78. – Изд. июль 2001 с Изм. 1 (ИУС. 1982. № 10). – Введ. 01.01.79. – (Система стандартов безопасности труда) // Система стандартов безопасности труда. – Москва, 2001. – С. 9–19.

52. Аринин, И. Н. Техническая эксплуатация автомобилей : учебное пособие для вузов / И. Н. Аринин, С. И. Коновалов, Ю. В. Баженов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 314 с.

53. Коваленко, Н. А. Техническая эксплуатация автомобилей : учебное пособие / Н. А. Коваленко, В. П. Лобах, Н. В. Вепринцев. – Минск: Новое знание, 2008. – 351 с.

54. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация : ГОСТ 12.0.003–74. – Переизд. сентябрь 1999 с Изм. 1 (ИУС. 1978. № 11). – Введ. 01.01.76. – (Система стандартов безопасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 3 с.

55. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.009–99. – Переизд. март 2011 с Изм. 1 РБ, Попр. (ИУ ТНПА. 2005. № 1; ИУ ТНПА. 2008. № 2). – Взамен ГОСТ 12.2.009–80; введ. РБ 01.04.01. – Минск: БелГИСС, 2011. – 32 с.

56. Работы электросварочные. Требования безопасности : ГОСТ 12.3.003–86. – Изд. октябрь 2000 с Изм. 1 (ИУС. 1989. № 8). – Взамен ГОСТ 12.3.003–75; введ. 01.01.88. – (Система стандартов безопасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 9 с.

57. Термическая обработка металлов. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.3.004–75. – Изд. октябрь 2000 с Изм. 1 (ИУС. 1982. № 12). – Введ. 01.07.76. – (Система стандартов безопасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 5 с.

58. Производство покрытий металлических и неметаллических неорганических. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.3.008–75. – Переизд. октябрь 2000. – Введ. 01.07.76. – (Система стандартов без-

опасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 13 с.

59. Газопламенная обработка металлов. Требования безопасности : ГОСТ 12.3.036–84. – Переизд. июнь 2011 с Изм. 1 (ИУС. 1990. № 8). – Введ. РБ 17.12.92. – Минск: БелГИСС, 2011. – 7 с.

60. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения : ТКП 248–2010. – Введ. 01.07.10. – Минск: Транстехника, 2012. – 42 с.

61. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. – 2-е изд. – Минск: ДИЭКОС, 2007. – 201 с.

62. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь. Общие правила пожарной безопасности Республики Беларусь для промышленных предприятий : ППБ РБ 1.01–94. – 6-е изд., с изм. и доп. – Минск: НИИ ПБ и ПЧС МЧС РБ, 2011. – 64 с.

63. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь для объектов хранения, транспортирования и отпуска нефтепродуктов: введ. : ППБ 2.11–2010. 01.03.11. – Минск: НИИ ПБ и ПЧС МЧС РБ, 2011. – 90 с.

64. Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : НПБ 5–2005 : взамен НПБ 5-2000: введ. 01.07.06 (с отменой на территории РБ ОНТП 24-86). – 5-е изд., с изм. и доп. – Минск: НИИ ПБ и ПЧС МЧС РБ, 2011. – 42 с.

65. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь для предприятий и организаций, осуществляющих эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств : ППБ 2.06–2000. – 5-е изд., с изм. и доп. – Минск: НИИ ПБ и ПЧС МЧС РБ, 2011. – 55 с.

66. Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации : ТКП 45–2.02–142–2011. – Введ. 01.12.11 (с отменой СНБ 2.02.01–98). – Минск: Минстройархитектуры, 2011. – 17 с.

67. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения : ГОСТ 12.1.044–89. – Взамен ГОСТ 12.1.044–84; введ. 01.01.91. – (Система стандартов безопасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 110 с.

68. Эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре : СНБ 2.02.02–01 : Взамен СНиП 2.01.02–85\* в части требований по эвакуации людей из зданий и сооружений при пожаре. – Введ. 01.01.02. – Минск: Минстройархитектуры, 2002. – 29 с.

69. Противодымная защита зданий и сооружений при пожаре. Системы вентиляции. Строительные нормы и правила проектирования : ТКП 45–4.02–273–2012. – Минск: Госстандарт, 2013. – 69 с.

