

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
«ЛУГАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО»**

**Е.И. Верех-Белоусова, А.В. Калайдо,
В.В. Карпов, А.Л. Гузенко**

ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА

*Учебное пособие
для студентов очной и заочной форм обучения всех
направлений подготовки ОПОП бакалавриата
ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный
университет имени Тараса Шевченко»*

**Луганск
2018**

УДК 331.45 (075.8)
ББК 65.246я73
О-75

Рецензенты:

- Зинченко В.О.** – директор Института торговли, обслуживающих технологий и туризма ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», кандидат педагогических наук, доцент;
- Синельникова О.А.** – главный специалист-госинспектор отдела надзора в социально-культурной сфере Госгорпромнадзора ЛНР;
- Якимов А.Н.** – доцент кафедры теоретической и прикладной информатики ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», кандидат технических наук, доцент.

О-75 **Основы охраны труда:** учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения всех направлений подготовки ОПОП бакалавриата ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко» / Е.И. Верех-Белоусова, А.В. Калайдо, В.В. Карпов, А.Л. Гузенко. – Луганск, 2017. – 168 с.

Учебное пособие состоит из двух частей, содержащих основные теоретические сведения по наиболее важным разделам дисциплины, а также рекомендации к практическим занятиям и выполнению самостоятельной работы.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения всех специальностей и направлений подготовки ОПОП бакалавриата ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко».

*Рекомендовано к печати Учебно-методическим советом
Луганского национального университета имени Тараса Шевченко
(протокол № 7 от 26.01.2018 г.)*

УДК 331.45 (075.8)
ББК 65.246я73

©Верех-Белоусова Е.И., Калайдо А.В.,
Карпов В.В., Гузенко А.Л., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
Вопросы курса.....	8
Часть 1. Основы производственной санитарии	
Раздел 1. Исследование параметров микроклимата в производственных и учебных помещениях.....	12
1.1. Метеорологические факторы рабочей зоны.....	12
1.2. Приборы и методы измерения температуры.....	14
1.3. Приборы и методы измерения атмосферного давления.....	16
1.4. Приборы и методы измерения влажности воздуха.....	17
1.5. Приборы и методы измерения скорости ветра.....	19
<i>Самостоятельная работа № 1. Расчет отопления и тепловой завесы производственного помещения.....</i>	20
<i>Практическое занятие № 1. Исследование параметров микроклимата рабочей зоны.....</i>	24
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	26
Раздел 2. Естественное освещение.....	27
2.1. Общие определения.....	27
2.2. Физические характеристики света.....	28
2.3. Типы естественного освещения помещений.....	29
2.4. Гигиенические нормы освещенности рабочих мест.....	30
2.5. Виды расчетов естественного освещения.....	31
<i>Самостоятельная работа № 2. Проверочный расчет естественного освещения производственных помещений.....</i>	32
<i>Практическое занятие № 2. Исследование и оценка качества естественного освещения.....</i>	36
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	39
Раздел 3. Искусственное освещение.....	40
3.1. Классификация искусственного освещения.....	40
3.2. Качественные характеристики искусственного освещения..	41
3.3. Общие сведения о лампах накаливания.....	42
3.4. Газоразрядные лампы искусственного освещения.....	45
3.5. Расчет искусственного освещения.....	47
<i>Самостоятельная работа №3. Расчет искусственного освещения производственного помещения.....</i>	49
<i>Практическое занятие № 3. Исследование и оценка качества искусственного освещения.....</i>	52
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	56
Раздел 4. Шумы и вибрации.....	56
4.1. Классификация шумов.....	56
4.2. Защита от шумов.....	59

4.3. Общие понятия о вибрациях.....	61
4.4. Гигиеническое нормирование вибраций.....	63
4.5. Основы виброзащиты.....	64
<i>Самостоятельная работа № 4. Расчет динамического виброгасителя.....</i>	<i>67</i>
<i>Практическое занятие № 4. Определение уровней шума на рабочем месте.....</i>	<i>71</i>
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>74</i>
<u>Часть 2. Основы пожарной и электрической безопасности</u>	
<i>Раздел 5. Основы пожарной безопасности.....</i>	<i>75</i>
5.1. Общие сведения о процессе горения.....	75
5.2. Классификация помещений и материалов.....	77
5.3. Огнегасящие вещества.....	79
5.4. Средства выявления возгораний.....	82
5.5. Методы пожаротушения.....	86
<i>Самостоятельная работа № 5. Выбор типов и количества средств пожаротушения.....</i>	<i>86</i>
<i>Практическое занятие № 5. Изучение конструкции и принципа действия первичных средств пожаротушения.....</i>	<i>87</i>
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>97</i>
<i>Раздел 6. Основы электробезопасности.....</i>	<i>98</i>
6.1. Физические основы электрической безопасности.....	98
6.2. Общие определения электробезопасности.....	100
6.3. Факторы поражения электрическим током.....	102
6.4. Действие электрического тока на организм.....	105
<i>Самостоятельная работа № 6. Условия поражения электрическим током.....</i>	<i>107</i>
<i>Практическое занятие № 6. Определение удельного сопротивления почвы.....</i>	<i>109</i>
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>114</i>
<i>Раздел 7. Методы и средства защиты от поражения электрическим током.....</i>	<i>114</i>
7.1. Технические средства защиты.....	114
7.2. Электрические средства защиты.....	116
7.3. Методы защиты в аварийных режимах.....	117
7.4. Первая помощь при поражении электрическим током.....	120
7.5. Контакт токопроводящих частей с землей.....	122
<i>Самостоятельная работа № 7. Расчет защитного заземления для электроустановок напряжением до 1000 В.....</i>	<i>126</i>

<i>Практическое занятие № 7. Измерение сопротивления защитного заземления.....</i>	126
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	131
<i>Раздел 8. Защита от ионизирующих излучений.....</i>	131
8.1. Виды ионизирующих излучений.....	131
8.2. Количественные характеристики облучения.....	133
8.3. Санитарные нормы облучения.....	135
8.4. Методы и средства радиационной безопасности.....	136
<i>Самостоятельная работа № 8. Дозиметрия ионизирующих излучений.....</i>	138
<i>Практическое занятие № 8. Приборы и методы радиационного контроля.....</i>	140
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	144
<i>Задания для самоконтроля.....</i>	145
<i>Законодательные и нормативные акты по охране труда.....</i>	152
Список использованной и рекомендованной литературы.....	153
Приложения.....	155

ВВЕДЕНИЕ

Охрана труда – одна из важных социально-экономических проблем современного общества. В Луганской Народной Республике реализуется широкая программа социально-экономических мероприятий, направленных на оздоровление производственной и окружающей среды, улучшение условий труда, быта, отдыха, повышение уровня жизни и здоровья населения. На предприятиях серьезное внимание уделяется созданию необходимых санитарно-гигиенических, морально-психологических, безопасных, здоровых условий труда технологического персонала. Применение в современном производстве сложного оборудования, новых материалов, электрической энергии и газа требует от работников строгого соблюдения и выполнения условий охраны труда.

Основными составляющими охраны труда являются: законодательство в сфере охраны труда, производственная санитария, техника безопасности, электро- и пожарная безопасность, которые тесно связаны между собой. Законодательная база регламентирует вопросы трудового права, санитарно-гигиенические и технические нормы; производственная санитария – проведение на производстве мероприятий, предотвращающих воздействия на работников вредных и опасных факторов; техника безопасности – комплекс мероприятий по обучению персонала безопасным и эффективным методам работы; пожарная безопасность изучает меры предотвращения возникновения пожаров и способы их тушения, а электробезопасность – защиту от поражения электрическим током.

В процессе изучения курса «Основы охраны труда», кроме теоретического материала, студенты приобретают и практические навыки, позволяющие освоить методики оценки параметров микроклимата рабочей зоны, познакомиться с работой измерительных приборов в условиях их реальной эксплуатации.

Учебное пособие «Основы охраны труда» является вспомогательным средством при изучении данной дисциплины, предназначенным для лучшего усвоения вопросов курса. Наименее сложная часть данной дисциплины – правовые и организационные основы охраны труда – в данном пособии не рассматривается, она может быть изучена студентами самостоятельно. Кроме того, в конце пособия приведены ссылки на нормативно-правовую базу ЛНР в сфере охраны труда.

Настоящее учебное пособие преследует две цели: во-первых, – предоставить студентам лекционный материал по вопросам дисциплины, сориентировать их на наиболее важные моменты курса, помочь в подготовке к итоговому контролю; во-вторых, – способствовать овладению студентами не менее важной практической частью курса, помочь в приобретении практических навыков работы с контрольно-измерительными приборами, подготовить их к выполнению заданий самостоятельной работы (СРС) и предоставить всю необходимую информацию в процессе ее выполнения.

Учебное пособие составлено в полном соответствии с действующей программой курса «Основы охраны труда» и состоит из двух частей: «Основы производственной санитарии» и «Основы пожарной и электрической безопасности». В первой части рассматриваются методы анализа и создания необходимых параметров микроклимата рабочей зоны, таких как температура, влажность, скорость движения воздуха, освещенность рабочих мест. Значительное внимание уделено методам и средствам защиты от шумов и вибраций. Вторая часть пособия посвящена вопросам пожарной и электрической безопасности – классификации помещений по степени электрической и пожарной опасности, методам и средствам обнаружения и тушения пожаров, мерам электробезопасности на производстве.

Настоящее пособие является результатом научно-методической деятельности авторов, выполнено в Луганском национальном университете имени Тараса Шевченко сотрудниками кафедры безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты. Все приведенные практические и лабораторные работы апробированы на кафедре БЖД, охраны труда и гражданской защиты.

Авторы будут благодарны читателям, которые пришлют отзывы и пожелания по адресу: г. Луганск, ул. Оборонная 2 а, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», кафедра БЖД, охраны труда и гражданской защиты, Калайдо А.В.

Вопросы курса:

1. Современное состояние охраны труда в ЛНР и за рубежом.
2. Субъекты и объекты охраны труда.
3. Классификация вредных и опасных производственных факторов.
4. Законодательство ЛНР об охране труда.
5. Охрана труда женщин, несовершеннолетних, инвалидов.
6. Ответственность должностных лиц и работников за нарушение законодательства об охране труда.
7. Санитарные и строительные нормы.
8. Стандарты в области охраны труда.
9. Акты по охране труда, действующие в организации, их состав и структура.
10. Финансирование охраны труда.
11. Система государственного управления охраной труда в ЛНР.
12. Органы государственного надзора за охраной труда, их основные полномочия и права.
13. Структура, основные функции и задачи управления охраной труда в организации.
14. Служба охраны труда предприятия, ее структура и численность.
15. Общественный контроль за состоянием охраны труда на предприятии.
16. Права и обязанности работников службы охраны труда.
17. Комиссия по вопросам охраны труда предприятия, ее задачи.
18. Аттестация рабочих мест по условиям труда.
19. Цвета, знаки безопасности и сигнальная разметка.
20. Принципы организации и виды обучения по вопросам охраны труда.
21. Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда работников при приеме на работу.
22. Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда работников в процессе работы.
23. Инструктажи по вопросам охраны труда. Виды инструктажей.
24. Инструктажи по вопросам охраны труда для воспитанников, учащихся, студентов.

25. Производственные травмы, профессиональные заболевания, несчастные случаи производственного характера.
26. Основные причины производственных травм и профессиональных заболеваний.
27. Распределение травм по степени тяжести.
28. Основные мероприятия по предотвращению травматизма и профессиональных заболеваний.
29. Ионизирующее излучение.
30. Источники ионизирующего излучения, их классификация и особенности использования.
31. Методы и средства защиты персонала от ионизирующего излучения в производственных условиях.
32. Классы вредности предприятий по санитарным нормам.
33. Требования охраны труда при эксплуатации систем энерго – и водоснабжения, канализации, транспортных коммуникаций.
34. Требования охраны труда к расположению производственного и офисного оборудования и организации рабочих мест.
35. Общие требования к безопасности технологического оборудования и процессов.
36. Безопасность при эксплуатации систем под давлением.
37. Безопасность во время погрузочно-разгрузочных работ.
38. Роль центральной нервной системы в трудовой деятельности человека. Усталость.
39. Гигиена труда, ее значение.
40. Факторы, определяющие санитарно-гигиенические условия труда.
41. Контроль параметров микроклимата.
42. Мероприятия и средства нормализации параметров микроклимата.
43. Источники загрязнения воздушной среды вредными веществами.
44. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ.
45. Контроль за состоянием воздушной среды на производстве.
46. Мероприятия и средства предупреждения загрязнения воздуха рабочей зоны.
47. Вентиляция, ее виды.
48. Естественная вентиляция.

49. Системы искусственной (механической) вентиляции, их выбор, конструктивное оформление.
50. Местная (локальная) механическая вентиляция.
51. Освещение производственных помещений, основные светотехнические величины.
52. Классификация производственного освещения.
53. Основные требования к производственному освещению.
54. Нормирование освещения, разряды зрительной работы.
55. Источники искусственного освещения, лампы и светильники.
56. Вибрации, их источники, классификация и характеристики.
57. Методы контроля параметров вибраций.
58. Средства коллективной и индивидуальной защиты от вибраций.
59. Шумы.
60. Основные параметры звукового поля.
61. Классификация шумов по происхождению, характеру, спектру и временным характеристикам.
62. Нормирование шумов, контроль параметров шума, измерительные приборы.
63. Методы и средства коллективной и индивидуальной защиты от шума.
64. Инфразвук и ультразвук, их источники.
65. Нормирование и контроль уровней шумов.
66. Основные методы и средства защиты от ультразвука и инфразвука.
67. Электромагнитные поля и излучения радиочастотного диапазона.
68. Источники, особенности и классификация электромагнитных излучений, электрических и магнитных полей.
69. Характеристики полей и излучений.
70. Приборы и методы контроля интенсивности электромагнитных полей.
71. Защита от электромагнитных излучений и полей.
72. Рабочая зона и воздух рабочей зоны.
73. Микроклимат рабочей зоны, его нормирование.
74. Типы систем кондиционирования воздуха рабочей зоны.
75. Излучения оптического диапазона.
76. Классификация и источники излучений оптического диапазона.

77. Особенности инфракрасного, ультрафиолетового и лазерного излучения.
78. Средства и меры защиты от инфракрасного, ультрафиолетового и лазерного излучения.
79. Классификация лазеров и специфика защиты от лазерного излучения.
80. Виды электрического тока и его физические характеристики.
81. Действие электрического тока на организм человека.
82. Электрические травмы, их виды.
83. Факторы, влияющие на степень поражения электрическим током.
84. Классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током.
85. Условия поражения человека электрическим током.
86. Назначение и принцип действия защитного заземления.
87. Выбор и расчет заземлительных устройств (заземления).
88. Трехфазные сети с различными режимами нейтрали.
89. Назначение и область применения защитного зануления.
90. Напряжение шага и прикосновения.
91. Безопасная эксплуатация электроустановок: электрозащитные средства и мероприятия.
92. Оказание первой помощи при поражении электрическим током.
93. Характеристика материалов и веществ по взрывопожароопасным свойствам.
94. Категории помещений по взрывопожароопасности.
95. Классификация взрывоопасных и пожароопасных помещений и зон.
96. Основные средства и меры обеспечения пожарной безопасности.
97. Пожарная сигнализация, ее типы и принцип действия.
98. Средства пожаротушения, их классификация.
99. Действия персонала при возникновении пожара.
100. Обеспечение и контроль состояния пожарной безопасности на производстве.

ЧАСТЬ 1. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ

РАЗДЕЛ 1. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

1.1. Метеорологические факторы рабочей зоны

Нормальное самочувствие человека на предприятии и в быту в первую очередь зависит от метеорологических условий (микроклимата). Микроклиматом называют совокупность физических факторов производственной среды (температуры, влажности и скорости движения воздуха, атмосферного давления и интенсивность теплового излучения), которые комплексно влияют на тепловое состояние организма.

Атмосферный воздух является смесью 78% азота, 21% кислорода, около 1% аргона, углекислого и других газов в незначительной концентрации, а также воды во всех фазовых состояниях. Снижение содержания кислорода до 13% затрудняет дыхание, может привести к потере сознания и смерти, высокое содержание кислорода может вызвать вредные окислительные реакции в организме.

Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. В организме постоянно вырабатывается тепло, а его излишки выделяются в окружающий воздух. В состоянии покоя человек за сутки теряет около 7 120 кДж, при совершении легкой работы – 10 470 кДж, при осуществлении работы средней тяжести – 16 760 кДж, при выполнении тяжелых физических работ потери энергии составляют 25 140 – 33 520 кДж. Выделение теплоты происходит в основном через кожу (до 85%) путем конвекции, а также в результате испарения пота с поверхности кожи.

За счет терморегуляции температура тела остается постоянной – 36,65°C, что является важнейшим показателем нормального самочувствия. Изменение температуры окружающего воздуха приводит к изменениям в характере теплообмена. При температуре окружающего воздуха 15 – 25°C организм человека вырабатывает постоянное количество теплоты (зона покоя). При повышении температуры воздуха до 28°C осложняется нормальная умственная деятельность, ослабляется внимание и сопротивление организма различным вредным воздействиям, работоспособность

падает на треть. При температуре выше 33°C выделение тепла из организма происходит только за счет испарения пота (I фаза перегрева). Потери могут составлять до 10 литров за рабочую смену. Вместе с потом из организма выводятся витамины, что нарушает витаминный обмен.

Обезвоживание приводит к резкому уменьшению объема плазмы крови, которая теряет вдвое больше воды, чем другие ткани и становится более вязкой. Дополнительно с водой уходят из крови хлориды поваренной соли до 20 – 50 г за смену, плазма крови теряет способность удерживать воду. Возмещают потерю хлоридов в организме за счет приема подсолненной воды из расчета 0,5 – 1,0 г/л. При неблагоприятных условиях теплообмена, когда отдается меньше тепла, чем вырабатывается в процессе труда, у человека может наступить II фаза перегрева организма – тепловой удар.

При снижении температуры окружающего воздуха кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, снижается отдача тепла. Сильное охлаждение приводит к обморожению кожи. Снижение температуры тела до 35°C вызывает болезненные ощущения, при снижении ее ниже 34°C наступает потеря сознания и смерть.

Санитарными нормами и правилами (СН) установлены оптимальные микроклиматические условия производственной среды: 19–21°C для кабинетов компьютерной техники; 17 – 20°C для учебных классов, кабинетов, аудиторий и спортивного зала; 16 – 18°C для учебных мастерских, вестибюля, гардероба и библиотеки. Относительная влажность воздуха принята за норму 40 – 60%, в теплое время до 75%, в классах компьютерной техники 55 – 62%. Скорость движения воздуха должна находиться в пределах 0,1 – 0,5 м/с, а в теплое время года 0,5 – 1,5 м/с и 0,1 – 0,2 м/с для помещений с вычислительной техникой.

Жизнедеятельность человека может проходить в широком диапазоне давлений 73,4 – 126,7 кПа (550 – 950 мм. рт. ст.), однако наиболее комфортное самочувствие имеет место при нормальных условиях (101,3 кПа, 760 мм. рт. ст.). Изменение давления в несколько сотен Па от нормальной величины вызывает болезненные ощущения. Также для здоровья человека опасна быстрая смена давления.

1.2. Приборы и методы измерения температуры

Температура – физическая величина, количественно характеризующая степень нагретости тела. Существует довольно много температурных шкал, однако наиболее распространенными являются шкалы Цельсия и Кельвина.

Абсолютная термодинамическая шкала Кельвина T, K – шкала, в которой за начало отсчета (0 K) принята температура абсолютного нуля – минимально возможная во Вселенной температура, при которой должно прекратиться тепловое движение атомов и молекул. Кельвин является единицей измерения температуры в системе СИ.

Термодинамическая шкала Цельсия $t, ^\circ C$ – шкала, в которой за начало отсчета (0 $^\circ C$) принята температура плавления льда при нормальном давлении, а при 100 $^\circ C$ – температура кипения воды при нормальном давлении.

Связь между данными шкалами определяется:

$$T = t + 273,15. \quad (1.1)$$

Для измерения температуры окружающего воздуха применяется шкала Цельсия.

Термометр – прибор, предназначенный для измерения температуры. Существуют следующие конструктивные разновидности термометров:

- *жидкостно-стеклянные* – используют изменение объема жидкости при изменении ее температуры;
- *механические* – используют различное тепловое расширение двух разнородных твердых тел;
- *барометрические* – используют изменение объема газов при изменении их температуры;
- *термометры сопротивления* – принцип действия основан на зависимости электрического сопротивления проводников и полупроводников от температуры;
- *термоэлектрические* – термо-ЭДС в замкнутой цепи из двух разнородных металлов зависит от разности температур спаев;
- *пирометры* – приборы бесконтактного измерения температуры через определение параметров излучения.

Из всех типов термометров для измерения температуры воздуха используются жидкостно-стеклянные. Их принцип действия основан на тепловом расширении жидкости в стеклянном баллоне.

$$V = V_0(1 + \beta T), \quad (1.2)$$

где V_0 – объем жидкости при температуре 0°C ; β – объемный коэффициент расширения, $1/^\circ\text{C}$; T – температура тела, $^\circ\text{C}$.

Термометр данного типа состоит из стеклянного баллона, внутри которого находится шкала и капиллярная трубка, частично заполненная рабочим веществом. Конструктивно термометры делятся на палочные (рис. 1.1, а) и со вложенной шкалой (рис. 1.1, б).

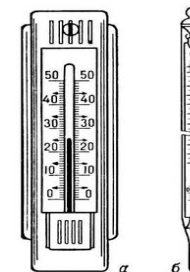


Рис. 1.1 – Жидкостно-стеклянные термометры
а – палочные; б – со вложенной шкалой

В качестве рабочего вещества используют этиловый спирт и ртуть. Термометры данного типа измеряют температуру в пределах от -100 до 400°C , так как спирт замерзает при температуре -110°C , а кипение ртути начинается при 350°C .

Преимуществами жидкостно-стеклянных термометров являются достаточно высокая точность, простота, дешевизна. К недостаткам можно отнести невозможность записи результатов дистанционных измерений, тепловую инерцию и низкую прочность.

Температуру воздуха чаще всего измеряют спиртовыми термометрами, однако в помещениях с высоким уровнем теплового излучения ее следует определять с помощью парного термометра, состоящего из двух ртутных термометров, резервуар одного из которых – зачерненный, а другой – посеребренный.

Действительную температуру воздуха в рабочей зоне (без учета влияния излучения) рассчитывают по формуле:

$$t = t_z - k(t_z - t_n), \quad (1.3)$$

где t_z – показания зачерненного термометра; k – константа прибора, указанная в его паспорте и t_n – показания посеребренного термометра.

1.3. Приборы и методы измерения атмосферного давления

Сила веса воздушного столба высотой 10 км, действующая на единицу земной поверхности, называется атмосферным давлением. В системе СИ за единицу давления принят Паскаль (Па):

$$1 \text{ Па} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2}, \quad (1.4)$$

Однако, 1 Па – очень малая величина давления, поэтому при измерении атмосферного давления пользуются кратными единицами: кПа = 1000 Па и МПа = 10^6 Па = 1000 кПа.

Кроме Паскаля для измерения атмосферного давления также используются внесистемные единицы – миллиметры ртутного (водяного) столба и бары, причем:

$$1 \text{ бар} = 101,3 \text{ кПа} = 760 \text{ мм. рт. ст.}$$

Именно такое значение имеет атмосферное давление на уровне моря.

Прибор для измерения атмосферного давления называется барометром. Наиболее распространенным типом является металлический барометр-анероид, конструкция которого показана на рис. 1.2.

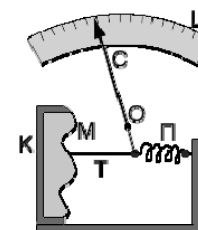


Рис. 1.2 – Принципиальная схема барометра-анероида

Основу анероида составляет цилиндрическая камера K, из которой откачан воздух. Камера герметично закрыта тонкой гофрированной (волнистой) мембраной M. Чтобы атмосферное давление не сплющило мембрану, она с помощью тяги T соединена с пружиной П, закрепленной на корпусе прибора. К пружине шарнирно прикреплен нижний конец стрелки C, которая может вращаться вокруг оси O. Для измерения показаний прибора служит шкала Ш. При изменении атмосферного давления мембрана прогибается внутрь или наружу и перемещает стрелку по шкале,

показывая значение давления (шкалу барометра-анероида градуируют и проверяют по показаниям ртутного барометра).

Анероиды очень удобны в работе, прочны, малогабаритны, но менее точные, чем ртутные барометры. Внешний вид барометра-анероида показан на рис. 1.3.



Рис. 1.3 – Барометр-анероид

Согласно барометрической формуле:

$$p = p_0 e^{-\frac{\rho g h}{RT}}, \quad (1.5)$$

то есть значение атмосферного давления зависит от высоты над поверхностью Земли, потому шкалу барометра-анероида можно проградуировать в метрах согласно распределения давления по высоте. Анероид, имеющий шкалу, по которой можно определить высоту подъёма над Землей, называют альтиметром (высотомером). Их широко используют в авиации, парашютном спорте, альпинизме.

1.4. Приборы и методы измерения влажности воздуха

Атмосферный воздух всегда содержит определенное количество водяного пара, поэтому по сути является механической смесью сухого воздуха и водяного пара, соответствующей законам идеальных газов. Для характеристики степени влажности воздуха используют абсолютную и относительную влажность.

Абсолютная влажность – количество водяного пара, содержащегося в 1 м³ воздуха, измеряется в кг/м³ (г/см³).

Относительная влажность – отношение действительной плотности (давления) воздуха, к максимально возможной при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_n} \cdot 100\% = \frac{P_n}{P_n} \cdot 100\%. \quad (1.6)$$

Относительная влажность воздуха выражается в процентах и является одной из главных метеорологических величин. Для определения влажности воздуха используют психрометрические и волосяные гигрометры.

Психрометр бытовой служит для измерения температуры и влажности воздуха. Он состоит из двух термометров (рис. 1.4, а), причем резервуар правого термометра завернут в ткань, смоченную водой. Левый термометр сухой и служит для измерения температуры воздуха. Отсчеты по правому и левому термометрам одновременно служат для вычисления относительной влажности воздуха.

Клочок ткани, окутывающей шарик термометра, должен быть чистым, в случае загрязнения его необходимо заменить новым. При постоянной эксплуатации заменять ткань следует раз в две недели.

Вблизи прибора не должно быть никаких предметов, имеющих температуру, отличную от температуры воздуха, которые могут повлиять на показания прибора.

Влажность определяют с помощью психрометрических таблиц и графиков (*Приложения А и В*), методика определения приведена в лабораторной работе 1.

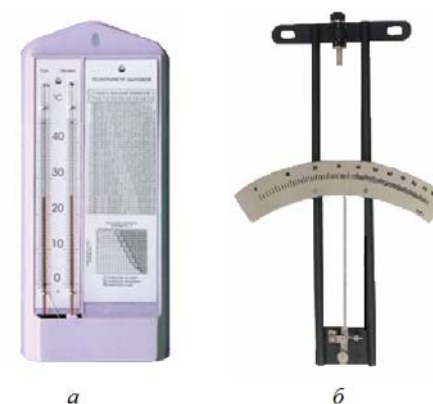


Рис. 1.4 – Приборы измерения влажности: а - психрометр бытовой; б – волосяной гигрометр

Волосяной гигрометр (рис. 1.4, б) также предназначен для измерения относительной влажности воздуха. Действие прибора

основано на свойстве обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину при изменении относительной влажности окружающего воздуха. Основное назначение волосяного гигрометра – измерять влажность в морозное время, когда по психрометру влажность не определяется. Но поскольку отсчеты по гигрометру требуют поправок, получаемых через сравнение с психрометром, то наблюдения по гигрометру ведут на протяжении всего года. Если при отсчете окажется, что конец стрелки вышел за сотое деление, то надо примерно оценить, на каком делении оказалась бы стрелка, если бы шкала была продлена на 110 и записать «экстраполированный» отсчет. Температура воздуха отсчитывается по сухому термометру психрометра.

1.5. Приборы и методы измерения скорости воздуха

Скорость движения воздушного потока в рабочих помещениях оказывает существенное влияние на тепловое состояние организма человека и условия теплообмена с окружающей средой. Измеряют скорость движения воздуха с помощью анемометров, электрических анемометров и кататермометров.

Анемометр состоит из крыльчатого или чашечного колеса, насаженного на ось счетчика (рис. 1.5).

При проходе воздуха колесо вращается, а счетчик отсчитывает скорость по частоте вращения оси. Существуют анемометры с часовыми механизмами, которые позволяют автоматически регистрировать скорость воздуха. Предел измерения чашечных анемометров от 1 до 35 м/с, крыльчатых – от 0,5 до 10 м/с.



Рис. 1.5 – Анемометр

Электрический анемометр при работе использует зависимость температуры провода, нагретого постоянным током, от скорости воздуха, которым данный провод обдувается. Температуру нагретой нити воспринимает «горячий» спай термопары, «холодный» спай имеет температуру окружающего воздуха. По величине термо-ЭДС, возникающей в цепи и регистрируемой милливольтметром, определяется скорость движения воздуха.

Кататермометр – спиртовой термометр с цилиндрическим сосудом для спирта, который применяется при измерении небольших скоростей воздуха (до 0,5 м/с) при его слабой естественной циркуляции в помещении. Работа с прибором заключается в определении охлаждающего эффекта от воздуха. Сначала кататермометр нагревают до 60°C (при этом спирт заполняет верхнее расширение капилляра примерно наполовину), после чего вытирают насухо и вывешивают горизонтально. После этого измеряют время t , за которое температура упадет от 38 до 35°C и определяют величину охлаждения по формуле:

$$H = \frac{F}{t}, \quad (1.7)$$

где F – постоянная прибора, определенная при его поверке.

Скорость движения воздуха определяют по формуле:

$$\frac{H}{Q} = 0,29 + \frac{Bv}{1 + kv}, \quad (1.8)$$

где Q – разность средней температуры кататермометра (36,5°C) и температуры воздуха в месте измерения; $B = 0,903$ и $k = 1,994$ при $v \leq 1$ м/с; $B = 0,366$ и $k = 0,174$ при $v \geq 1$ м/с. Также скорость можно определить по специальной таблице (*Прилож. Д*).

Самостоятельная работа № 1

РАСЧЕТ ОТОПЛЕНИЯ И ТЕПЛОВОЙ ЗАВЕСЫ РАБОЧЕГО ПОМЕЩЕНИЯ

Цель работы: освоить алгоритм расчета механической вентиляции, тепловых завес и отопления рабочих помещений.

Задача 1. Выполнить расчет отопления участка покраски автомобилей, имеющего следующие размеры: длина $a = 20$ м, ширина $b = 18$ м высота $h = 4$ м. Принять среднюю температуру наружного воздуха в период отопительного сезона $t_{нар} = -5^\circ\text{C}$.

Решение

Целью данного расчета является определение суммарной площади нагревательных приборов. Требования санитарных норм для температуры в помещениях различных типов в холодный период года приведены в *Приложении Ж*, по которому находим среднюю допустимую температуру внутри участка покраски

$$t_{cp} = \frac{t_{\min} + t_{\max}}{2} = \frac{16 + 20}{2} = 18^\circ\text{C}.$$

Определяем площадь участка покраски

$$F = ab = 20 \cdot 18 = 360 \text{ м}^2$$

и объем воздуха на участке

$$V = F \cdot h = 360 \cdot 4 = 1440 \text{ м}^3.$$

Количество теплоты, необходимое для отопления данного помещения находим по формуле:

$$Q_o = q_o \cdot (t_{cp} - t_{нар}) \cdot V = 2,08 \cdot (18 - (-5)) \cdot 1440 = 68890 \text{ кДж/ч},$$

где $q_o = 2,08 \text{ кДж/час}$ – расход теплоты на отопление 1 м^3 помещения.

Количество теплоты, необходимое для вентиляции:

$$Q_v = q_v \cdot (t_{cp} - t_{нар}) \cdot V = 1,5 \cdot (18 - (-5)) \cdot 1440 = 49680 \text{ кДж/ч},$$

где $q_v = 1,5 \text{ кДж/час}$ – расход теплоты на вентиляцию 1 м^3 помещения.

Суммарные затраты на отопление и вентиляцию помещения:

$$Q = Q_o + Q_v = 68890 + 49680 = 118570 \text{ кДж/ч}.$$

Суммарная площадь нагревательных поверхностей на участке:

$$F_{II} = \frac{Q}{K_{II} \cdot (t_T - t_B)} = \frac{118570}{40 \cdot (100 - 18)} = 36,15 \text{ м}^2,$$

где $K_{II} = 40 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)}$ – коэффициент для стальных нагревательных конструкций; $t_T = 100^\circ\text{C}$ – средняя расчетная температура теплоносителя в случае пара низкого давления.

Задача 2. Выполнить расчет тепловой завесы на участке технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей, если ворота участка имеют следующие размеры: ширина $x = 3 \text{ м}$; высота $b = 2,3 \text{ м}$; толщина щели воздуховода $\delta = 10 \text{ см}$. Температура наружного воздуха $t_{нар} = -17^\circ\text{C}$, средняя скорость движения наружного воздуха $v = 2 \text{ м/с}$.

Решение

Эффективной мерой защиты производственных помещений от попадания холодного наружного воздуха при открывании ворот является организация воздушных завес. Завесы предусматриваются при температуре наружного воздуха ниже -15°C для помещений, в которых ворота открываются не менее 10 раз в течение часа.

Конструкция воздушных завес предполагает наличие нагнетательного воздухопровода с длинной и узкой щелью толщиной δ , через которую выпускается препятствующая поступлению в помещение холодного воздуха воздушная струя под углом $10 - 45^{\circ}$.

Объем наружного воздуха, поступающего в помещение при отсутствии тепловой завесы:

$$Q = 3600 \nu x y = 3600 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2,3 = 49680 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона определим плотность наружного воздуха при данной температуре:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow p = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{\mu} = \frac{\rho RT}{\mu}.$$

$$\rho = \frac{\mu p}{RT} = \frac{29 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5}{8,31 \cdot 256} = 1,36 \text{ кг/м}^3,$$

где $\mu = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса воздуха; $R = 8,31$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная; T – температура наружного воздуха, переведенная в систему СИ по формуле:

$$T = 273 + t_{нар} = 273 + (-17) = 256 \text{ К}.$$

Масса внешнего воздуха, поступающего в помещение при отсутствии тепловой завесы:

$$G = Q\rho = 49680 \cdot 1,36 = 67565 \text{ кг/ч}.$$

Для определения параметров тепловой завесы найдем вспомогательный коэффициент R :

$$R = \varphi \sqrt{\frac{y}{\delta}} + 1 = 3,16;$$

где $\varphi = 0,45$ – коэффициент, учитывающий наклон струи и степень ее турбулентности.

Количество рециркуляционного воздуха, необходимого для работы завесы:

$$G_p = \frac{\eta G}{R} = \frac{0,6 \cdot 67565}{3,16} = 12829 \text{ кг/ч},$$

где $\eta = 0,6$ – КПД воздушной завесы.

Рекомендуемая средняя температура на участке ТО и ТР

автомобилей определяется по Приложению Ж.

$$t_{cp} = \frac{t_{\min} + t_{\max}}{2} = \frac{15 + 17}{2} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C} = 289 \text{ К.}$$

Плотность воздуха, выходящего из щели воздухопровода:

$$\rho_{289} = \frac{\mu P}{RT} = \frac{29 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5}{8,31 \cdot 289} = 1,20 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда скорость выхода воздуха из щели при данной температуре:

$$v_{\text{воз}} = \frac{G_p}{3600 \delta \gamma \rho} = \frac{12829}{3600 \cdot 0,1 \cdot 2,3 \cdot 1,20} = 12,9 \text{ м/с.}$$

Количество наружного воздуха, поступающего в помещение при наличии тепловой завесы:

$$G_{\text{вн}} = (1 - \eta)G = (1 - 0,6) \cdot 67565 = (1 - 0,6) \cdot 67565 = 27026 \text{ кг/ч.}$$

Определяем температуру смеси из наружного воздуха и воздуха, подаваемого на завесу:

$$t_{см} = \frac{G_{\text{нар}} t_{\text{нар}} + G_p t_{cp}}{G_{\text{нар}} + G_p} = \frac{27026 \cdot (-17) + 12829 \cdot 16}{27026 + 12829} = -6,4 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Необходимый расход воздуха на завесу для поддержания необходимой температуры составляет:

$$G_{\text{необ}} = \frac{G}{R + \frac{t_{cp} - t_{см}}{t_{см} - t_{нар}}} = \frac{67565}{3,16 + \frac{16 - (-6,4)}{-6,4 - (-17)}} = 12813 \text{ кг/ч.}$$

Задача решена.