70. Техническое обслуживание и ремонт транспортных средств. Общие требования безопасности : СТБ 960–2011. – Взамен СТБ 960–94; введ. 01.07.11. – Минск: БелГИСС, 2011. – 25 с.

71. Правила разработки проектов производства работ на монтаж пожарной автоматики : ТКП 363–2011. – Введ. 01.03.2012. – Минск: МЧС РБ, 2012. – 21 с.

72. Устаноўкі пажаратушэння аўтаматычныя. Сістэмы пажарнай сігналізацыі. Парадак распрацоўкі задання на праектаванне : ТКП 340–2011. – Введ. 01.01.12 (с отменой РД 25.952-90). – Минск: МЧС РБ, 2011. – 13 с.

73. Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Организация и порядок проведения работ : ТКП 316–2011. – Введ. 01.09.11 (с отменой на территории РБ РД 25 964–90, ОСТ 25 992-82). – Минск: МЧС РБ, 2011. – 32 с.

74. Автозаправочные станции. Пожарная безопасность. Нормы проектирования и правила устройства : ТКП 253–2010. – Введ. 01.01.11 (с отменой НПБ 38–2003). – Минск: НИИ ПБ и ПЧС МЧС РБ, 2010. – 29 с.

75. Пожарная безопасность. Электропроводка и аппараты защиты внутри зданий. Правила устройства и монтажа : ТКП 121–2008. – Введ. 01.05.08. – Минск: М-во по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 2011. – 14 с.

76. Системы пожарной сигнализации. Извещатели пожарные тепловые. Общие технические требования. Методы контроля : СТБ 2218–2011. – Переизд. октябрь 2011 с Изм. 1, 2 (ИУС. 1989. № 3; ИУС. 1991. № 3). – Введ. 01.01.12 (с отменой НПБ 103–2005). – Минск: Госстандарт, 2011. – 18 с.

77. Пожарная техника. Огнетушители. Требования к выбору и эксплуатации : ТКП 295–2011. – Взамен НПБ 28-2001; введ. 01.07.11. – Минск: МЧС РБ, 2011. – 16 с.

78. Противопожарное водоснабжение. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–2.02–138–2009. – Введен 01.09.09 с отменой СНБ 4.01.02–03. – Минск: Минстройархитектуры, 2009. – 28 с.

79. Системы внутреннего и наружного противопожарного водоснабжения. Правила проектирования и устройства : ТКП 45–2.02–139–2010. – Введ. 01.01.11. – Минск: Минстройархитектуры, 2011. – 44 с.

80. Гигиеническая классификация условий труда : санитарные нормы и правила: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 28.12.2012 № 211; Введ. с отменой СанПиН и ГН 13–2–2007 «Гигиеническая классификация условий труда» // Гигиена труда. Вып. 13. – Минск, 2013. – С. 4–56.

81. Инструкция 2.2.7.11–11–200–2003 «Гигиеническая оценка характера трудовой деятельности по показателям тяжести и напряженности труда», утвержденной постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 12 декабря 2003 г. № 165.

82. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда) : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. – Москва : Высшая школа, 1999. – 318 с.

83. Раздорожный, А. А. Безопасность производственной деятельности : учебное пособие / А. А. Раздорожный. – Москва: ИНФРА-М, 2003. – 208 с.

84. Пожарная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.004–91. – Взамен ГОСТ 12.1.004–85; Введ. 01.07.92. – (Система стандартов безопасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 109 с.

85. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : ТКП 474–2013. – Введ. 15.04.13 (с отменой НПБ 5–2005) // Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Здания. Строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации. – Минск, 2013. – С. 6–87.

86. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ : санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 31.12.2008

№ 240: Взамен СанПиН 11–19–94, ГН «Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) сополимера полиэтилентерефталата, дигликольизофталата и модификатора МБА–100 в воздухе рабочей зоны» № 24 от 26.10.07, ГН «Предельно допустимая концентрация органической мучной пыли в воздухе рабочей зоны» № 197 от 18.11.08: введ 01.07.09. – Минск: РЦГЭ и ОЗ, 2009. – 146 с.

87. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : ГОСТ 12.1.005–88. – Взамен ГОСТ 12.1.005–76; введ. 01.01.89. – (Система стандартов безопасности труда) // Охрана труда. Типовые инструкции и правила. – Москва, 2009. – 76 с.

88. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Г. В. Бектобеков [и др.]; под общ. ред. О. Н. Русака. – Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 541 с.

89. Показатели микроклимата производственных и офисных помещений : гигиенический норматив: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 30.04.2013 № 33 (8/27576, 03.06.2013) – Введен в действие с отменой СанПиН 9–80 РБ 98 с 27.05.2013. – Взамен СанПиН 9–80 РБ 98 // Библиотека инженера по охране труда. – 2013. – № 4. – С. 83–86.

90. Лазаренков, А. М. Охрана труда : учебно-методическое пособие для практических занятий / А. М. Лазаренков, И. Н. Ушакова. – Минск: БНТУ, 2011. – 203 с.

91. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–2.04–153–2009. – Введ. 01.01.10 с отменой СНБ 2.04.05–98. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 100 с.

92. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» : утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 16.11.2011 № 115.

93. Защита от шума. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–2.04–154–2009. – Введ. 01.01.10 с отменой на территории РБ СНиП 11–12–77. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 39 с.

94. Справочник проектировщика. Защита от шума / Е. Я. Юдин [и др.]; под ред. Е. Я. Юдина. – Москва: Стройиздат, 1974. – 134 с.

95. Охрана труда в машиностроении : учебник для вузов / под ред. Е. Я. Юдина и С. В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1983. – 432 с.

96. Шум. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.1.003–83. – Переизд. нояб. 2008 с Изм. 1 (ИУС. 1989. № 3). – Взамен ГОСТ 12.1.003–76; введ. 01.07.84. – (Система стандартов безопасности труда) // Система стандартов безопасности труда. Ч. 1. – Минск, 2008. – С. 56–65.

97. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий : СанПиН 2.2.4/2.1.8.10–33–2002 : санитарные правила и нормы : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 31.12.02: взамен СН 9–89 РБ 98, СН 9–90 РБ 98, СН 11–01–92 // Гигиена труда. Вып. 1 (8). – Минск, 2012. – С. 38–57.

98. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление : ГОСТ 12.1.030–81. – Переизд. июль 2011 с Изм. 1, Попр. (ИУС. 1987. № 7; ИУС. 1983. № 10). – Введ. РБ 17.12.92. – Минск: БелГИСС, 2011. – 9 с.

99. Зотов, Б. И. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учебник для вузов / Б. И. Зотов, В. И. Курдюмов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: КолосС, 2003. – 432 с.

100. Челноков, А. А. Охрана труда : учебник для студентов высших учебных заведений по технологическим специальностям / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап; под общ. ред. А. А. Челнокова. – 2-е изд., исправленное и дополненное. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 655 с.

101. Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–2.02–92–2007. – Взамен СНБ 2.02.03–03, СНБ 3.02.03–03 в части размещения административных и бытовых помещений в производственных зданиях, СНиП 2.08.02–89 в части устройства дверей с нормируемым пределом огнестойкости в пожароопасных помещениях; введ. 01.07.08. – Минск: Минстройархитектуры, 2008. – 17 с.

102. Здания и сооружения. Эвакуация людей при пожаре. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–2.02–279–2013. – Введ. 01.09.2013 (с отменой на территории РБ СНБ 2.02.02 (кроме разд. 5); ТКП 45–2.02–22–2006 (кроме 6.1.9 и разд. 7) и пункта 1.158 СНиП 2.08.02). – Минск: Минстройархитектуры, 2013. – 28 с.

103. Конструкции легкобрасываемые. Правила расчета : ТКП 45–2.02–38–2006. – Введ. 01.01.07. – Минск: Минстройархитектуры, 2006. – 27 с.

104. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в машиностроении : учебное пособие для вузов / В. Г. Еремин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 2000. – 391 с.

105. Здания и сооружения. Эвакуация людей при пожаре. Строительные нормы проектирования : ТКП 45–2.02–279–2013. – Введ. 01.09.2013 (с отменой на территории РБ СНБ 2.02.02 (кроме разд. 5); ТКП 45–2.02–22–2006 (кроме 6.1.9 и разд. 7) и пункта 1.158 СНиП 2.08.02). – Минск: Минстройархитектуры, 2013. – 28 с.

106. Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы. Правила проектирования : ТКП 45–2.02–22–2006. – Введ. 01.07.06. – Минск: Минстройархитектуры, 2006. – 46 с.

107. Пожарная безопасность в строительстве : учебно-методическое комплекс / сост. и общ. ред. Н. С. Дмитриченко. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – 339 с.

108. Пожарная техника. Огнетушители переносные. Общие технические условия : СТБ 11.13.04–2009. – Введ. 01.09.09 с отменой НПБ 1–2005. – Минск: БелГИСС, 2009. – 38 с.

109. Храмов, Б. А. Промышленная безопасность опасных производственных объектов : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств» / Б. А. Храмов, А. П. Гаевой, И. В. Дивиченко. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 272 с.

110. Сокол, Т. С. Охрана труда : учебное пособие / Т. С. Сокол ; под общ. ред. Н. В. Овчинниковой. – Минск: Дизайн ПРО, 2005. – 303 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

Таблица А.1

Пределы концентрации взрывоопасных веществ  
в воздухе производственных помещений

Наименование веществ	Пределы взрывной концентрации по объему, %		Наименование веществ	Пределы взрывной концентрации по объему, %	
	нижний	верхний		нижний	верхний
Бензин	0,7	6,0	Водород	3,3	81,5
Керосин	1,4	7,5	Пропан	2,2	9,5
Ацетилен	2,2	81,0	Бутан	1,5	8,4
Метан	4,0	15,0			

Таблица А.2

Предельно допустимые концентрации вредных  
веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина предельно допустимой концентрации, мг/м <sup>3</sup>
Азота окислы (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	5
Акролеин	0,2
Бензин топливный (в пересчете на С)	100
Лигроин (в пересчете на С)	300
Свинец и его неорганические соединения	0,1/0,005 (м.р./с.с.)
Спирт этиловый (метанол)	5
Тетраэтилсвинец	0,005
Уайт-спирит (в пересчете на С)	300
Углерода монооксид	20

## Окончание табл. А.2

Наименование вещества	Величина предельно допустимой концентрации, мг/м <sup>3</sup>
Углероды алифатические предельные C <sub>1</sub> –C <sub>10</sub> (в пересчете на С)	300
Щелочи едкие (растворы) (в пересчете на NaOH)	0,5
Серная кислота, серный ангидрид	1
Соляная кислота	5
Пыль смешанного состава с содержанием диоксида кремния:	
– менее 2 %	6,0
– от 2 % до 10 %	4,0
– более 10 %	2,0
Метилмеркаптан	0,8
Этилмеркаптан	1,0
Формальдегид	0,5
Метан	1,0

## Приложение Б

Таблица Б.1

### Нормы освещения производственных помещений и рабочих мест

Помещения и производственные участки	Плоскость нормирова- ния освещенности и ее высота от пола, м	Разряд зри- тель- ной работы	Освещенность, лк	
			при комби- ниро- ванном	при общем освещении
1. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей	Пол	Va	300	200
2. Ежедневное обслуживание автомобилей	B – на машине	VIIIa	–	75
3. Мойка и уборка автомобилей	Пол	VI	–	150
4. Осмотровые канавы	Г – низ машины	VI	–	150
5. Отделения: моторное, агрегатное, электротехническое и приборов питания	Г – 0,8	VIa	750	300
6. Ремонт аккумуляторов	Г – 0,8	VIб	500	200
7. Кузнечное, сварочное, жестяниц- кое, медницкое, краскопригото- вительное и окрасочное отделения	Г – 0,8	VIб	500	200
8. Столярное и обойное отделения	Г – 0,8	Va	300	200
9. Ремонт и монтаж шин	Г – 0,8	Va	300	200
10. Помещения для хранения автомобилей	Пол	VIIIб	–	20
11. Открытые площадки для хранения автомобилей	Пол	XII	–	5
12. Склады	Пол	VIIIa	–	75
13. Вспомогательные здания и санитарно-бытовые помещения	Пол	VIII	–	75
14. Здравпункты, залы собраний, столовые, красные уголки, помещения для отдыха	Г – 0,8	Va	300	200
15. Кабинеты и рабочие комнаты	Г – 0,8	Va	300	200
16. Коридоры, проходы, переходы	Пол	VIIIa	–	50