Задания для самостоятельной работы № 1

Выполнить расчет отопления участка ТО и ТР автомобилей, имеющего длину a , ширину b и высоту h , приняв среднюю температуру наружного воздуха в период отопительного сезона $t_{нар} = -18^{\circ}\text{C}$. Для данного помещения также выполнить расчет тепловой завесы, приняв размеры ворот соответственно x и y , а толщину щели воздухопровода δ . Среднюю скорость наружного воздуха принять равной $v = 4 \text{ м/с}$, необходимые данные для расчета взять из табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Данные для расчета

№	<i>a</i> , м	<i>b</i> , м	<i>h</i> , м	<i>x</i> , м	<i>y</i> , м	<i>δ</i> , см
1	13	10	3,2	3,0	2,2	8
2	30	22	3,5	3,0	2,2	10
3	14	12	3,0	3,0	2,2	12
4	10	6	4,5	3,0	2,2	15
5	18	8	4	3,0	2,2	18
6	60	30	6	3,0	2,2	20
7	20	16	4	3,0	2,2	15
8	20	12	3	3,5	2,2	10
9	19	15	4	3,5	2,2	13
10	13	13	3	3,5	2,2	12
11	10	8,5	4,5	3,5	2,5	15
12	20	14	4	3,5	2,5	14
13	18	17	3,3	3,5	2,5	15
14	20	15	4	3,5	2,5	18
15	10	6,5	3	4,0	2,5	20
16	20	18	4	4,0	2,5	15
17	18	17	3,5	4,0	2,5	10
18	40	20	4	4,0	2,5	13
19	15	15	4	4,0	2,5	12
20	16	14	3,5	4,0	2,5	10
21	18	15	4,5	4,0	2,5	15
22	40	15	3,5	3,0	2,0	20
23	14	12	3,8	3,0	2,0	22
24	70	35	5	3,0	2,0	24
25	20	10	4	3,0	2,0	10
26	10	8	3,5	3,0	2,0	13
27	13	8	3	3,0	2,0	12
28	50	40	7	3,0	2,0	10
29	18	14	4	3,0	2,0	15
30	16	9	4,5	3,0	2,0	20

Практическое занятие № 1
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Цель работы: изучение приборов и методов мониторинга параметров микроклимата на рабочих местах,

отработка практических навыков измерения метеорологических характеристик рабочей зоны.

Приборы и инструменты: жидкостно-стеклянные термометры, барометр-анероид, гигрометр психометрический, анемометр.

Теоретическая часть

Для реализации здоровых и безопасных условий труда на любом предприятии необходим контроль на рабочих местах температуры, влажности, давления и скорости движения воздуха. Определенная комбинация данных параметров может обеспечить чувство комфорта либо послужить причиной быстрой утомляемости и возникновения профессиональных заболеваний.

Метеорологические параметры рабочей зоны являются оптимальными, если они обеспечивают хорошее самочувствие работника и максимальную производительность труда. Некомфортные условия приводят к преждевременному утомлению, снижению внимания, ослаблению реакции, они могут быть причиной снижения производительности труда, производственных травм и профессиональных заболеваний.

Одним из методов определения и качественного учета тепловых условий в производственных помещениях является метод *эффективных температур*.

Эквивалентно-эффективная температура – температура насыщенного неподвижного воздуха, имеющего такую же охлаждающую способность, что и исследуемый воздух. Для любой экспериментально определенной комбинации температуры, влажности и скорости движения можно найти эквивалентно-эффективную температуру, определение которой производится при помощи номограммы.

Порядок выполнения работы

1. Подробно ознакомиться с теоретическим материалом раздела 1.

2. Сухим термометром гигрометра произвести 5 измерений температуры воздуха в помещении на высоте 1,3 – 1,5 м от пола в центре помещения и по углам не ближе 1 м от стен.

3. Определить среднюю температуру воздуха по формуле:

$$t_{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=1}^5 t_i}{5} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}. \quad (1.10)$$

4. С помощью барометра-анероида определить атмосферное давление в аудитории.

5. В центре помещения по психрометру определить температуру сухого $t_{\text{сух}}$ и влажного $t_{\text{влаж}}$ термометров, после чего найти их разность:

$$\Delta t = t_{\text{сух}} - t_{\text{влаж}}, \quad (1.11)$$

6. По *Приложению Б* по данным $t_{\text{сух}}$ и Δt определить относительную влажность в помещении.

7. Создать вентилятором движение воздуха в аудитории, на расстоянии 3 м установить анемометр. Определить скорость движения воздуха в аудитории через 15 с после включения вентилятора, когда скорость вращения крыльчатки установится.

8. Повторить опыт 3 раза и определить среднее значение скорости.

9. С помощью номограммы (*Приложение Е*) определить эквивалентно-эффективную температуру воздуха рабочей зоны и ее положение относительно зоны комфорта.

10. Сделать вывод относительно параметров микроклимата в данной аудитории.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие факторы определяют микроклимат рабочей зоны?
2. На чем основан принцип действия жидкостно-стеклянных термометров?
3. Как измеряют температуру в помещениях с высоким уровнем теплового излучения?
4. Опишите конструкцию и принцип действия психрометра.
5. Как определяется относительная влажность воздуха с помощью психрометрических диаграмм?
6. Когда используется волосяной гигрометр, какова его конструкция и принцип действия?
7. Что называют атмосферным давлением и чем его измеряют?
8. Для чего необходимо знать скорость движения воздуха в рабочем помещении?
9. Опишите принцип действия крыльчатого анемометра.
10. Для чего используется кататермометр, каким образом он работает?
11. Что называется эквивалентно-эффективной температурой?

РАЗДЕЛ 2. ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

2.1. Общие определения

При помощи зрения человек получает более 80% информации, качество которой зависит от освещения.

Свет – вид материи, одновременно обладающий корпускулярными и волновыми свойствами (дуализм). С корпускулярной точки зрения – это поток фотонов перемещающихся в вакууме со скоростью 300 000 км/с (в других средах с меньшей скоростью) и не существующих в состоянии покоя; волновой свет – это электромагнитная волна в диапазоне длин от 380 нм (фиолетовый) до 770 нм (красный).

Спектр электромагнитных волн делится на следующие диапазоны:

1. Радиоволны – длина 100 км – 0,1 мм;
2. Инфракрасное излучение – длина 0,1 мм – 770 нм;
3. Видимый свет – длина 770 нм – 380 нм;
4. Ультрафиолетовое излучение – длина 380 нм – 1 нм;
5. Рентгеновское излучение – длина 1 нм – 0,001 нм;
6. Гамма-излучение – длина менее 0,001 нм.

Человеческий глаз способен реагировать только на видимый свет, энергия электромагнитной волны которого трансформируется в нервные импульсы, передаваемые зрительным нервом к зрительной зоне больших полушарий мозга. Спектральный состав солнечного излучения является наиболее благоприятным для человеческого глаза, поэтому при разработке источников искусственного освещения их спектральный состав излучения стараются максимально приблизить к солнечному.

Глаз человека воспринимает множество цветовых оттенков, причем цвет является отражением в ощущениях спектрального состава света, а действие света на глаз характеризуется функцией видимости. Наибольшая чувствительность глаза к зеленому свету с длиной волны $\lambda = 555$ нм ($v_\lambda = 1$), а наименьшая на границах видимого света (рис. 2.1).

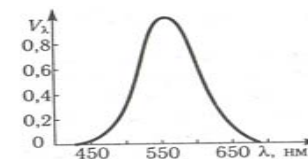


Рис. 2.1 – График функции видимости

Поэтому, чтобы обеспечить одинаковое зрительное ощущение, поток света с длиной 500 нм ($v_\lambda = 0,5$) должен иметь вдвое большую мощность, чем с длиной 555 нм.

Естественное освещение обладает способностью обеззараживать воздух, питьевую воду и продукты питания. Наибольшую бактерицидную способностью обладают ультрафиолетовые волны с длиной 254...257 нм.

2.2. Физические характеристики света

Раздел физики, занимающийся изучением методики и техники измерения параметров источников света, потоков световой энергии и их проявлений, называется фотометрией. Ниже приведены основные фотометрические величины.

Лучистый поток – количество энергии, переносимой излучением через какую-либо поверхность в единицу времени:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}. \quad (2.1)$$

Единица измерения – ватт (Вт), измерить его можно по времени и количеству теплоты, которое получит тело при полном поглощении излучения.

Световой поток – часть лучистого потока, которая вызывает зрительные ощущения и характеризует мощность видимой части спектра излучения. Единица измерения – люмен (лм), является технической характеристикой осветительных приборов. Полный световой поток в случае точечного источника:

$$\Phi = 4\pi I. \quad (2.2)$$

Сила света – отношение светового потока F к величине телесного угла Ω , из которого он выходит:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}. \quad (2.3)$$

Единица измерения – кандела (кд), основная величина системы СИ.

Освещенность – отношение светового потока, падающего на элемент площади, к величине этой площади:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (2.4)$$

Является нормируемой величиной, единица измерения – люкс (лк),
 $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/1 \text{ м}^2$.

Закон Ламберта: освещенность поверхности от точечного источника света прямо пропорциональна косинусу угла его падения и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}. \quad (2.5)$$

Зависимостью освещенности от угла падения объясняется смена времен года на Земле. Освещенность предметов имеет большое значение в производственной деятельности: точные работы требуют освещенности 100 лк, чтение – 30...50 лк. Освещенность прямыми лучами Солнца в летний день может достигать 100 000 лк, полная Луна создает освещенность порядка 0,2 лк.

Яркость – отношение силы света элемента поверхности в заданном направлении к площади проекции на данное направление:

$$B = \frac{dI_{\varphi}}{S \cos \varphi}. \quad (2.6)$$

Единица измерения – нит (нт), причем 1 нт = 1 кд/1 м². Яркость входит в число гигиенических норм освещенности рабочих мест.

2.3. Типы естественного освещения помещений

Естественное – освещение помещений прямым, отраженным или рассеянным солнечным светом, проникающим через проемы в ограждающих конструкциях зданий.

Естественное освещение характеризуется высокой диффузностью (рассеянностью), положительно влияющей на органы зрения человека. Такое освещение не является постоянным, его интенсивность меняется в зависимости от широты местности, времени года и времени суток. Именно непостоянство во времени естественного освещения обусловило введение коэффициента естественной освещенности (КЕО) – важной расчетной светотехнической величины.

Существует три типа естественного освещения:

- **боковое** – осуществляется через световые проемы в наружных стенах, в свою очередь делится на одностороннее (рис. 2.2, а) и двустороннее (рис. 2.2, б);
- **верхнее** – осуществляется через световые отверстия в крышах, аэрационные и защитные фонари (рис. 2.2, в);
- **комбинированное** – сочетание верхнего и бокового типов освещения (рис. 2.2, г).

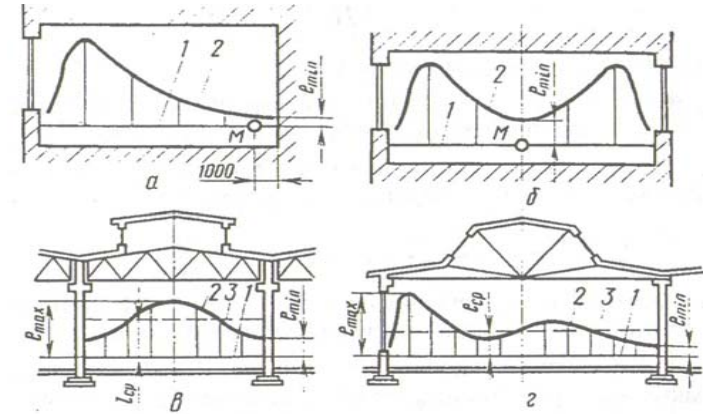


Рис. 2.2 – Распределение естественного освещения:
1 – уровень условной рабочей поверхности, 2 – пространственное распределение интенсивности освещения, 3 – средний уровень освещенности; М – точка минимальной освещенности

2.4. Гигиенические нормы освещенности рабочих мест

Как отмечалось выше, одной из главных величин, характеризующих качество естественного освещения, является коэффициент естественного освещения, определяемый по формуле:

$$e = \frac{E_{вн}}{E_{внеш}} \cdot 100\%, \quad (2.6)$$

где $E_{вн}$ – освещенность внутри помещения, лк; $E_{внеш}$ – освещенность под открытым небом, лк.

КЕО нормируется для производственных помещений в зависимости от категории зрительных работ. Для учебных классов, мастерских и лабораторий он должен составлять: 1,5...2% – в условиях бокового освещения; 2...4% при верхнем или комбинированном освещении. КЕО определяется экспериментально с помощью люксметра.

Световой коэффициент является второй характеристикой эффективности естественного освещения и определяется по формуле:

$$K_C = \frac{S_o}{S_n}, \quad (2.7)$$

где S_o – суммарная площадь окон, м²; S_n – площадь пола, м². Для учебных помещений значение светового коэффициента должно находиться в пределах 0,20...0,25.

Распределение светового потока по рабочей зоне характеризует угол освещенности, определяемый по формуле:

$$\alpha = \arctg \frac{H}{B}, \quad (2.8)$$

где H – расстояние от верхнего края до плоскости рабочей поверхности, м; B – расстояние от рабочего места до конца рабочей поверхности, м. На рабочих местах угол освещенности должен быть не менее 27°.

Нормы естественного освещения помещений устанавливают с учетом обязательной очистки стекол – не менее четырех раз в год для помещений с незначительным выделением пыли.

2.5. Виды расчетов естественного освещения

Существует два вида расчетов естественного освещения:

1. **Проектный расчет** – используется для определения количества световых проемов (окон и фонарей) и их площади на стадии проектирования производственных помещений.

По размерам помещения при проектном расчете в первую очередь определяется тип освещения согласно рекомендаций, приведенных в п. 2.3. Если освещение боковое, то определяется суммарная площадь окон по формуле:

$$\sum S_o = \frac{e_{\min} \eta_o S_n k}{100 \tau_o r_1}, \quad (2.9)$$

где e_{\min} – минимальное допустимое значение КЕО для данного разряда зрительных работ, %; S_n – суммарная площадь пола, м²; $\tau_o = 0,3...0,5$ – коэффициент светопропускания окна; k – коэффициент, учитывающий степень затемнения окон стоящими напротив зданиями; r_1 – коэффициент, учитывающий отражение света от конструктивных элементов при боковом освещении; η_o – световая характеристика окон.

При верхнем освещении определяется суммарная площадь фонарей. Для этого сначала находят среднее значение КЕО:

$$e_{cp} = \frac{1}{n-1} \left(\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 + \dots + \frac{e_n}{2} \right), \quad (2.10)$$

где n – количество точек определения КЕО, причем первое и последнее места должны быть соответственно максимально

приближены и максимально удалены от светового отверстия. Суммарная площадь фонарей определяется по формуле:

$$\Sigma S_{\varepsilon} = \frac{e_{\text{нд}} \eta_{\varepsilon} S_n k}{100 \tau_a r_2}, \quad (2.11)$$

где r_2 – коэффициент, учитывающий отражение света от конструктивных элементов при верхнем освещении; η_{ε} – светотехническая характеристика светильников.

2. Проверочный расчет – заключается в определении фактического значения КЕО в эксплуатируемых и реконструируемых помещениях. При проверочном расчете экспериментальным путем определяется фактическое значение КЕО по формуле (2.10) и сравнивается с нормативным значением. Освещение считается удовлетворительным, если выполняется условие:

$$e_{\phi} \geq e_n. \quad (2.12)$$

При невыполнении условия (2.12) необходимо увеличить площадь окон или светильников в помещении.

Самостоятельная работа № 2

ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы: изучить методики расчета естественного освещения производственных помещений на примерах решения практических задач.

Задача 1. Рассчитать *методом светового коэффициента* естественное освещение механического цеха длиной $l = 36$ м, шириной $b = 24$ м и высотой $h = 8$ м.

Решение

Определяем площадь пола в помещении механического цеха:

$$S_n = lb = 36 \cdot 24 = 864 \text{ м}^2.$$

По *Приложению Н* определяем среднее значение светового коэффициента для механического цеха. Работы в данном помещении относятся к категории точных, поэтому:

$$\alpha = \frac{\alpha_{\max} + \alpha_{\min}}{2} = \frac{0,16 + 0,14}{2} = 0,15.$$

Находим требуемую суммарную площадь окон в помещении механического цеха:

$$\alpha = \frac{\sum S_{\text{с}}}{S_{\text{н}}} \Rightarrow \sum S_{\text{с}} = \alpha S_{\text{н}} = 0,15 \cdot 864 = 129,6 \text{ м}^2.$$

Далее по *Приложению П* выбираем размеры окон. Поскольку при расчете мы получили достаточно большую суммарную площадь окон, выбираем наибольший из возможных размеров окна 2100×1555 мм. Площадь одного окна:

$$S_{\text{с}} = 2,1 \cdot 1,555 = 3,255 (\text{м}^2).$$

По полученным значениям площади одного окна определим необходимое количество окон в данном помещении

$$n = \frac{\sum S_{\text{с}}}{S_{\text{с}}} = \frac{129,6}{3,255} = 39,8.$$

Окончательно принимаем $n = 40$ окон.

Задача 2. Рассчитать *методом КЕО* естественное освещение механического цеха длиной $l = 36$ м, шириной $b = 24$ м и высотой $h = 8$ м. Коэффициент отражения света от стен $r_{\text{ст}} = 0,40$, от потолка $r_{\text{пот}} = 0,70$, от пола $r_{\text{пол}} = 0,25$. Расстояние до здания напротив $L = 10$ м, высота данного здания $H = 12$ м.

Решение

Суммарную необходимую площадь окон будем определять по формуле (2.9). Для этого сначала определяем отношение длины помещения к его ширине:

$$\frac{l}{b} = \frac{36}{24} = 1,5.$$

Далее находим приблизительную высоту верхнего края окон над уровнем рабочей плоскости:

$$n_1 = 0,9h - 0,8 = 0,9 \cdot 8 - 0,8 = 6,4 \text{ м.}$$

Тогда отношение ширины помещения к высоте верхнего края окон над уровнем рабочей плоскости:

$$\frac{b}{n_1} = \frac{24}{6,4} = 3,75.$$

Из *Приложения Р* по полученным значениям l/b и h/n_1 определяем коэффициент световой характеристики окна:

$$\eta_{\text{с}} = 17,0.$$

Находим площади конструктивных элементов – стен, потолка и пола соответственно:

$$S_{cm} = 36 \cdot 8 + 2 \cdot 24 \cdot 8 = 672 \text{ м}^2; \quad S_{nom} = S_{пол} = 36 \cdot 24 = 864 \text{ м}^2.$$

Средневзвешенный коэффициент ρ_{cp} отражения потолка, пола и стен помещения определяется по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{r_{cm}S_{cm} + r_{nom}S_{nom} + r_{пол}S_{пол}}{S_{cm} + S_{nom} + S_{пол}} = \frac{0,4 \cdot 672 + (0,7 + 0,25) \cdot 864}{672 + 2 \cdot 864} = 0,454.$$

Коэффициент r_1 , учитывающий отражение света от конструктивных элементов помещения находят по табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Значение коэффициента r_1 при боковом освещении

Коэффициент отражения ρ_{cp}	Значение r_1 при освещении	
	Одностороннем	двухстороннем
0,5	4	2,2
0,4	3	1,7
0,3	2	1,2

Точное значение коэффициента r_1 определяем с помощью линейной интерполяции:

$$r_1 = r(0,4) + \frac{r(0,5) - r(0,4)}{0,5 - 0,4} \cdot 0,054 = 3 + \frac{4 - 3}{0,1} \cdot 0,054 = 3,54.$$

По *Приложению 3* определяем минимальное значение КЕО для данного разряда зрительных работ: $e_{min} = 1,2 \%$.

Окна в помещении выполняем двойными в алюминиевых рамах, по *Приложению А* находим их коэффициент светопропускания для помещений с незначительным выделением пыли:

$$\tau_g = 0,4.$$

Определим степень затемнения данного помещения зданием, находящимся напротив. Для этого определим ориентировочную высоту размещения карниза здания, стоящего напротив, над подоконниками механического цеха, учитывая что для естественного освещения будут использованы окна размером 2100×1555 мм (согласно *Приложения II*):

$$H_1 = 0,9H - 1,555 = 0,9 \cdot 12 - 1,555 = 9,245 \text{ (м)}.$$

Тогда отношение расстояния между зданиями к высоте размещения карниза напротив стоящего здания над подоконниками механического цеха:

$$\frac{L}{H_1} = \frac{10}{9,245} = 1,08.$$

Определение коэффициента k , учитывающего степень затемнения окон зданиями, стоящими напротив, выполняется согласно табл. 2.2.

Таблица 2.2 – К определению коэффициента k

Значение L/H_1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Коэффициент k	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0

Поскольку при расчете отношения L/H_1 мы получили промежуточное значение, то величину коэффициента k мы будем находить с помощью линейной интерполяции:

$$k(1,08) = k(1,0) + \frac{k(1,5) - k(1,0)}{1,5 - 1,0} \cdot 0,08 = 1,4 + \frac{1,2 - 1,4}{0,5} \cdot 0,08 = 1,368.$$

Определяем суммарную площадь окон при боковом освещении:

$$\sum S_o = \frac{e_{\min} \eta_g S_n k}{100 \tau_g r_1} = \frac{1,2 \cdot 17 \cdot 864 \cdot 1,368}{100 \cdot 0,4 \cdot 3,54} = 170,3 \text{ м}^2.$$

Площадь одного окна:

$$S_o = 2,1 \cdot 1,555 = 3,255 \text{ (м}^2\text{)}.$$

По полученному значению площади одного окна определим необходимое количество окон в данном помещении:

$$n = \frac{\sum S_o}{S_o} = \frac{170,3}{3,255} = 52,3.$$

Окончательно принимаем $n = 53$ окна.

Задания к самостоятельной работе № 2

Рассчитать по световому коэффициенту и коэффициенту естественной освещенности естественное освещение участка технического обслуживания автомобилей с размерами l , b и $h = 8$ м, если коэффициент отражения света от стен $r_{ст}$, от потолка $r_{пот}$, от пола $r_{пол}$, а расстояние до здания напротив L , высота данного здания H . Сравнить полученные результаты, определив процент расхождения. Данные для расчета взять из табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Данные для расчета

№	<i>l, м</i>	<i>b, м</i>	<i>h, м</i>	<i>L, м</i>	<i>H, м</i>	<i>r_{ст}</i>	<i>r_{ном}</i>	<i>r_{пол}</i>
1	13	10	5	10,0	5	0,4	0,7	0,3
2	30	22	5	11,0	2,2	0,5	0,6	0,3
3	14	12	4	12,0	2,2	0,4	0,5	0,3
4	10	6	4	8,0	2,2	0,5	0,7	0,3
5	18	8	4	9,0	2,2	0,4	0,5	0,3
6	60	30	6	10,0	2,2	0,5	0,6	0,3
7	20	16	4	13,0	2,2	0,4	0,6	0,3
8	20	12	7	9,5	2,2	0,5	0,5	0,3
9	19	15	4	8,5	2,2	0,4	0,7	0,25
10	13	13	5	15	2,2	0,5	0,6	0,25
11	10	8,5	5	10,5	2,5	0,4	0,5	0,25
12	20	14	4	3,5	2,5	0,5	0,7	0,25
13	18	17	6	10,5	2,5	0,4	0,5	0,25
14	20	15	4	8,5	2,5	0,5	0,6	0,25
15	10	6,5	4	14	2,5	0,4	0,5	0,25
16	20	18	4	13	2,5	0,5	0,7	0,25
17	18	17	6	12	2,5	0,5	0,6	0,3
18	40	20	4	11	2,5	0,4	0,7	0,3
19	15	15	4	10	2,5	0,5	0,5	0,3
20	16	14	6	9	2,5	0,4	0,6	0,3
21	18	15	5	9	2,5	0,5	0,6	0,3
22	40	15	5	10	2,0	0,4	0,5	0,3
23	14	12	5	11	2,0	0,5	0,7	0,3
24	70	35	5	12	2,0	0,4	0,5	0,25
25	20	10	4	13	2,0	0,5	0,7	0,25
26	10	8	4	7	2,0	0,4	0,5	0,25
27	13	8	5	10	2,0	0,5	0,6	0,25
28	50	40	7	14	2,0	0,4	0,5	0,25
29	18	14	4	12	2,0	0,5	0,7	0,25
30	16	9	5	11	2,0	0,4	0,5	0,25

Практическое занятие № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы: освоить методику оценки естественной освещенности рабочих мест, познакомиться с

принципами расчета основных характеристик естественного освещения.

Приборы и инструменты: люксметр Ю 116 с насадками типов К, М, П и Т, рулетка.

Теоретическая часть

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения нормальных условий труда. Освещение рабочих помещений должно соответствовать требованиям санитарных норм, быть равномерным и не вызывать ослепления работников. Оптимальным является такое освещение, при котором усталость органов зрения минимальна.

Качественно реализованное освещение повышает производительность труда, создает хороший психологический тонус, хорошее самочувствие и позитивный настрой, предотвращает общую усталость организма, хорошо влияет на обмен веществ и сердечно-сосудистую систему, уменьшает вероятность получения производственной травмы.

В данной лабораторной работе естественная освещенность измеряется люксметром Ю 116, который состоит из селенового фотоэлемента 1 с насадками 2 и электрического измерительного прибора 3, проградуированного в единицах освещенности (рис. 2.4).

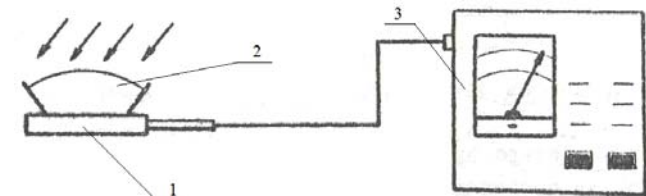


Рис. 2.4 – Конструкция люксметра Ю 116

Принцип действия люксметра основан на преобразовании светового потока в электрический ток. При освещении светом селенового фотоэлемента в нем происходит преобразование световой энергии в электрическую. Образовавшийся ток регистрируется гальванометром 3, проградуированным в единицах освещенности. Данный прибор имеет корректор для установки стрелки на нулевую отметку перед началом измерения.

Фотоэлемент – прибор, в котором электродвижущая сила (ЭДС) возникает под действием света. При освещении полупроводника (если энергия фотонов больше ширины запирающей зоны) в нем образуются пары электрон-дырка, которые

под действием электрического поля p - n перехода разделяются, создавая при этом ток в цепи фотоэлемента.

При изготовлении фотоэлемента сначала из металлической пластины толщины 1...2 мм штампуют круглую подложку 6 (рис. 2.5).

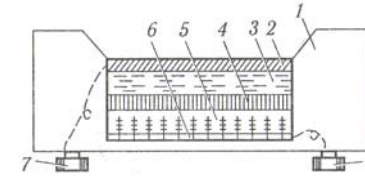


Рис. 2.5 – Структура фотоэлемента

На подложку методами вакуумного напыления наносят слой полупроводника 5 толщиной не более 0,1 мм, после чего его предают термообработке с целью образования p - n перехода. Верхний металлический электрод 2 делают полупрозрачным, чтобы сквозь него в полупроводник проходил свет. Между верхним электродом и слоем полупроводника образуется запирающий слой 4. Селеновый фотоэлемент люксметра Ю 116 смонтирован в пластмассовом корпусе, для подключения фотоэлемента к измерительному прибору используются выводные зажимы 7.

Для уменьшения погрешности измерений освещенности люксметром используется рассеивающая свет насадка K на фотоэлемент, выполненная в виде полусферы из белой пластмассы. Эта насадка используется только вместе с насадками M , P и T , образуя при этом поглотители света с общим номинальным коэффициентом ослабления 10 (КМ), 100 (КП) или 1000 (КТ). Тем самым на три порядка расширяется диапазон измерений люксметра.

Фотоэлементы являются новым перспективным классом электронных полупроводниковых приборов. Кроме селеновых широкое распространение получили сернистосеребряные, силициевые и германиевые фотоэлементы. Главным их преимуществом является возможность непосредственного преобразования световой энергии в электрическую. Такие фотоэлементы на данный момент имеют КПД в пределах 11...15%, по теоретическим расчетам реальным является его увеличение до 22...25%. Уже сейчас батареи из таких фотоэлементов используются на искусственных спутниках и космических кораблях в качестве источника питания, в радиотехнике и радиоэлектронике они почти полностью вытеснили вакуумные лампы.

Порядок выполнения работы:

1. Детально ознакомиться с конструкцией и принципом действия люксметра.
2. Установить на фотоэлемент насадки K и T , после чего определить естественную освещенность под открытым небом в месте, указанном преподавателем. Так как прибор настроен на свет ламп накаливания, полученные результаты освещенности следует умножить на поправочный коэффициент $k = 0,8$
3. Снять с фотоэлемента насадку и измерить освещенность внутри исследуемого помещения непосредственно у окна E_1 , через каждый метр от него до внешней стены E_i и в наиболее удаленном месте E_n . В случае, если освещенность помещения превышает 100 лк, установить на фотоэлемент насадки K и M .
4. По данным измерений построить график зависимости естественной освещенности аудитории как функции расстояния до окон $E_i = E(x)$.
5. Определить коэффициент естественной освещенности по формуле (2.6) для каждого из мест измерения.
6. По данным расчетов построить график зависимости КЕО как функцию расстояния до окон $e_i = e(x)$.
7. Определить среднее значение коэффициента естественной освещенности в исследуемом помещении по формуле 2.10.
8. Вычислить значение светового коэффициента по формуле 2.7.
9. По формуле 2.8 определить угол освещенности.
10. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты измерений и расчетов

$E_{наруж},$ лк	$E_1,$ лк	...	$E_n,$ Лк	$e_1,$ %	...	$e_n,$ %	$e_{ср},$ %	K_c	A

11. Сделать вывод относительно соответствия данного помещения нормам освещенности по значению КЕО, угла освещенности и светового коэффициента.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какая величина называется освещенностью?
2. Что является источником естественного освещения?
3. Раскройте физическую природу света.
4. Какие физические характеристики света существуют?

5. В чем заключается физический смысл функции видимости?
6. Приведите классификацию типов естественного освещения?
7. Назовите особенности освещения рабочих помещений естественным светом?
8. Какие существуют виды расчета естественного освещения?
9. Назовите нормативные величины освещенности рабочих мест.
10. Опишите конструкцию и принцип действия люксметра.

РАЗДЕЛ 3. ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

3.1. Классификация искусственного освещения

Для создания необходимой освещенности на рабочих местах в темное время суток и в помещениях, где не предусмотрено естественное освещение, или оно недостаточное, реализуется искусственное освещение.

По конструктивному исполнению искусственное освещение делится на три типа:

- *общее* – предусмотрено в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы. Может быть равномерным (световой поток равномерно распределяется по всей площади помещения) и локализованным (освещение с учетом расположения рабочих мест);

- *местное* – создается светильниками, концентрирующими световой поток на рабочих местах. Применение только местного освещения не допускается ввиду опасности производственного травматизма;

- *комбинированное* – одновременное общее и местное освещение рабочих мест. Предусмотрено при выполнении точных зрительных работ (слесарные, токарные, фрезерные, контрольные) в местах с вертикальным расположением рабочих поверхностей или с резкими тенями от оборудования.

По назначению искусственное освещение делится на:

- *рабочее* – является обязательным для всех производственных помещений и предназначено для обеспечения производственного процесса, прохода людей, движения транспорта;

- *аварийное* – для продолжения работы при внезапном отключении рабочего освещения которое может вызвать нарушение

технологического процесса, аварию или гибель людей. Минимальная освещенность должна составлять 5% от рабочего, но не менее 2 лк;

– *эвакуационное* – для безопасной эвакуации людей из помещений опасными для прохода местами при аварийном отключении рабочего освещения. Освещенность на уровне пола должна составлять не менее 0,5 лк в помещении и 0,2 лк на открытой территории;

– *охранное* – устраивается вдоль границ территории, охраняемой специальным персоналом. Минимальная освещенность в ночное время должна составлять 0,5 лк. Разновидностью охранного есть сигнальное освещение, которое применяется для фиксации границ опасных зон, указывает на наличие опасности или на безопасный путь эвакуации.

В производственной зоне следует периодически проверять уровень освещенности на рабочих местах и общего освещения, исправность аварийного освещения, чистить и мыть светильники, заменять лампы, вышедшие из строя.

3.2. Качественные характеристики искусственного освещения

Для качественной оценки условий зрительного труда используют следующие величины:

– *показатель ослепления* – критерий для оценки ослепляющего действия света:

$$p_o = 1000 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right), \quad (3.1)$$

где V_1 и V_2 – видимость того же самого объекта при экранировании и при наличии в поле зрения ярких источников света. Видимость характеризует способность глаза воспринимать объект, она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста с фоном и продолжительности экспозиции;

– *показатель дискомфорта* – критерий оценки неравномерности распределения яркости в поле зрения, которая вызывает неприятные ощущения:

$$M = \frac{B_c}{j_q} \sqrt{\frac{W}{L_{ad}}}, \quad (3.2)$$

где B_c – яркость отраженного источника, W – его угловой размер, j_q – индекс позиции источника, L_{ad} – яркость адаптации;

– коэффициент пульсации освещенности – глубина колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока осветительных ламп:

$$k_{\text{пуль}} = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{ср}}} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где E_{max} , E_{min} и $E_{\text{ср}}$ – наибольшее, наименьшее и среднее значения освещенности за период ее колебаний. Данный коэффициент имеет существенное значение при организации искусственного освещения и составляет для газоразрядных ламп 15...25%, для ламп накаливания – 7%, для галогенных ламп – 1%.

– фон – поверхность, на которой происходит различение объекта. Его характеристикой является коэффициент отражения – отношение отраженного от поверхности светового потока к полному потоку, падающему на поверхность:

$$p = \frac{B_{\text{от}}}{B_{\text{пол}}}. \quad (3.4)$$

При значении коэффициента $p > 0,4$ фон считается светлым, при $p < 0,2$ – темным, при $p = 0,2...0,4$ – средним;

– контраст объекта с фоном – характеризует степень различения объекта и фона и является отношением яркости рассматриваемого объекта к фону:

$$k = \frac{B_{\text{ф}} - B_{\text{о}}}{B_{\text{ф}}}. \quad (3.5)$$

При значении коэффициента $k > 0,5$ контраст считается большим, при $k < 0,2$ – малым (объект почти незаметен на фоне), при $k = 0,2...0,5$ – средний контраст.

3.3. Общие сведения о лампах накаливания

В качестве источников искусственного света в настоящее время используются два типа ламп – лампы накаливания и газоразрядные лампы.

Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения, где проводник раскаляется под действием тока до высокой температуры и начинает светиться в видимом диапазоне. Часть потребляемой энергии превращается в излучение, все остальное теряется в результате теплопроводности и конвекции, причем только малая доля излучения лежит в области видимого света, основная доля приходится на инфракрасное излучение.

Лампы накаливания излучают желто-красный спектр, который по составу приближен к дневному свету. Для полностью идентичного излучения следует разогреть тело накаливания до 5500°C (температура поверхности Солнца), однако такая температура недостижима, поскольку любой существующий материал плавится, разрушается и перестает проводить электрический ток. В современных лампах применяют материалы с максимальными температурами плавления – вольфрам (3410°C) и значительно реже осмий (3045°C).

Лампы накаливания по конструкции делятся на:

- *вакуумные* – лампы малой мощности, где из колбы для предотвращения окисления вольфрама откачан воздух;
- *газонаполненные* – более мощные лампы, в которых для уменьшения испарения спирали в колбе создано избыточное давление инертных газов (азота, аргона или криптона);
- *безспиральные с криптоново-ксеноновым наполнением* – тело накаливания имеет вид ленты, а в колбе создано избыточное давление инертных газов;
- *зеркальные лампы-светильники* – предназначены для создания потока рассеянного света;
- *с иодным циклом* – лампы большой мощности, в колбы которых вводятся пары иода для увеличения температуры спирали и предотвращения распыления вольфрама.

Конструкции ламп накаливания весьма разнообразны и зависят от назначения, однако все они имеют общие элементы. На рис. 3.1 показана конструкция лампы накаливания.

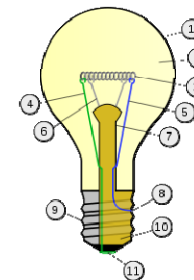


Рис. 3.1 – Конструкция лампы накаливания:

- 1 – колба; 2 – полость колбы; 3 – тело накаливания; 4, 5 – электроды;
6 – держатели тела накаливания; 7 – ножка лампы; 8 – предохранитель;
9 – корпус цоколя; 10 – изолятор цоколя (стекло); 11 – контакт цоколя

В зависимости от типа лампы могут изготавливаться без цоколя или с цоколем различных типов, иметь дополнительную внешнюю колбу, другие конструктивные элементы.

В конструкции ламп общего назначения предусматривается предохранитель из ферроникелевого сплава в цепи одного из электродов в ножке лампы. Его назначение – предотвратить разрушение колбы при обрыве нити накаливания, ведь в зоне разрыва возникает электрическая дуга, которая расплавляет остатки нити и может разрушить стекло колбы, приведя к пожару. Предохранитель при возникновении дуги разрушается, а дуга гаснет.

Большинство современных ламп наполняются химически инертными газами. Потери мощности на теплопроводность уменьшают подбором газа с большой молярной массой. Смеси азота N_2 ($\mu = 28$ г/моль) с аргоном Ar ($\mu = 40$ г/моль) наиболее распространены в силу малой себестоимости, также применяют чистый осушенный аргон, реже – криптон Kr ($\mu = 84$ г/моль) и ксенон Xe ($\mu = 131,3$ г/моль).

К достоинствам ламп накаливания относятся налажено массовое производство, малая стоимость, небольшие размеры и возможность включения в сеть освещения без дополнительных устройств. Они нечувствительны к действию ионизирующего излучения, имеют только активное сопротивление, быстрый выход на рабочий режим, нечувствительны к изменению напряжения в сети, безвредны (отсутствие потребностей в утилизации). Работают на любом роде тока, нечувствительны к полярности напряжения, имеют незначительные пульсации яркости и шумы при работе на переменном токе, непрерывный спектр излучения.

К недостаткам ламп накаливания следует отнести низкую световую отдачу (7...20 лм/Вт), небольшой срок службы (от 5 часов для фар самолета и до 2500 часов обычных ламп), хрупкость, чувствительность к ударам и вибрациям, скачок тока в 10 раз при включении или выключении, возможность взрыва баллона при разрыве нити, пожарную опасность. К тому же лампы накаливания имеют очень низкий КПД, который редко превышает 4 %.