## Приложение В

Таблица В.1

### Характеристика помещений по электробезопасности

Классификация помещений	Условия, создающие опасность поражения электрическим током
Без повышенной опасности	Отсутствие условий, создающих повышенную опасность или особую опасность
С повышенной опасностью	Сырость или токоведущая пыль; токопроводящие полы; высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, зданиям, технологическим аппаратам, механизмам и тому подобному, с одной стороны, и металлическими корпусами электрооборудования – с другой
Особо опасные	Особая сырость; химически активная или органическая среда; одновременно два или более условий повышенной опасности
Сырые	Относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %
Особо опасные	Относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрытые влагой)
Жаркие	Под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более одних суток) + 35 °С, например помещения с сушилками, котельные и т. д.
Пыльные	По условиям производства выделяется технологическая (особенно токопроводящая) пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. д.
С химически активной или органической средой	Постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования

## Приложение Г

Таблица Г.1

Рекомендуемые сроки испытаний и осмотров средств индивидуальной защиты от поражения электрическим током

Наименование средств индивидуальной защиты	Сроки	
	периодических испытаний	периодических проверок
Перчатки резиновые диэлектрические	Один раз в шесть месяцев	Перед использованием
Боты резиновые диэлектрические	Один раз в три года	Один раз в шесть месяцев
Галоши резиновые диэлектрические	Один раз в год	Один раз в шесть месяцев
Изолирующие штанги, клещи	Один раз в два года	Один раз в год
Измерительные штанги	В сезон измерений один раз в три месяца, но не реже одного раза в год	—
Указатели напряжения	Один раз в год	Один раз в шесть месяцев
Инструмент с изолирующими рукоятками	Один раз в год	Перед использованием

Категории производств и помещений по обслуживанию автомобилей по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 5.2005)

Категория производств	Наименование помещений (участков)	Примечание
А	Окрасочный (малярный), краскоприготовительная	С применением растворителей с температурой вспышки до +28 °С включительно
А	Ремонта приборов системы питания	При испытании приборов с применением жидкостей с температурой вспышки до +28 °С включительно
А	Склад лакокрасочных материалов, склад горюче-смазочных материалов и насосная склада	При хранении растворителей или жидкостей с температурой вспышки до +28 °С включительно
А	Посты ТО и ГР, диагностики, хранения газобаллонных автомобилей, зарядная аккумуляторных стартерных батарей, зарядная электро-транспорта (электрокар, электрогрузчиков и т. д.) склад баллонов горючих газов (пропан-бутановой смеси, ацетилена)	-

Продолжение табл. Д.1

Категория производств	Наименование помещений (участков)	Примечание
Б	Окрасочный (малярный), краскоприготовительная	С применением растворителей с температурой вспышки выше +28 °С до +61 °С включительно
Б	Ремонта приборов системы питания	При испытании приборов с применением жидкостей с температурой вспышки выше +28 °С до +61 °С включительно
Б	Склад лакокрасочных материалов, склад горюче-смазочных материалов	При хранении растворителей и насосов склада или жидкостей с температурой вспышки выше +28 °С до +61 °С включительно
Б	Склад наполненных кислородных баллонов	—
В	Постов ТО и ТР, диагностики, хранения автомобилей, работающих на жидком топливе, деревообрабатывающий, обойный, шиномонтажный, склад шин, кислотная	—
В	Склад смазочных материалов и насосная склада	При хранении жидкостей с температурой вспышки выше +61 °С
Г	Кузнечно-рессорный, сварочный, жестиныцкий, медницко-радиаторный	—