В связи с необходимостью экономии электроэнергии и сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу во многих странах введен или планируется к вводу запрет на производство, закупку и импорт ламп накаливания с целью вынуждения потребителей к их замене на энергосберегающие лампы.

3.4. Газоразрядные лампы искусственного освещения

В условиях роста цен на энергоносители и производство электроэнергии все серьезнее встает вопрос сокращения расходов на освещение помещений и на замену отработавших ламп, особенно если они установлены в труднодоступных местах. Лампы накаливания не отвечают требованиям высокой надежности и экономичности, поэтому их постепенно вытесняют газоразрядные лампы.

Газоразрядная лампа – источник искусственного освещения, который использует для генерации света электрический разряд в газах. Конструктивно такие лампы делятся на:

- *люминесцентные лампы* – свет генерируется слоем люминофора, нанесенного на внутреннюю поверхность баллона, под действием излучения газового разряда. Лампы данного типа, в свою очередь, по характеру генерируемого света делятся на 4 типа:

- лампы дневного света (ЛД) – спектр излучения максимально приближен к солнечному;

- лампы с исправленной цветностью (ЛДЦ) – также имеют спектр, приближенный к естественному свету;

- лампы белого света (ЛБ) – спектр излучения представляет собой белый свет;

- лампы холодно-белого света (ЛХБ) – в спектре излучения присутствуют частоты сине-фиолетового диапазона;

- лампы тепло-белого света (ЛТБ) – в спектре излучения присутствуют частоты желто-красного диапазона.

Разнообразные спектральные характеристики ламп данного типа позволяют правильно подобрать освещение для любых производственных условий, однако для правильного выбора необходимо решение специалистов в данной области – светотехников;

- *газосветные лампы* – наружу выходит свет дугового или тлеющего электрического разряда, горящего в газовой среде;

- *электродосветные лампы* – используется свечение электродов, возбужденных газовым разрядом.

По величине давления газоразрядные лампы делятся на лампы высокого и низкого давления. В качестве рабочего вещества в газоразрядных лампах используют пары металлов (ртути или натрия), инертные газы (неон, ксенон, аргон и криптон) и их смеси. Наибольшую эффективность (150 лм/Вт) на данный момент имеют натриевые лампы, а наиболее распространенными являются ртутные дуговые лампы.

Типичная газоразрядная лампа представлена на рис. 3.2.



Рис. 3.2 – Газоразрядная лампа

Она состоит из следующих деталей:

- *колба* – предназначена для герметизации разрядной зоны, в люминесцентных лампах на нее наносят слой люминофора;
- *цоколь* – имеет такой же диаметр резьбы, как и в лампах накаливания;
- *электроды* – анод и катод используются при горении разряда, зажигающий электрод предназначен для зажигания разряда;
- *резистор ограничения тока* – предназначен для ограничения разрядного тока до установления рабочих параметров разряда (первые 10 – 15 с).

Эффективность источников искусственного освещения зависит от их своевременного обслуживания, поскольку загрязнение стекла ламп может вызвать уменьшение освещенности помещения до 1,5 раз. Поэтому в помещениях со значительным выделением пыли мытье светильников следует выполнять не менее 4 раз в год, во всех остальных – не реже 2 раз в год. Уровень освещенности помещения необходимо проверять не реже 1 раза в год, своевременно заменять лампы, которые слабо светят.

К *преимуществам* газоразрядных ламп можно отнести их высокую световую отдачу (40 – 110 лм/Вт), малую яркость, следствием которой является значительно меньшее ослепляющее действие, чем у ламп накаливания и возможность подбора любого спектра излучения в зависимости от типов работ. Такие лампы имеют значительно более долгий срок эксплуатации (8 – 12 тысяч часов) и более высокий КПД по сравнению с лампами накаливания.

Главным *недостатком* газоразрядных ламп являются пульсации светового потока при их эксплуатации в сетях переменного тока. Пульсации не только утомляют зрение, но и приводят к стробоскопическому эффекту – возникновению

иллюзии остановки вращающихся частей оборудования, что может стать причиной несчастных случаев. Также газоразрядные лампы имеют ограниченные температурные условия труда (не работают ниже 10°C), а их световой поток уменьшается с увеличением срока эксплуатации.

Еще одним недостатком газоразрядных ламп (особенно дуговых ртутных и люминесцентных) является интенсивное образование озона в процессе их эксплуатации. Если для бактерицидных установок это явление является полезным, то в других случаях концентрация озона может существенно превышать допустимую, поэтому помещения должны иметь вентиляцию. Также к недостаткам газоразрядных ламп следует отнести их высокую стоимость, значительные размеры, необходимость пусковой аппаратуры, долгий выход на рабочий режим и наличие вредных компонентов, требующих создания инфраструктуры по утилизации ламп данного типа.

3.5. Расчет искусственного освещения

При проектировании искусственного освещения изначально следует выбрать тип источника света (характеристики ламп приведены в *Приложении И*), систему освещения, вид светильника, определить наиболее целесообразные высоты их размещения, найти число светильников и мощность ламп, необходимых для создания нормируемой освещенности на рабочем месте, после чего осуществить проверку выбранного варианта освещения на его соответствие санитарно-гигиеническим нормам.

Для определения общего освещения горизонтальной рабочей поверхности используется *метод коэффициента использования светового потока*. При этом сначала рассчитывают световой поток одной лампы:

$$F = \frac{E_{\min} Skz}{n \eta}, \quad (3.6)$$

где E_{\min} – минимальная нормативная освещенность, лк; S – площадь освещаемого помещения, м²; k – коэффициент запыленности, который зависит от характера выполняемых работ и определяется по табл. 3.2; $z = 1,1 \dots 1,15$ – коэффициент неравномерности освещения, n – количество светильников, шт; η – коэффициент использования светового потока.

Для определения коэффициента использования светового потока рассчитывают индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{ab}{H_C(a+b)}, \quad (3.7)$$

где a и b – соответственно длина и ширина помещения, м;
 H_C – высота размещения светильников над поверхностью, м.

При одинаковом коэффициенте отражения потолка и стен при определении коэффициента использования светового потока следует пользоваться таблицей 3.1.

Таблица 3.1 – Коэффициент использования светового потока

Индекс помещения i	0,5	1	2	3	4	5
Коэффициент использования светового потока η	0,22	0,37	0,48	0,54	0,59	0,61

Количество ламп, необходимых для освещения рабочего помещения, определяется по формуле:

$$n = \frac{E_{\min} Skz}{F \eta}. \quad (3.8)$$

Расчет местного освещения заключается в определении мощности или светового потока лампы. Для местного освещения в основном используют лампы накаливания, световой поток лампы определяется по формуле:

$$F = \frac{1000 H_C^2 E_{\min}}{\xi}, \quad (3.9)$$

где ξ – показатель, который выбирают по графику 3.3.

По значению светового потока F выбирают лампу накаливания (*Приложение И*). Допускается отклонение светового потока от расчетного в пределах 10...20% в большую сторону.

Освещение помещения считается нормальным, если действительная освещенность равна нормативной или больше нее. В противном случае необходимо увеличить мощность электрических ламп или их количество.

Кроме метода светового потока для оценки искусственной освещенности также используются *точечный метод* и *метод ватт*, подробно рассмотренные в лабораторной работе № 3.

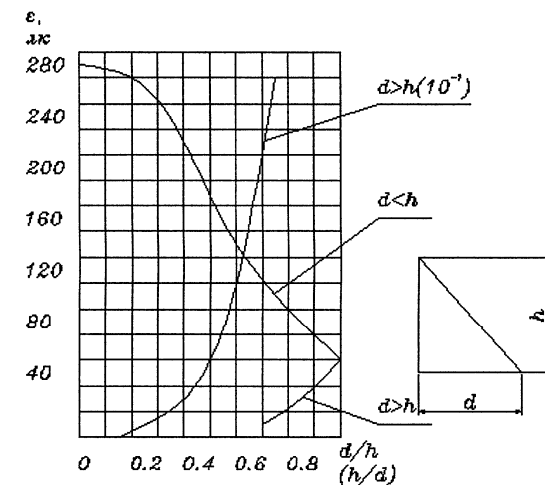


Рис. 3.3 – График определения коэффициента ξ

Самостоятельная работа № 3

РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧЕГО ПОМЕЩЕНИЯ

Цель работы: усвоить алгоритм расчета искусственного общего и местного производственного освещения.

Задача 1. Провести расчет освещения участка покраски автомобилей, длина которого $a = 20$ м, ширина $b = 18$ м, высота $H = 5$ м. Средняя высота рабочей поверхности составляет $h = 0,8$ м. Расчет выполнить методом коэффициента использования светового потока.

Решение

Для общего освещения данного участка используем люминесцентные лампы. Согласно *Приложению Л*, минимальная освещенность участка покраски автомобилей должна составлять

$$E_{min} = 200 \text{ лк.}$$

Расстояние от потолка до рабочей поверхности:

$$H_0 = H - h = 5 - 0,8 = 4,2 \text{ м.}$$

Расстояние от потолка до светильника:

$$h_c = 0,2 \cdot H_0 = 0,2 \cdot 4,2 = 0,84 \text{ м.}$$

Высота светильника над освещаемой поверхностью:

$$H_c = H_0 - h_c = 4,2 - 0,84 = 3,36 \text{ м.}$$

Наименьшая высота подвеса над полом светильников должна быть 3 м. В нашем случае расчетная высота данным требованиям соответствует. Для достижения наиболее равномерной освещенности рабочей зоны рекомендуется соблюдать соотношение:

$$\frac{L}{H_C} = 1,4 \Rightarrow L = 1,4 \cdot H_C = 1,4 \cdot 3,36 = 4,7 \text{ м.}$$

где L – расстояние между центрами светильников, м.

Необходимое количество ламп определяем по формуле:

$$n = \frac{S}{L^2} = \frac{ab}{L^2} = \frac{20 \cdot 18}{4,7^2} = 16,3.$$

Окончательно принимаем $n = 16$ лампы (4 ряда по 4 штуки).

Индекс участка покраски определим через его габаритные размеры по формуле (3.7) :

$$i = \frac{a \cdot b}{H_C \cdot (a + b)} = \frac{20 \cdot 18}{3,36 \cdot (20 + 18)} = 2,82.$$

Далее по табл. 3.1 с помощью линейной интерполяции находим коэффициент использования светового потока для данного i :

$$\eta(2,82) = 0,48 + \frac{0,54 - 0,48}{1} \cdot 0,82 = 0,53.$$

Данные по коэффициенту запаса k для разных типов ламп и помещений приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Значения коэффициента запаса

<i>Характеристика помещения</i>	<i>Люминесцентные лампы</i>	<i>Лампы накаливания</i>
Значительное выделение пыли	2,0	1,7
Среднее выделение пыли	1,8	1,5
Малое выделение пыли	1,5	1,3
Открытые пространства	1,5	1,3

Световой поток определяем по формуле (3.6):

$$F = \frac{E_{\min} abkz}{n \eta} = \frac{200 \cdot 20 \cdot 18 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,53} = 5009 \text{ (лм)},$$

где $z = 1,1$ – коэффициент неравномерности освещения для люминесцентных ламп (для ламп накаливания он составляет 1,15).

По полученному световому потоку по *Приложению II*

выбираем газоразрядную лампу типа ЛБ-80 со световым потоком $F_1 = 5\,220$ лм.

Расчет местного освещения заключается в определении светового потока (или мощности) лампы накаливания. Определяем требуемый световой поток:

$$F = \frac{1000 \cdot H_C^2 \cdot E}{\xi} = \frac{1000 \cdot 3,36^2 \cdot 200}{120} = 6\,667 \text{ лм,}$$

где $H_C = 2$ м – расстояние от ламп до освещаемой поверхности;
 $\xi = 120$ – показатель, определяемый по графику 3.3.

По Приложению II выбираем тип лампы накаливания НГ-500, имеющей световой поток $F = 8\,300$ лм.

Задание для самостоятельной работы № 3

Произвести расчет общего и местного искусственного освещения производственного помещения указанного типа. Исходные данные для расчета взять из табл. 3.3, расчет выполнить методом коэффициента использования светового потока.

Таблица 3.3 – Исходные данные для расчета

№	Тип производственного помещения	a, м	b, м	H, м	h, м
1	Зал ожидания для посетителей	3	5	3,2	0,8
2	Зал заседаний	30	12	3,5	0,8
3	Рабочая комната	4	2,5	3,0	0,8
4	Фойе	10	6	4,5	-
5	Читальный зал	12	8	4	0,8
6	Книгохранилище	60	30	6	-
7	Вестибюль	10	6	4	-
8	Коридор	10	2	3	-
9	Участок ремонта узлов двигателя	9	4,5	4	0,8
10	Лестничная клетка	3	3	3	-
11	Участок мойки автомобилей	10	2,5	4,5	0,8
12	Участок технического обслуживания	20	14	4	0,8
13	Гардероб	8	7	3,3	-
14	Участок текущего ремонта автомобилей	20	15	4	0,8
15	Смотровая яма	10	1,5	2	-
16	Зона обработки металлов давлением	20	18	4	0,8
17	Шиномонтажное отделение	8	7	3,5	0,8
18	Зона хранения автомобилей	40	20	4	-
19	Столярная мастерская	5	5	4	0,8
20	Зона ремонта электрических систем	6	4	3,5	0,8

Продолжение табл. 3.3

21	Участок покраски автомобилей	18	15	4,5	0,8
22	Столовая	40	15	3,5	0,8
23	Санитарно-бытовое помещение	4	2	2,8	-
24	Литейный цех	70	35	5	0,8
25	Медницко-жестяницкое отделение	20	10	4	0,8
26	Участок диагностики зажигания	10	8	3,5	0,8
27	Электрощитовая	3	2	3	-
28	Открытая площадка для хранения автомобилей	50	40	7	-
29	Помещение ремонта сигнализации	8	4	4	0,8
30	Участок диагностики и ремонта систем питания	6	6	4,5	0,8

Практическое занятие № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Цель работы: освоить методику измерения освещенности рабочих мест искусственным светом, изучить виды расчетов искусственного освещения.

Приборы и инструменты: люксметр Ю 116 с насадками типов К, М, П и Т, рулетка.

Теоретическая часть

В связи с тем, что естественное освещение зависит от времени года и времени суток, а потому не является постоянной величиной, для обеспечения нормативной освещенности помещений используют также искусственное освещение. Вместе естественное и искусственное освещение рабочих помещений формируют комбинированное освещение. Для искусственного освещения, как и для естественного, основной характеристикой является освещенность рабочих поверхностей, которая измеряется люксметром.

Люксметр – прибор для измерения освещенности. Используемый в лабораторной работе люксметр Ю-116 (рис. 3.4) состоит из селенового фотоэлемента, который преобразует световую энергию в энергию электрического тока, и измеряет этот фототок с помощью микроамперметра стрелочного, проградуированного в единицах освещенности.



Рис. 3.4 – Люксметр Ю 116

Разные шкалы соответствуют различным диапазонам измеряемой освещенности, переход от одного диапазона к другому осуществляют с помощью переключателя, изменяющего сопротивление электрической цепи. Люксметр данного типа имеет два диапазона измерений: от 0 до 30 лк и от 0 до 100 лк).

Более высокие значения освещенности можно измерять, используя светорассеивающие насадки *М*, *П* и *Т* на фотоэлемент, которые ослабляют падающее на элемент излучение в 10, 100 и 1000 раз соответственно.

Кривые относительной спектральной чувствительности селенового фотоэлемента и среднего человеческого глаза неодинаковы, поэтому показания люксметра зависят от спектрального состава излучения. Обычно приборы градуируют лампой накаливания (как и сделано в люксметре Ю 116), а при измерении освещенности, создаваемой излучением иного спектрального состава, применяют полученные поправочные коэффициенты: $k = 1,17$ – для люминесцентных ламп типа ЛБ; $k = 0,99$ – для люминесцентных ламп типа ЛД; $k = 0,8$ – для естественного света.

Погрешность измерений такими люксметрами составляет не более 10% измеряемой величины. Для сверхточных измерений используют люксметры более высокого класса, оснащенные светофильтрами, в сочетании с которыми спектральная чувствительность фотоэлемента приближается к чувствительности глаза. Также они комплектуются насадкой для уменьшения погрешности при измерении освещенности, создаваемой светом, падающим под углом, и контрольной приставкой для проверки чувствительности прибора. Пространственные характеристики

освещения измеряют люксметрами с насадками сферической и цилиндрической формы. Погрешность измерений наиболее современных люксметров не превышает 1%.

При исследовании искусственного освещения применяется три основных метода:

– **метод ватт** – используется для приближенной проверки соответствия освещенности данного помещения нормативным величинам. Согласно данному методу сначала определяется удельная мощность осветительных ламп:

$$N = \frac{W_{\text{сум}}}{S}, \quad (3.10)$$

где $W_{\text{сум}}$ – суммарная мощность осветительных ламп в данном помещении, Вт; S – площадь пола в помещении, м².

Приближенная освещенность в помещении определяется по формуле:

$$E = Nx, \quad (3.11)$$

где $x = 2,5$ – для ламп накаливания и $x = 15$ – для люминесцентных ламп;

– **метод коэффициента использования светового потока** применяется при расчете общего равномерного освещения горизонтальных рабочих поверхностей с учетом световых потоков, отраженных от потолка и стен. Данный метод позволяет определить необходимую мощность ламп, если задано их количество, или определить количество ламп по известной мощности. Пример применения метода коэффициента использования светового потока приведен в практическом занятии № 2;

– **точечный метод** используется значительно реже, чем два предыдущих и заключается в расчете локализованного освещения или проверке имеющегося освещения в конкретных местах освещаемой поверхности. Данный метод позволяет точно учесть освещенность, создаваемую световым потоком, отраженным от стен и потолка.

Порядок выполнения работы:

1. Детально ознакомиться с конструкцией и принципом действия люксметра.

2. Установить на фотоэлемент насадки K и T , после чего определить естественную освещенность под открытым небом в месте, указанном преподавателем. Поскольку прибор настроен на свет ламп накаливания, полученный результат освещенности следует умножить на исправительный коэффициент $k = 0,8$.

3. Определить освещенность искусственным светом в нескольких точках помещения, начиная от стены с окнами с шагом 1 м. Замеры проводить при затемненных окнах.

4. По данным измерений построить график изменения искусственной освещенности по ширине аудитории:

$$E_i = E(x)$$

и найти среднее значение освещенности.

5. Определить коэффициент естественной освещенности (КЕО) по формуле (2.6) для каждого из мест измерения.

6. По данным расчетов построить график изменения КЕО по ширине аудитории:

$$e_i = e(x).$$

7. Определить среднее значение КЕО в исследуемом помещении по формуле 2.10.

8. Вычислить значение светового коэффициента по формуле 2.7.

9. По формуле 2.8 определить угол освещенности.

10. Определить общую освещенность помещения искусственным и естественным светом в тех же точках, убрав затемнение окон.

11. По данным измерений построить график изменения общей освещенности по ширине аудитории:

$$E_i = E(x)$$

и найти среднее значение общей освещенности.

12. Определить КЕО по формуле (2.6) для каждого из мест измерения.

13. По данным расчетов построить график зависимости КЕО как функцию расстояния до окон:

$$e_i = e(x).$$

14. Определить среднее значение коэффициента естественной освещенности в исследуемом помещении по формуле 2.10.

15. Результаты измерений и расчетов заносим в табл. 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты измерений и расчетов

<i>Тип Освещения</i>	E_1 , лк	...	E_n , Лк	e_1 , %	...	e_n , %	$e_{ср}$, %	K_c	α
Искусственное									
Комбинированное									

16. Сделать выводы относительно соответствия данного помещения нормам освещенности по значению КЕО, угла освещенности и светового коэффициента в темное время суток.

17. Сделать выводы относительно соответствия данного помещения нормам освещенности по значению КЕО, угла освещенности и светового коэффициента в светлое время суток.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какая величина называется освещенностью?
2. Что является источником искусственного освещения?
3. Какова физическая природа света?
4. Какие физические характеристики света существуют?
5. В чем заключается физический смысл функции видимости?
6. Какие существуют типы искусственного освещения?
7. Какие существуют особенности освещения рабочих помещений искусственным светом?
8. Сколько типов расчета искусственного освещения существует и в чем заключается их суть?
9. Какая величина является нормативной при оценке освещения рабочих мест?
10. Опишите конструкцию и принцип действия люксметра.

РАЗДЕЛ 4. ШУМЫ И ВИБРАЦИИ

4.1. Классификация шумов

Шумы – волны звукового (акустического) диапазона, образованные колебаниями твердых, жидких или газообразных тел. Звук распространяется только в упругих средах (жидкости, газы, твердые тела), скорость его распространения в газах определяется по формуле:

$$\nu = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}, \quad (4.1)$$

где γ – показатель адиабаты (для воздуха $\gamma = 1,4$); $R = 8,31$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная; μ – молярная масса газа, кг/моль; T – температура газа, К.

В зависимости от размера и вида звукопроводящего материала волны могут быть двух типов:

– *продольные* – направление колебаний частиц среды совпадает с направлением распространения волны. Такие волны образуют в звукопроводящем материале зоны повышенного и пониженного давления, меняющие со временем свое положение и вызывающие растяжение-сжатие материала;

– *поперечные* – направление колебаний частиц среды перпендикулярно направлению распространения волны. Подобные волны вызывают сдвиг в звукопроводящих материалах, поэтому имеют место лишь в твердых телах.

В табл. 4.1 приведены скорости распространения волн в некоторых материалах.

Таблица 4.1 – Скорости распространения звуковых волн

<i>Вещество</i>	<i>Скорость распространения волн, м/с</i>	
	<i>продольных</i>	<i>поперечных</i>
Алюминий	6 320	3 130
Железо	5 900	3 230
Медь	4 730	2 300
Цинк	4 120	2 350
Кварцевое стекло	5 570	3 520
Вода	1 481	–
Воздух	331	–

Источником шума на производстве зачастую является работающее оборудование, транспортные средства, системы кондиционирования и очистки воздуха. Шумы на производстве и в быту нежелательны, поскольку они негативно влияют на организм человека.

Физическими характеристиками шумов являются:

– *амплитуда* A – максимальное отклонение точки тела, совершающего колебательное движение, от ее начального положения. Единица измерения амплитуды – миллиметр (мм);

– *частота* f – количество полных колебаний точки в единицу времени. Единица измерения частоты – герц (Гц). Ухо человека имеет наибольшую чувствительность в области частот 1000...3000 Гц;

– *период* T – время одного полного колебания точки тела:

$$T = \frac{1}{f}. \quad (4.2)$$

Единица измерения периода – секунда (с).

– *круговая частота* ω – количество полных колебаний за 2π секунд:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}. \quad (4.3)$$

Единица измерения круговой частоты – радиан в секунду (рад/с).

– *интенсивность (сила звука)* I – количество энергии, проходящей за 1 с через единицу площади, перпендикулярную к направлению ее распространения. Единица измерения интенсивности – ватт на метр квадратный (Вт/м^2).

Звуки воспринимаются человеком лишь тогда, когда их интенсивность лежит в пределах от 10^{-12} до 10 Вт/м^2 . Минимальное значение называется нижним порогом слышимости, а максимальное – болевым порогом ощущения, причем эти значения разные для разных частот звука. Зависимость порогов слышимости от частоты звуковой волны приведена в *Приложении К*.

– *звуковое давление* P – абсолютная разница между давлением в данной точке пространства и атмосферным давлением. Единица измерения звукового давления – Паскаль (Па).

По слуховым ощущениям звук характеризуется следующими величинами:

– *уровень интенсивности* (громкость) – сложная функция интенсивности (главным образом) и частоты звука:

$$L = \lg \frac{I}{I_0}, \quad (4.4)$$

где $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ – нулевой уровень интенсивности, которая равна порогу слышимости при частоте 1000 Гц; I – интенсивность звука. Единица измерения уровня интенсивности – бел (Б), однако на практике используют ее десятую часть – децибел (дБ);

– *высота* – функция частоты звука. Удвоение частоты называется октавой, утроение – квинтой, отношения частот 3:4 – квартой. Человек улавливает разницу в частоте двух звуков до 0,1 Гц;

– *тембр* – оттенок, по которому отличаются звуки одинаковой высоты и силы от разных источников. Определяется набором частот простых колебаний, входящих в состав звука.

По частотным диапазонам шумы делятся на три типа:

– *инфразвук* – колебания с частотой от 0 до 16 Гц, возникающие при колебаниях и внезапных движениях массивных тел и не вызывающие при этом звукового ощущения.

– *звуковые (акустические)* – колебания с частотой от 16 до 20 000 Гц. В свою очередь, делятся на низкочастотные (диапазон от 16

до 350 Гц), среднечастотные (диапазон от 350 до 800 Гц) и высокочастотные (с частотой более 800 Гц);

– *ультразвуковые* – колебания с частотой более 20 000 Гц. Они также не вызывают слухового ощущения, используются в средствах связи, пеленгации и локации, в дефектоскопии при обнаружении внутренних дефектов, в медицине.

От частоты шумов зависят пороговые значения силы звука и звукового давления, поэтому необходимо знать частотный спектр шума. Человек воспринимает ухом только звуковые колебания с силой звука в диапазоне 0...140 дБ, причем изменение силы звука менее чем на 1 дБ не ощущается.

По спектру колебаний шумы бывают:

– *широкополосные* – с непрерывным спектром шириной более одной октавы (полосы частот, в которой верхняя частота вдвое больше нижней);

– *тональные* – шумы, в спектре которых есть хорошо слышимые дискретные частоты;

По временным характеристикам шумы делятся на:

– *постоянные* – уровень звука которых за рабочий день изменяется не более, чем на 5 дБ;

– *непостоянные* – уровень звука которых за рабочий день изменяется более чем на 5 дБ. При этом непостоянные шумы подразделяются на три вида:

– колеблющиеся во времени – уровень звука непрерывно изменяется во времени;

– прерывистые – уровень звука изменяется ступенчато, причем длительность интервалов постоянного уровня составляет более 1 с;

– импульсные – один или несколько звуковых сигналов длительностью менее 1 с.

4.2. Защита от шумов

Влияние шума проявляется в нарушениях работы основных систем организма, витаминного обмена, может вызвать гипертоническую болезнь. Специфической реакцией на шум являются изменения в слуховом аппарате человека, при которых изменяется чувствительность, причем характер изменений слуха зависит от частоты шума, его интенсивности и продолжительности.

На рис. 4.1 показана реакцию организма на различные величины силы звука.

Большая сила звука может вызвать изменения в организме человека, поэтому санитарными нормами определены опасные уровни шума (табл. 4.2). Так, сила звука в 155 дБ вызывает ожоги, а в 180 дБ – приводит к смерти.

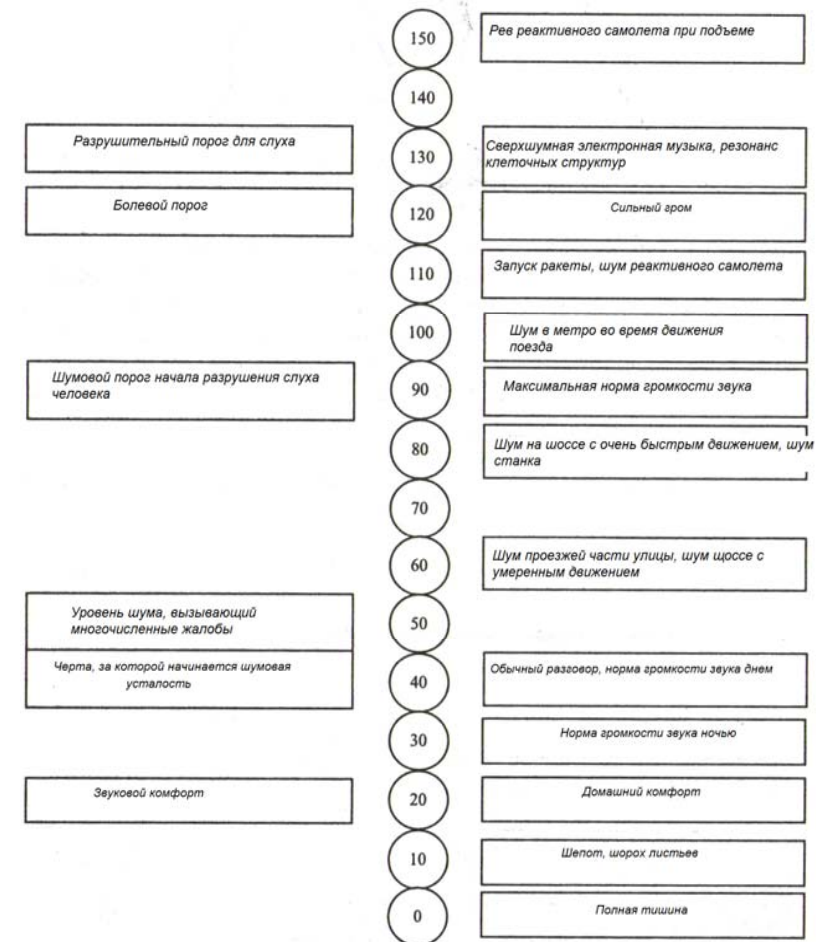


Рис. 4.1 – Шкала силы звука в децибелах (дБ)

Таблица 4.2 – Допустимые уровни интенсивности шумов

<i>Робочие места</i>	<i>Сила звука (дБ) в октавных полосах при частоте, Гц</i>							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Лаборатории теоретической обработки данных	71	61	54	49	45	42	40	38
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49
Научно-исследовательские лаборатории	95	87	82	78	75	73	71	69
Постоянные рабочие места и зоны	99	92	86	83	80	78	76	74
Помещения точной сборки	83	73	68	63	60	57	55	54

На современном этапе развития технологии существует 5 основных направлений защиты от шумов в условиях производства:

– *уменьшение шума в источнике* возникновения достигается путем конструктивных изменений: заменой металлических деталей на полимерные, повышением точности сборки, уменьшением частоты вращения, усовершенствованием кинематической схемы;

– *архитектурно-планировочные мероприятия* – шумные производства komponуют в отдельные комплексы, расположенные за пределами города с подветренной стороны с использованием озеленения;

– *звукоизоляция* – отражение большей части звуковой энергии, падающей на изолирующий средство. Звукоизолирующая способность материала зависит от его структуры и толщины. К звукоизолирующим средствам относятся ограждения, стены, перекрытия, специальные кожухи и т.д.;

– *звукопоглощение* – свойство строительных материалов и конструкций поглощать энергию звуковых колебаний. Способность материалов поглощать шумы характеризуется коэффициентом звукопоглощения – отношение поглощенной поверхностью энергии к полной энергии пришедшей звуковой волны:

$$\alpha = \frac{E_{\text{погл}}}{E_{\text{пад}}} \quad (4.5)$$

Для шумопоглощающих материалов коэффициент $\alpha > 0,2$;

– *использование средств индивидуальной защиты* – противошумной одежды, касок и наушников (внутренних, которые вкладываются в ухо, и внешних, которые закрывают ухо полностью). Но при уровне шума более 120 дБ даже наушники не обеспечивают необходимого ослабления шума.

4.3. Общие понятия о вибрациях

Вибрации – сложный колебательный процесс упругих тел, характеризующийся периодичностью изменения амплитуды колебаний, их частоты и других характеристик. Вибрации преждевременно выводят из строя машины и оборудование, ограничивают их технологические возможности, отрицательно влияют на организм человека.

В зависимости от источника возникновения вибрации делятся на три типа:

– *транспортные* – действуют на персонал транспортных средств на дорогах, при перевозке грузов;

– *транспортно-технологические* – действуют на операторов машин при перемещении грузов, на производственных площадках, платформах;

– *технологические* – действуют на операторов станков и специального оборудования, на котором отсутствуют источники вибраций, превышающие санитарно-гигиенические нормы.

Все вибрации по характеру действия на тело человека также подразделяются на три типа:

– *общие* – передаются на тело человека через опорные поверхности. Такие вибрации вызывают раздражительность, усталость и головную боль, изменения в сердечно-сосудистой системе, вестибулярном аппарате, негативно влияют на обмен веществ;

– *местные (локальные)* – передаются на отдельные части тела человека от инструмента, их следствием является боль в суставах. При вибрациях с частотами 35...250 Гц возникают спазмы кровеносных сосудов конечностей;

– *комплексные* – наиболее распространенный тип, являются результатом одновременного действия двух предыдущих факторов.

К физическим характеристикам вибраций относятся их амплитуда A , частота f , период T и окружная частота ω , определения которых приведены в п. 4.1. Дополнительно также используют следующие величины:

– *виброскорость* v , мм/с – максимальное значение скорости колеблющейся точки:

$$v = 2\pi fA; \quad (4.6)$$

– *виброускорение* a , мм/с² – максимальное значение ускорения колеблющейся точки:

$$a = \frac{4\pi^2 A}{T^2}; \quad (4.7)$$

– *уровень виброскорости* L_v , дБ – характеристика интенсивности вибраций, аналогичная уровню интенсивности звука:

$$L = 10 \lg \left(\frac{v}{v_0} \right)^2, \quad (4.8)$$

где $v_0 = 2 \cdot 10^{-6}$ см/с – нулевой уровень виброскорости, соответствующий порогу звукового давления $2 \cdot 10^{-5}$ Па; v – виброскорость, см/с. Единица измерения уровня виброскорости – децибел (дБ).

4.4. Гигиенические нормы вибраций

Особенно вредны для человека вибрации с частотами, близкими к колебания тела человека или его частей из-за возможности возникновения резонанса.

Резонанс – явление совпадения частоты вибрации с частотой колебаний внутренних органов (6...9 Гц – частота колебаний большинства органов человека, голова колеблется с частотой 17...25 Гц). Для человека, стоящего на вибрирующей поверхности, частота вибраций имеет два резонансных пика – 5...12 Гц и 17...25 Гц, а для человека, сидящего на виброповерхности – один пик 4...6 Гц. Резонанс может вызывать разрыв внутренних органов.

Влияние вибрации на человека также зависит от направления ее действия. Поэтому общие вибрации делят на действующие вдоль осей ортогональной системы координат X , Y и Z , где X и Y – горизонтальные оси, Z – вертикальная ось. Аналогично, местные вибрации делят на действующие вдоль осей ортогональной системы координат X_p , Y_p и Z_p , где X_p совпадает с источником вибраций, Z_p – лежит в плоскости движения X_p .

Вибрации нормируются отдельно для каждого установленного направления в каждой октавной полосе. Гигиенические нормы приведены в виде кривых на рис. 4.2, где по

горизонтальной оси отложены средние частоты октав, а по вертикальной – логарифмические уровни среднеквадратичных значений виброскорости.

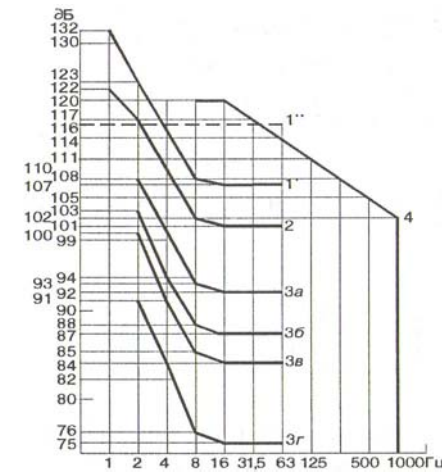


Рис. 4.2. Гигиенические нормы вибраций:

1' - вертикальная, 1'' - горизонтальная, 2 – транспортно-технологическая, 3а – технологическая в производственных помещениях, 3б – в служебных помещениях на судах, 3в – в помещениях без вибрирующих машин, 3г – в помещениях для умственного труда, 4 – локальная вибрация

4.5. Основы виброзащиты

Виброзащита – совокупность методов и средств, позволяющих уменьшить вредное воздействие вибраций. На данный момент существует 5 основных направлений защиты от вибраций в условиях производства:

- *устранение вибраций в источнике возникновения* – разработка кинематических и технологических схем, которые бы максимально снижали технологические вибрации: балансировка роторов и валов, устранения чрезмерных люфтов и зазоров периодическим осмотром машин и механизмов.

- *виброизоляция* – это ослабление связи между источником возникновения колебаний и конструкцией за счет установления между ними виброизоляторов (упругих элементов): стальных пружины, прокладок из резины, упруго-пластических пневморезиновых конструкций, других материалов, способных к

демпфированию энергии вибраций. Принципиальная схема виброзащитной системы показана на рис. 4.3.

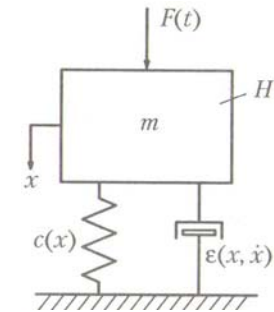


Рис. 4.3 – Виброзащитная система

Она представляет собой параллельное соединение амортизатора (пружины, рессоры или торсиона) с демпфером (жидкостным или газовым);

– *вибропоглощение* – ослабление связи между источником возникновения колебаний и конструкцией за счет нанесения на вибрирующую поверхность слоя упруговязких материалов, частично преобразующих энергию колебаний в тепло. В качестве вибропоглощающих материалов используют резины, мастики и пластики. Однако ослабление связей обычно сопровождается появлением некоторых нежелательных явлений – увеличением статических смещений объекта относительно источника и увеличением амплитуд относительных колебаний при низкочастотных воздействиях. Поэтому использование средств гашения колебаний часто связано с нахождением компромиссного решения, которое удовлетворит всей совокупности технологических требований;

– *виброгашение* – осуществляется путем установки вибрирующего оборудования на жесткие массивные виброгасящие фундаменты или железобетонные плиты. По их периметру устанавливают акустический шов, заполненный легкими упругими материалами, который предназначен для ликвидации передачи колебаний от фундамента к строительным конструкциям. Частным случаем данного типа является динамическое гашение колебаний (рис. 4.4).