Категория производств	Наименование помещений (участков)	Примечание
Д	Постов мойки и уборки автомобилей, газобаллонных и работающих на жидком топливе, слесарно-механический, агрегатный, ремонта электрооборудования, ремонта аккумуляторов, ремонта таксомоторов, ремонта радиоаппаратуры, ремонта оборудования и инструмента (отдел главного механика), компрессорная	–
Д	Склады несгораемых изделий и материалов	–
Д	Ремонта приборов системы питания	При испытании приборов с применением негорючих жидкостей
Д	Мойки деталей и агрегатов	Не допускается применение горючих и легковоспламеняющихся жидкостей для промывки и обезжиривания деталей и агрегатов
Д	Склады двигателей, прочих агрегатов, запасных частей	Хранение в распакованном виде и несгораемой таре

## Приложения Е

Таблица Е.1

Перечень санитарно-бытовых помещений для работников автомобильного транспорта

Наименование профессий работающих	Группа производственных процессов	Расчетное количество человек		Тип гардеробных, число отделений шкафа на одного работающего. Специальные бытовые помещения и устройства
		на одну душевую сетку	на один кран	
Наименование профессий работающих	Группа производственных процессов	на одну душевую сетку	на один кран	Тип гардеробных, число отделений шкафа на одного работающего. Специальные бытовые помещения и устройства
1. Водитель легкового автомобиля, водитель и кондуктор автобуса; водитель полуприцепа, водитель (пикап-фургон); водитель погрузчика, работающий в отапливаемом помещении; лаборант лаборатории физико-химических испытаний и лаборатории измерений; административно-управленческий персонал; специалист, служащий и вспомогательный рабочий	1а	25	7	Общие гардеробные. Шкафы с одним отделением или крючки на вешалке

Наименование профессий работающих	Группа производственных процессов	Расчетное количество человек		Тип гардеробных, число отделений шкафа на одного работающего. Специальные бытовые помещения и устройства
		на одну душевую сетку	на один кран	
2. Водитель грузового автомобиля, кроме указанных в пунктах 4, 8, 9; слесарь по освидетельствованию баллонов газобаллонных автомобилей; станочник по механической обработке металлов; электрик; штамповщик; прессовщик; жестящик; столяр; плотник; обойщик; комплектовщик; лаборант химической лаборатории; кладовщик склада, работающий в отопляемом помещении (за исключением складов смазочных материалов, лакокрасок и химикатов); раздатчик инструмента; шиномонтажник; грузчик; стропальщик; крановщик, работающие в отопляемых помещениях	16	15	10	Общие гардеробные. Шкафы с одним или двумя отделениями

Продолжение табл. Е.1

Наименование профессий работающих	Группа производственных процессов	Расчетное количество человек		Тип гардеробных, число отделений шкафа на одного работающего. Специальные бытовые помещения и устройства
		на одну душевую сетку	на один кран	
3. Слесарь по ремонту топливной аппаратуры и автомобилей, работающих на неэтилированном бензине (работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту автомобилей, двигателей, агрегатов, смазка автомобилей); слесарь по ремонту оборудования и инструмента; машинист насосной и компрессорной установок; заправщик неэтилированным бензином; наладчик станков; уборщик производственных помещений; уборщик стружки; кладовщик складов смазочных материалов, лакокрасок и химикатов, работающий в отапливаемых помещениях; машинист котельной	Ив	5	20	Шкафы с одним отделением. Раздельные гардеробные. Химчистка или стирка спецодежды

Наименование профессиональных работающих	Группа производственных процессов	Расчетное количество человек		Тип гардеробных, число отделений шкафа на одного работающего. Специальные бытовые помещения и устройства
		на одну душевую сетку	на один кран	
4. Водитель грузового автомобиля для перевозки пылящих материалов	IV	5	20	Раздельные гардеробные. Шкафы с одним отделением. Устройства по обеспыливающую одежду и спецодежду. Химчистка или стирка спецодежды
5. Кузнец-рессорщик, термист, газосварщик (газорезчик), электросварщик, металлург, вулканизаторщик	2Б	3	20	Общие гардеробные. Шкафы с двумя отделениями. Химчистка или стирка спецодежды

Продолжение табл. Е.1

Наименование профессиональных работающих	Группа производственных процессов	Расчетное количество человек		Тип гардеробных, число отделений шкафа на одного работающего. Специальные бытовые помещения и устройства
		на одну душевую сетку	на один кран	
6. Уборщик и мойщик (подвижного состава, агрегатов, узлов и деталей, а также оборудования, моечных и моечно-очистных установок)	2в	5	20	Раздельные гардеробные. Шкафы с одним отделением в каждой гардеробной. Сушки спецодежды и спецодежды. Химчистка или стирка спецодежды
		5	20	Раздельные гардеробные. Шкафы с одним отделением в каждой гардеробной. Помещения для сушки спецодежды и спецодежды. Химчистка или стирка спецодежды
7. Кладовщик складов, размещенных на открытом воздухе и в неотопливаемых помещениях; водитель погрузчика; грузчик; стропальщик и крановщик; работающие на открытом воздухе и в неотопливаемых помещениях; уборщик территории и неотопливаемых помещений	2г	5	20	Раздельные гардеробные. Шкафы с одним отделением в каждой гардеробной. Помещения для сушки спецодежды и спецодежды. Химчистка или стирка спецодежды

Наименование профессий работающих	Группа производственных процессов	Расчетное количество человек		Тип гардеробных, число отделений шкафа на одного работающего. Специальные бытовые помещения и устройства
		на одну душевую сетку	на один кран	
8. Водитель автомобиля, перевозящего различные вещества 1-го и 2-го классов опасности и сильно пахнущих грузов	3а	7	10	Общие гардеробные. Шкафы с одним отделением. Химчистка спецодежды
9. Водитель автомобиля, перевозящего инфицирующие материалы, слесарь по ремонту топливной аппаратуры и автомобилей, работающих на этилированном бензине (работа по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, разборка автомобилей, двигателей агрегатов смазка автомобилей); мойщик (ручная мойка деталей автомобилей, работающих на этилированном бензине), заправщик этилированным бензином очистных сооружений (работы на очистных сооружениях, в насосных станциях по перекачке сточных вод, в реакгентных)	3б	3	10	Раздельные гардеробные. Шкафы с одним отделением в каждой гардеробной. Химчистка одежды. Искусственная вентиляция мест хранения спецодежды

*Примечания:*

1. Водитель грузового автомобиля, непосредственно участвующий в погрузочно-разгрузочных работах, относится к группе производственных процессов в зависимости от характера груза и в соответствии с их санитарной характеристикой, согласно ТКП 45–3.02–209–2010.
2. Группы производственных процессов для специалистов, служащих и вспомогательных рабочих, не указанных в настоящем перечне, устанавливаются аналогично принятым для рабочих основных профессий на данном производственном участке.
3. Группы производственных процессов «2а» не приводятся в таблице, так как на предприятиях автомобильного транспорта не имеется относящихся к ним производственных процессов.
4. При производственных процессах «1а» душевые при соответствующем обосновании не предусматриваются.

# Приложение Ж

Таблица Ж.1

## Окраска и нанесение надписей на баллоны

Наименование газа	Окраска баллонов	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аргон технический	Черная	Аргон технический	Синий	Синий
Аргон сырой	Черная	Аргон сырой	Белый	Белый
Аргон чистый	Серая	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	–
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	–
Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный	–
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	–
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	–
Фреон-22	Алюминиевая	Фреон-22	Черный	две желтые
Этилен	Фиолетовая	Этилен	Красный	–
Углекислота	Черная	Углекислота	Желтый	–
Бутан	Красная	Бутан	Белый	–
Все другие горючие газы	Красная	Наименование газа	Белый	–
Все другие негорючие газы	Черная	Наименование газа	Желтый	–

Учебное издание

**МИРОНОВ** Дмитрий Николаевич  
**КАЛИНИЧЕНКО** Владислав Александрович  
**ЮНУСОВ** Юрий Шарифович

## **ОХРАНА ТРУДА**

Пособие для студентов направлений специальностей 1-36 11 01-04  
«Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины  
и оборудование (управление подразделениями инженерных войск)»,  
1-37 01 04-02 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины  
(эксплуатация и ремонт бронетанкового вооружения и техники)»,  
1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей (военная  
автомобильная техника)», 1-70 02 01-03 «Промышленное  
и гражданское строительство (техническая эксплуатация  
зданий и сооружений)»

Редактор *Ю. В. Ходочинская*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 28.09.2018. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 10,70. Уч.-изд. л. 8,36. Тираж 100. Заказ 385.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.