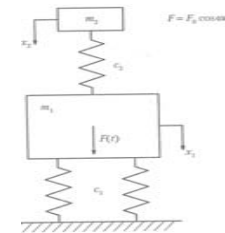


Рис. 4.4 – Принципиальная схема динамического виброгасителя

Динамический виброгаситель присоединяется к объекту, формирует дополнительные динамические воздействия, прикладываемые к объекту в месте соединения с виброгасителем.

Динамическое гашение осуществляется подбором параметров виброгасителя, при которых эти дополнительные действия компенсируют динамические действия, образующиеся источником вибраций.

При правильном подборе параметров виброгасителя амплитуда колебаний объекта m_1 становится равной нулю и данная масса становится неподвижной. Такое явление называется антирезонансом, а частота колебаний динамического виброгасителя:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{c_2}{m_2}} \quad (4.9)$$

называется частотой антирезонанса. Частота антирезонанса совпадает с частотой собственных колебаний массы m_2 при неподвижной массе m_1 ;

– *использование средств индивидуальной защиты* – применяемые средства для рук (перчатки, прокладки и налокотники), ног (специальная обувь и наколенники) и всего туловища (пояса и специальные костюмы).

На работах с виброопасными процессами работникам согласно установленных норм бесплатно выдается одежда (вибродемпфирующие покрытия, рукавицы комбинированные и перчатки со спецподкладкой), специальная обувь (сапоги, ботинки и туфли с подошвами из упруго-демпфирующего материала). В последнее время широкое распространение получили вибродемпфирующие покрытия в виде масел (винипор, антивибрит) НПАОТ 0.00-4.24-94.

Работники, занятые на работах с динамическими процессами, имеют право на оплачиваемые санитарно-оздоровительные перерывы продолжительностью от 15 до 20 минут. Также персоналу, имеющему дело с вибрирующим оборудованием,

следует строго придерживаться режима труда и отдыха, чередуя выполнение операций, связанных с вибрациями, и выполнение операций без их действия. Так время работы с машинами, вибрации которых меньше допустимой нормы, не должно превышать 2/3 рабочей смены.

Длительное воздействие вибраций приводит к профессиональному заболеванию – вибрационной болезни, которая поддается лечению только на первых стадиях развития. Действие местной вибрации вызывает нарушения чувствительности кожи, потерю прочности кровеносных сосудов и чувствительности нервных волокон, окостенение сухожилий, отложения солей в суставах, другие нежелательные проявления.

Вибрация негативно влияет не только на работников, но и на технологическое оборудование, существенно ограничивая срок его эксплуатации. Под действием вибраций имеет место явление усталости материалов – процесс постепенного накопления повреждений в материале, который приводит к образованию трещин и дальнейшему разрушению.

Самостоятельная работа № 4

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКОГО ВИБРОГАСИТЕЛЯ

Цель работы: освоить алгоритм расчета параметров динамического виброгасителя и методику определения основных механических характеристик колебательной системы.

Задача 1. Электрический двигатель массы $m = 90$ кг находится под действием возмущающей гармонической силы

$$F = 45 \cos 5t \text{ Н,}$$

вызванной неуравновешенностью его вращающихся масс. Разработать виброзащитное устройство для уменьшения действия вибраций на фундамент.

Решение

Все задачи виброзащиты и виброизоляции можно разделить на два типа:

– *виброзащита при силовом возбуждении* – возмущающая сила приложена к телу массы m , от вредных вибраций которого следует изолировать фундамент;

– *виброзащита при кинематическом возбуждении* – источником вредных вибраций является фундамент, от которого следует изолировать тело массы m .

В данной задаче имеет место силовое возбуждение. Наиболее эффективной конструкцией виброгасителя является параллельное соединение упругого амортизатора и гидравлического демпфера (рис. 4.5).

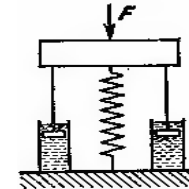


Рис. 4.5 – Расчетная схема виброизолятора

При этом под действием внешней силы F в амортизаторе возникает сила упругости, пропорциональная деформации пружины:

$$F_{np} = -cx,$$

где c – жесткость пружины, Н/м.

В то же время, в демпфере возникнет сила внутреннего трения, пропорциональная скорости движения тела:

$$F_{тер} = -\alpha v = -\alpha \dot{x},$$

где α – коэффициент внутреннего трения, Н·с/м.

Запишем общее уравнение динамики двигателя:

$$\sum F = ma = m\ddot{x} \Rightarrow m\ddot{x} = -cx - \alpha\dot{x} + 45 \cos 5t.$$

Поделим обе части на массу двигателя m , после чего перенесем силы упругости и внутреннего трения в другую сторону:

$$\ddot{x} + \frac{\alpha}{m}\dot{x} + \frac{c}{m}x = 0,5 \cos 5t.$$

Введем понятия частоты собственных колебаний и коэффициента демпфирования:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} \text{ и } 2n = \frac{\alpha}{m}.$$

Теперь уравнение движения двигателя имеет вид:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega_0^2 x = 0,5 \cos 5t.$$

Как известно из курса теоретической механики, действие вибрации на фундамент уменьшится, если выполняется условие:

$$\omega > \sqrt{2}\omega_0,$$

причем чем больше разница, тем больше эффективность виброизоляции, а при разности частот в 4 раза вибрации гасятся почти полностью. Из данного условия определим требуемую жесткость пружины амортизатора:

$$\omega = 4\omega_0 = 4\sqrt{\frac{c}{m}} \Rightarrow \frac{c}{m} = \frac{\omega^2}{16} \Rightarrow c = \frac{m\omega^2}{16} = \frac{90 \cdot 5^2}{16} = 140,6 \text{ (Н/м)}.$$

Далее находим параметры демпфера. Известно, что чем меньше коэффициент относительного демпфирования ν :

$$\nu = \frac{n}{\omega_0},$$

тем более эффективна виброизоляция. Но очень малые значения ν приводят к значительным амплитудам колебаний при резонансе, поэтому принимаем $\nu = 0,5$ и определяем коэффициент демпфирования:

$$n = \nu\omega_0 = \frac{\nu\omega}{4} = \frac{0,5 \cdot 5}{4} = 0,625$$

и коэффициент внутреннего трения жидкости демпфера:

$$\alpha = 2nm = 2 \cdot 0,625 \cdot 90 = 112,5 \text{ (Н·с/м)}.$$

Степень эффективности предложенного устройства характеризует коэффициент виброизоляции K_R – отношение амплитудного значения силы R , действующей на фундамент, до амплитудного значения внешней силы F_0 :

$$K_R = \frac{R_0}{F_0} = \sqrt{\frac{1 + 4\nu^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right)^2 + 4\nu^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1 + 4 \cdot 0,5^2 \cdot 4^2}{(1 - 4^2)^2 + 4 \cdot 0,5^2 \cdot 4^2}} = 0,265.$$

Максимальное действие на фундамент составит 26,5% внешней силы.

Задание для самостоятельной работы № 4

Задача 1. Электрический двигатель массы m кг находится под действием возбуждающей гармонической силы $F = F_0 \cos \omega t$ Н, которая вызвана неуравновешенностью его вращающихся масс. Разработать виброизолятор для уменьшения действия вибраций на фундамент с коэффициентом относительного демпфирования ν . Данные для расчета взять из табл 4.3.

Таблица 4.3 – Данные для расчета

<i>N</i>	$F_0, Н$	$m, кг$	$\omega, рад/с$	ν
1	10	20	8	0,1
2	20	25	9	0,2
3	30	30	10	0,3
4	40	35	11	0,4
5	50	40	12	0,5
6	60	45	13	0,1
7	70	50	14	0,2
8	80	55	15	0,3
9	90	60	16	0,4
10	100	65	17	0,5
11	15	70	18	0,1
12	25	75	19	0,2
13	35	80	20	0,3
14	45	85	21	0,4
15	55	90	22	0,5
16	65	20	8	0,1
17	75	25	9	0,2
18	85	30	10	0,3
19	95	35	11	0,4
20	105	40	12	0,5
21	60	45	13	0,1
22	70	50	14	0,2
23	80	55	15	0,3
24	90	60	16	0,4
25	100	65	17	0,5
26	60	70	18	0,1
27	70	75	19	0,2
28	80	80	20	0,3
29	90	85	21	0,4
30	100	90	22	0,5

Практическое занятие № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Цель работы: научиться определять уровни шума на рабочих местах и выбирать эффективные методы его снижения.

Приборы и инструменты: источник шума (разрывная машина УМ-5), шумомер АТТ-9000, шумопоглотительные экраны.

Теоретическая часть

Главным признаком современного производства является существенное возрастание интенсивности шумов, что является результатом внедрения в промышленность новых технологических процессов, материалов, роста мощности оборудования и машин. Поэтому защита человека от шума является одной из наиболее актуальных проблем охраны труда, ведь шум на производстве наносит большой экономический и социальный ущерб, обладает раздражающим действием, ускоряет процесс утомления, ослабляет внимание и психические реакции, приводя к снижению производительности труда и увеличению случаев производственного травматизма.

В структуре профессиональных заболеваний около 20% приходится на заболевания органа слуха. Производственный шум является опасным для здоровья работника, если его интенсивность превышает определенный уровень. Санитарные нормы шума в производственных помещениях приведены в табл. 4.4.

Восприятие человеком шума является сугубо индивидуальным и зависит от возраста, состояния здоровья и характера трудовой деятельности. Больше влияние шум оказывает на людей, занятых умственным трудом, чем физическим. Особенно тревожит шум непонятного происхождения, возникающий в ночное время суток.

С физической точки зрения шум – волновой процесс, который характеризуется силой, частотой, интенсивностью, амплитудой колебания, звуковым давлением и скоростью. С физиологической точки зрения – любой звук, негативно воспринимаемый человеком. Минимальные и максимальные пределы колебаний, воспринимаемые ухом человека, называются звуковым порогом. Человеческое ухо воспринимает звуковые

колебания в диапазоне от 16 до 20 000 Гц. По природе возникновения все шумы можно разделить на:

- *механические* – возникают из-за трения в деталях механизмов при их относительном движении или ударных процессах (ковка, штамповка, клепка);

- *аэродинамические* – возникают в результате движения газа или при обтекании потоками газа (воздуха) различных тел. Их причинами являются вихревые процессы и пульсации рабочей среды, они характеризуются очень высоким уровнем звука;

- *гидравлические* – возникают вследствие стационарных и нестационарных процессов в жидкостях (кавитация, турбулентность, гидравлические удары);

- *электромагнитные* – возникающие в электрическом оборудовании, причиной чаще всего является эффект магнитострикции.

Для измерения уровня звука на рабочих местах используются шумомеры, состоящие из измерительного микрофона, усилителя, электрической цепи с фильтрами и измерительного детектора с тремя временными характеристиками (медленно, быстро, импульс).

Измерения проводятся на постоянных рабочих местах, а также на местах длительного пребывания работников. Шум воспринимается с помощью микрофона, который преобразует звуковые колебания в электрические. При проведении измерений шума микрофон необходимо располагать на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки (если работа выполняется стоя) или на высоте уха человека, подвергающегося воздействию шума (если работа выполняется сидя). Микрофон должен быть удален не менее, чем на 0,5 м от человека, проводящего измерения. Измерение шума на рабочих местах проводится при работе не менее 2/3 единиц технологического оборудования, но при этом должны быть включены все наиболее мощные источники шума. В лабораторной работе используется шумомер АТТ-9000 (рис. 4.6).

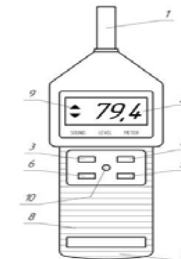


Рис. 4.6 – Конструкция шумомера АТТ-9000

Шумомер АТТ-9000 предназначен для измерения уровня звука частотой от 31,5 Гц до 8 кГц в диапазоне его силы от 30 до 130 дБ. Прибор имеет режимы *Fast* (измерение быстро изменяющихся шумов) и *Slow* (постоянные шумы), а также фиксацию максимальных значений, его чувствительность составляет 0,1 дБ. Шумомер имеет две шкалы для измерений уровня звука: А – работает в диапазоне частот, воспринимаемых человеческим ухом и используется для измерений шумов окружающей среды, С – для измерения шумов, создаваемых технологическим оборудованием.

Для выполнения измерений уровня звука переключатель 4 необходимо установить в положение *A* или в положение *C* и с помощью переключателя 6 выбрать диапазон измерений так, чтобы минимизировать допуски отсчетов. В левом углу дисплея установлен индикатор выхода за пределы диапазона измерений 9. Он отображает символ «A» или символ «V», если выбранные пределы диапазона в децибелах превышают измеренное значение, или ниже него. В таком случае переключателем 6 следует изменить диапазон измерений.

В зависимости от временных характеристик измеряемого звука переключатель 5 необходимо установить в положение *Fast* или *Slow*, после чего направить микрофон на источник шума. При этом на дисплее высветится результат измерения в децибелах (дБ). Если при измерениях уровня звука возникает необходимость запомнить максимальное (пиковое) значение на дисплее, переключатель 5 необходимо установить в положение «*Max. hold*» фиксации максимальных значений.

Порядок выполнения работы:

1. Включить двигатель разрывной машине УМ-5 и без использования звукоизоляции измерить уровень шума L на расстоянии 1, 2, 3, 4 и 5 м на высоте 1,5 м от пола. По полученным результатам построить график зависимости силы звука от расстояния до источника.

2. Установить звукоизолирующую перегородку и снова провести замеры уровня шума $L_{пер}$ от данного источника на тех же расстояниях и той же высоте. Построить график зависимости силы звука $L_{пер}$ от расстояния до источника в тех же координатах.

3. Определить эффективность установки звукоизолирующей перегородки по формуле:

$$L_{эф} = L - L_{пер}.$$

4. Определить коэффициент поглощения шума по формуле:

$$\gamma = \frac{1}{2\delta} \ln \frac{L}{L_{пер}},$$

где δ – толщина перегородки.

5. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты измерений и расчетов

	1 м	2 м	3 м	4 м	5 м
Уровень шума L , дБ					
Уровень шума $L_{пер}$, дБ					
Коэффициент δ , м ⁻¹					

Вопросы для самоконтроля:

1. Какими параметрами характеризуется шум?
2. Как шум влияет на самочувствие человека?
3. Приведите классификацию шумов по частотным характеристикам.
4. Приведите классификацию шумов по спектральным составам.
5. Что называется ультразвуком, когда он возникает?
6. Что такое инфразвук, какое влияние он оказывает на человека?
7. Опишите конструкцию и принцип действия шумомера.

ЧАСТЬ 2. ОСНОВЫ ПОЖАРНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

РАЗДЕЛ 5. ОСНОВЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. Общие сведения о процессе горения

Горение – химическая реакция окисления, которая сопровождается выделением тепла и света. Для возникновения горения необходимо одновременное присутствие трех следующих компонентов:

- *горючего вещества* – любого твердого, жидкого или газообразного вещества, способного к окислению с выделением света и теплоты;

- *окислителя* – им могут быть кислород, хлор, фтор, сера и вещества, содержащие кислород и способные выделять его при нагревании, ударе или в естественных условиях;

- *источники возгорания* – открытые (пламя, искры, раскаленные предметы) и закрытые (химические реакции, адсорбция, микробиологические процессы, трение) источники теплоты, способные вызвать горение.

Первые два компонента вместе образуют горючую систему, которая может быть химически однородной (горючее вещество и воздух равномерно перемешаны) и химически неоднородной (горючее вещество и воздух имеют границы разделения).

В зависимости от состава горючей системы горение бывает двух видов:

- *полное* – протекает при достаточном количестве окислителя;

- *неполное* – протекает при недостатке окислителя с образованием горючих и токсических веществ.

Процесс горения может протекать в следующих формах:

- *возгорание* – горение под действием источника зажигания;

- *вспышка* – быстрое, кратковременное возгорание смеси воздуха с горючими парами или газами, происходящее при поднесении пламени, раскаленного тела или искры. Количество теплоты, выделяющейся при вспышке, оказывается недостаточно для продолжения горения. Происходит при температуре, называемой температурой вспышки – наименьшей температуре, при которой образуемая смесь горючих газов или паров с воздухом вспыхивает при поднесении пламени;

– *самовозгорание* – резкое увеличение скорости экзотермических реакций, приводящее к горению вещества. В зависимости от причины, бывает:

– *химическое* – теплота, выделяемая в результате самоокисления, не передается в окружающую среду, что приводит к постепенному повышению температуры горючего вещества до температуры самовоспламенения. Так может загореться влажный каменный уголь, уложенный в штабеля, промасленная ветошь в куче;

– *микробиологическое* – самовозгорание влажных растительных продуктов в результате интенсивной деятельности микроорганизмов (при определенной температуре и влажности), приводящей к повышению температуры до 70°C. При этой температуре микроорганизмы гибнут, а их разложение сопровождается дальнейшим повышением температуры, началом самоокисления вещества и еще большим ростом температуры. Так могут загореться стог сена, опилки в куче;

– *тепловое* – возникающее в результате самонагрева, обусловленного процессами окисления, разложения и внешнего нагрева;

– *воспламенение* – возгорание, сопровождающееся появлением пламени. Характеризуется температурой воспламенения – наименьшей температурой вещества, при которой оно выделяет горючий пар со скоростью, достаточной для поддержания устойчивого горения;

– *самовоспламенение* – самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени. Возможно только если количество тепла, выделяющегося при окислении, превышает отдачу тепла в окружающую среду. Основными характеристиками являются:

– *температура самовоспламенения* – самая низкая температура вещества, при которой возникает резкое увеличение скорости экзотермических реакций, которое заканчивается горением с пламенем;

– *период индукции* – отрезок времени от начала окисления до возгорания;

– *взрыв* – процесс высвобождения большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени. Сопровождается образованием сжатых газов, способных выполнять работу. Способность горючих смесей к взрыву характеризуется интервалом от нижней до верхней границы зажигания смеси. Вне

данных интервалов взрыва не происходит из-за недостатка горючего вещества или окислителя.

Горение, вышедшее из под контроля, называется **пожаром**. Совокупность продуктов горения и несгоревших твердых и жидких частиц, находящихся во взвешенном состоянии, называют дымом. В состав дыма могут входить токсичные вещества – оксиды азота, фосген, цианид водорода, оксид мышьяка III - опасные для человека и животных.

Опасными факторами пожара являются открытый огонь и искры, повышенная температура искры и предметов, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода, возможность обрушения строительных конструкций, взрыв.

5.2. Классификация помещений и материалов

Пожарная безопасность зданий и сооружений зависит от свойств материалов, из которых они построены. Строительные материалы по способности к горению делятся на три группы:

1. *Негорючие* – материалы, которые под действием огня или высокой температуры не загораются, не тлеют и не обугливаются. К ним относят все естественные и искусственные неорганические материалы, гипсовые и гипсоволокнистые плиты при содержании органической массы менее 8%, минеральные плиты при содержании синтетической, битумной или крахмальной связки менее 6% по массе, а также применяемые в строительстве материалы.

2. *Трудногорючие* – материалы, которые под действием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют, обугливаются, продолжают гореть или тлеть при наличии источника огня, а после его удаления горение или тление прекращается. К ним относят материалы, состоящие из несгораемых и сгораемых составляющих, например асфальтобетон, гипсовые и бетонные детали с органическими заполнителями, цементный фибролит, древесина, подвергнутая глубокой пропитке антипирогенами, войлок, вымоченный в глиняном растворе, полимерные материалы.

3. *Горючие* – материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются или тлеют и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня (древесина, битум, гудрон, войлок, бумага, картон, декоративно-строительные пластики).

Жидкости, хранящиеся в производственных помещениях, в свою очередь делятся на два типа:

- *легковоспламеняющиеся жидкости* – имеют температуру вспышки, не превышающую 61°C в закрытом тигле и способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания;

- *горючие* – имеют температуру вспышки более 61°C в закрытом тигле и способны самостоятельно гореть после удаления источника возгорания.

Важной характеристикой строительных конструкций является огнестойкость. Под огнестойкостью понимают сопротивляемость строительных материалов конструкций воздействию огня. Характеризуется пределом огнестойкости и пределом распространения огня.

Предел огнестойкости – время в часах от начала испытания до возникновения одного из предельных состояний элементов и конструкций: образования сквозных трещин, повышение температуры выше допустимого значения на поверхности конструкции, которая не нагревается; потеря конструкцией несущей или теплоизолирующей способности.

Предел огнестойкости зависит от материала и размеров конструкции, а также от способа защиты ее от огня. Например, предел огнестойкости деревянной стены толщиной 10 см, оштукатуренной с двух сторон – 0,6 часа, кирпичной перегородки толщиной 6,5 см – 0,75 часа, кирпичной стены толщиной 38 см – 11 часов.

Предел распространения огня – максимальный размер повреждений в сантиметрах обугливание или выгорание материала, а также оплавление термопластов, определенный визуально.

Согласно требованиям ОНТП 24-86 взрывопожарная опасность производств, зданий и сооружений оценивается с учетом свойств и количества материалов, которые там находятся. Все помещения по данной классификации делятся на 5 категорий:

- *категория А* – горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C в количестве, которое может образовывать взрывоопасные парогазовые смеси, взрываться или гореть при контакте с водой, кислородом или между собой с избыточным давлением взрыва свыше 5 кПа;

- *категория Б* – горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°C в количестве, которое может образовывать взрывоопасные смеси с избыточным давлением взрыва свыше 5 кПа;

– *категория В* – легковоспламеняющиеся, горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие материалы, способные при контакте с водой, кислородом или между собой только гореть при условии, что помещения, где они хранятся или используются, не относятся к категориям А и Б;

– *категория Г* – негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением тепла, искр, пламени, горючих газов;

– *категория Д* – негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Согласно категориям помещений формируются требования к планировочным решениям зданий и сооружений относительно их огнестойкости.

5.3. Огнегасящие вещества

Основными огнетушащими веществами являются вода, химическая и воздушно-механическая пены, водные растворы солей, инертные и негорючие газы, водяной пар, тушащие соединения и порошки.

Вода – наиболее дешевое и распространенное огнетушащее вещество. По сравнению с другими веществами имеет наибольшую теплоемкость, поэтому пригодна для тушения большинства горючих веществ. При испарении воды образуется большое количество пара (1 литр воды дает 1 725 литров пара), который затрудняет доступ воздуха к очагу горения. Кроме того, сильная струя воды может сбить пламя, обеспечив тушение пожара. Эффект тушения водой может быть повышен путем подачи ее в распыленном состоянии, распыленной водой эффективно тушатся горящие твердые вещества и материалы, горючие жидкости. При таком тушении снижается расход воды, минимально намокают и портятся материалы, снижается температура в очаге горения и осаждается дым. Для тушения веществ, плохо смачиваемых водой (хлопок, торф), в воду добавляют специальные смачиватели.

Предприятия, учреждения, строительные площадки, учебные заведения должны иметь постоянное противопожарное водоснабжение, что обеспечит подачу воды к месту пожара в любое время суток в необходимом количестве. Расход воды зависит от степени огнестойкости здания. Диаметр наружных противопожарных водопроводов должен быть не менее 100 мм. На

водопроводных линиях вдоль дорог и проездов через каждые 100 м и не ближе 5 м от стен здания размещают пожарные гидранты. Это водозаборные устройства, размещаемые под землей (в специальных колодцах) или над землей. Во время забора воды присоединяют к гидранту пожарную колонку. Места установки гидрантов обозначают специальными указателями (рис. 5.1). Символ ПК означает пожарный колодец, цифра – расстояние в метрах, а стрелки – направление.

В производственных зданиях оборудуют противопожарный водопровод с пожарными кранами на высоте 1,35 м от пола, производительностью не менее 0,005 м³/с и напором 0,6 МПа (6 атмосфер). Для внутренних пожарных кранов применяют тканевые непрорезиненные рукава диаметром 51 и 66 мм, длиной 10 и 20 м.



Рис. 5.1 – Обозначение пожарных колодцев

Водой нельзя тушить легковоспламеняющиеся жидкости (керосин, бензин), поскольку ее плотность больше и вода скапливается снизу, увеличивая площадь горения.

Водяной пар применяется для тушения пожаров в помещениях объемом до 500 м³ и небольших загораний на открытых установках. Пар увлажняет горючие материалы и снижает концентрацию кислорода. Огнетушащая концентрация пара в воздухе составляет 35% от общего объема. Как отмечалось ранее, из 1 литра воды образуется 1 725 литров водяного пара, который целесообразно применять для тушения пожаров на крупных предприятиях, имеющих мощное паросиловое хозяйство.

Водные растворы солей (бикарбонат натрия, хлорид кальция, глауберова соль, аммиачно-фосфорные соли) применяются для тушения веществ, плохо смачиваемых водой (хлопок, древесина, торф). Соли, выпадая из водного раствора, образуют на поверхности горящего вещества изолирующие пленки. При разложении солей выделяются негорючие газы, которые изолируют объект горения от доступа воздуха.

Химическая пена образуется при взаимодействии щелочного и кислотного растворов в присутствии пенообразователя

(84% нефтяного контакта, 5% костного клея, 11 % этилового спирта и каустической соды). При этом получается двуокись углерода. Действие химической пены заключается в образовании пленки, которая снижает температуру горения, а также в образовании негорючих паров и газов, которые вытесняют воздух из зоны горения.

Воздушно-механическая пена представляет собой смесь воздуха (90%), воды (7%) и пенообразователя ОП-1 (3%) и характеризуется своей кратностью. Пену обычной кратности (20) получают с помощью воздушно-пенных стволов. Сейчас в практике тушения пожаров находит применение пена высокой кратности (свыше 200), как более объемная. Она образуется в специальных генераторах, где воздух не всасывается, а подается под определенным давлением.

Инертные и негорючие газы (двуокись углерода и азот) понижают концентрацию кислорода в очаге горения и тормозят интенсивность горения. Инертные газы применяют в сравнительно небольших по объему помещениях. Относительная концентрация инертных газов при тушении в закрытых помещениях составляет 31...36% от объема помещения. Двуокись углерода является незаменимым средством для быстрого тушения пожара. Вследствие расширения при выпуске происходит сильное охлаждение и образуются белые хлопья твердого диоксида углерода. В очаге горения они испаряются, снижая температуру и уменьшая концентрацию кислорода.

Огнетушащие вещества – вещества, действие которых основано на химическом торможении реакции горения. Одним из таких соединений является хладон 13У1 (трифторбромметан), также применяются составы на основе бромистого этилена (3,5; 4НД7; СЖБ, 5Ф). Цифры 3,5 и 7 означают, что эти соединения 3,5 и 7 раз эффективнее двуокиси углерода. Эти соединения имеют большую плотность, что повышает эффективность пожаротушения, а низкие температуры замерзания позволяют использовать их при низких температурах воздуха.

Огнетушащие порошки – измельченные минеральные соли с различными добавками, которые препятствуют их перемешиванию и образованию комков. Применяются для тушения пожаров твердых веществ, различных классов горючих жидкостей, газов, металлов и оборудования, которые находятся под действием электрического напряжения. Различают порошки общего и специального назначений. Основным составом порошка ПСБ

является бикарбонат натрия; порошка ПФ – диамоний фосфат; П-1А – аммофос; СИ-2 – силикагель, насыщенный хлоридом 114У2 и другие.

5.4. Средства выявления пожаров

Одним из условий успешного тушения пожара является быстрое обнаружение очага возгорания, своевременное извещение пожарной команды о пожаре и месте его возникновения.

Самым распространенным средством пожарной сигнализации является телефонная связь. У каждого телефона должен быть четкая надпись с указанием способа вызова и номера ближайшей пожарной команды. Если телефон включен в АТС, то вызов пожарной команды осуществляется набором номера 101. Это так называемая внешняя сигнализация. Часто на предприятиях оборудуется общая звуковая сигнализация (сирена, гудок). Наиболее совершенным видом является электрическая пожарная сигнализация (ЭПС). Она включает в себя следующие элементы:

- *извещатель* – автоматическое устройство, которое воспринимает и анализирует контролируемую величину, преобразует ее в электрический сигнал и, в случае достижения ей критического значения, подает сигнал о пожаре;
- *приемная станция* – получает сигнал о пожаре от извещателя;
- *сеть* – соединяет приемную станцию с извещателями.

В зависимости от способа включения извещателей ЭПС делятся на лучевую и шлейфовую. При лучевой схеме включения извещатели подключаются к приемной станции парой проводов, образуя луч (рис. 5.2).

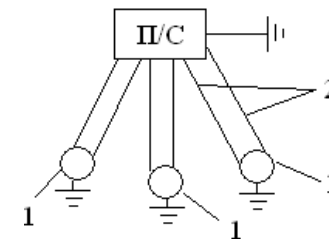


Рис. 5.2 – Лучевая пожарная станция:
1 – извещатель, 2 – соединительные провода, 3 – приемная станция

В каждый луч можно включить до трех извещателей. При включении одного из извещателей на станции получается одинаковый сигнал, указывающий номер луча. Система обеспечивает одновременный прием сигналов со всех извещателей, включенных в приемную станцию.

При шлейфовой (кольцевой) ЭПС извещатели включаются в один общий провод последовательно (рис. 5.3).

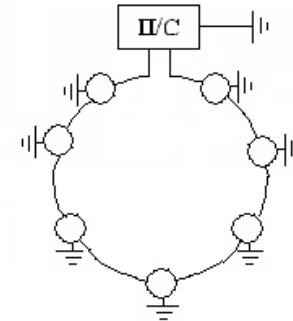


Рис. 5.3 – Шлейфовая (кольцевая) пожарная станция

Начало и конец провода включены в приемную станцию. На один шлейф может быть включено до 50 извещателей.

Пожарные извещатели делят на приборы ручного и автоматического действия. Извещатели *ручного действия* бывают кнопочные и кодовые: первые выдают при нажатии дискретный сигнал, поступающий на приемную станцию, вторые – после передачи определенного кода.

Извещатели устанавливают в коридорах, на лестницах, в других местах постоянного нахождения людей. Недостаток ручной системы электрической сигнализации заключается в том, что сообщение о пожаре может быть передано только после его обнаружения.

Автоматические извещатели позволяют обнаружить возгорание в момент его возникновения и передать сообщение в пожарную часть. В зависимости от анализируемого параметра автоматические оповещатели бывают:

– *тепловые* – реагируют на температуру в помещении. По типу чувствительного элемента делятся на биметаллические, полупроводниковые и термопарные, по принципу действия тепловые оповещатели делятся на максимальные, дифференциальные и максимально-дифференциальные

– *максимальные извещатели* срабатывают при повышении температуры воздуха до температуры настройки, которая лежит в диапазоне от 20 до 120°C независимо от скорости ее нарастания. Чувствительным элементом является биметаллическая пластина, которая замыкает цепь сигнального реле при нагревании до определенной температуры;

– *дифференциальные извещатели* срабатывают при определенной скорости нарастания температуры (5 – 10°C/мин). Чувствительным элементом является термопара, которая имеет инерционный (холодный) и малоинерционный (горячий) спаи. Поскольку они нагреваются с разными скоростями, то в цепи появляется термо-ЭДС (эффект Зеебека) и срабатывает система сигнализации;

– *максимально-дифференциальные* извещатели срабатывают как при определенной скорости нарастания температуры, так и при достижении ее пороговой величины, поэтому являются наиболее точными и надежными;

– *дымовые* – разделяются на ионизационные и фотоэлектрические. Чувствительным элементом в *дымовых ионизационных извещателях* является ионизационная камера в виде сетки. Источник α -частиц (их пробег в воздухе порядка 10 см) ионизирует воздух, что вызывает ток между электродами. При наличии дыма ток ионизации уменьшается, так как частицы дыма препятствуют движению ионов между электродами, и извещатель срабатывает. В извещателе РИД-1 используется радиоактивный плутоний-239 (рис. 5.4).

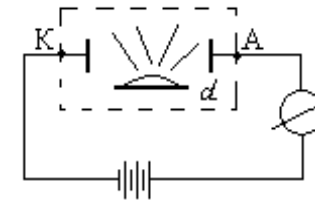


Рис. 5.4 – Схема ионизационного дымового ивещателя

Фотоэлектрические дымовые извещатели (ИДФ-1М, ДИП-1) работают на принципе рассеяния частицами дыма теплового излучения. В помещениях с ровным потолком дымовые извещатели устанавливают при высоте потолка 3,5...6,5 м по одному на каждые 70 м², при высоте 6,5...10 м – по одному на каждые 65 м². На

потолки с высотой выступов 0,2...0,35 м общая площадь на один извещатель уменьшается на 20%.

Процесс горения сопровождается выделением лучистой энергии. В световых извещателях чувствительным элементом является лампы СПУ-1, СПУ-2 или СПК-1. Это счетчики фотонов – газонаполненные лампы, катод которых выполнен в виде спирали, а анод в виде цилиндра (рис. 5.5).

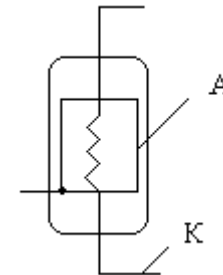


Рис. 5.5 – Схема фотоэлектрического извещателя

Если фотонов нет, то счетчик не освещен, сопротивление между электродами большое и ток не проходит. При освещении счетчика фотоны ионизируют атомы газа между электродами. Под действием приложенной разности потенциалов начинается направленное движение заряженных частиц: ионов – к катоду, а свободных электронов – к аноду. В цепи появляется ток и извещатель срабатывает.

Ультразвуковой извещатель ФИКУС-МП излучает волны в контролируемое помещение. Приемник колебаний в виде микрофона преобразует их в электрический сигнал. При наличии в помещении колеблющихся объектов (пламя) отраженные от него ультразвуковые колебания имеют частоту, отличную от излучаемой (эффект Доплера). Разница в частотах излучаемого и принятого сигналов в виде электрического тока выделяется в схеме блока и усиливается, что приводит к срабатыванию реле приемной станции. Контролируемая площадь до 1 000 м², недостаток – возможность ложных срабатываний и высокая стоимость.

Световые извещатели работают на принципе преобразования ультрафиолетового излучения открытого пламени в электрическую энергию. Они реагируют на УФ-излучение с длиной волны 300...2000 нм и предназначены для контроля объектов с нормальной освещенностью.

Из числа приемных станций наиболее распространенными являются станция ТПО-10/100 (тревожная лучевая оптическая). Она допускает включение как ручных так и автоматических извещателей. Также выпускается промышленностью приемная станция пожарной сигнализации «Комар-сигнал 12 АМ».

5.5. Методы тушения пожаров

В современной практике используется два метода тушения пожаров – физический и химический.

Физический метод тушения пожаров реализуется следующими путями:

- *охлаждение* – отвод тепла из зоны горения, который осуществляется смачиванием горючих веществ, перемешиванием их слоев или эвакуацией горючих веществ и материалов из зоны горения;

- *разрежение* – увеличение теплостойкости горючей системы, которое осуществляется через объемное разрежения окислителя или горючих веществ инертными газами и паром;

- *изоляция очага горения* от воздуха путем механического отрыва пламени воздушной ударной волной, изоляцией поверхностей горючих веществ с помощью воды, пены или кошмы, или эвакуацией горючих веществ.

Химический метод тушения пожаров реализуется с помощью флегматизации процесса горения, которая заключается в разжижении горючей пыле-, газо - и паровоздушной системы а также орошении поверхностей горючих материалов флегматизирующими веществами.

Самостоятельная работа № 5

ВЫБОР ТИПОВ И КОЛИЧЕСТВА СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Цель работы: усвоить алгоритм выбора первичных средств пожаротушения для производственных помещений.

Задача 1. Для участка технического обслуживания и текущего ремонта (ТО и ТР) легковых автомобилей, который имеет длину $a = 30$ м и ширину $b = 20$ м, выполнить расчет средств первичного тушения пожаров.

Решение

Определяем площадь пола участка ТО и ТР автомобилей:

$$S = ab = 30 \cdot 20 = 600 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Выбор типа и определение необходимого количества огнетушителей осуществляется согласно *Приложения И* в зависимости от их огнетушащей способности, предельной площади, класса пожара горючих веществ: *класс А* – пожары твердых веществ органического происхождения, горение которых сопровождается тлением (древесина, текстиль, бумага); *класс В* – пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ; *класс С* – пожары газов; *класс D* – пожары металлов и их сплавов; *класс Е* – пожары, связанные с горением электроустановок. В *Приложении И* знаком «++» обозначены рекомендуемые к оснащению данного объекта огнетушители, а знаком «+» – огнетушители, применение которых разрешается в случае отсутствия рекомендованных.

Определяем тип помещения и класс пожара. Участок ТО и ТР принадлежит согласно требованиям ОНТП 24-86 к *категории В* (раздел 5.2) с возможными пожарами классов *А, В* и *Е*. Согласно *Приложения И* в такой комбинации рекомендованными огнетушителями является пенный вместимостью 10 л (2 штуки) или порошковый вместимостью 10 л (1 штука) или углекислотный вместимостью 10 л (2 штуки) на 200 м² защищенной площади. В нашем случае количество огнетушителей следует умножить на 3.

При возможных комбинированных пожарах на производстве предпочтение при выборе огнетушителя отдается более универсальному по области применения. Пенным огнетушителем нельзя тушить электрическое оборудование, а углекислотным – спирт, ацетон и другие жидкости, растворяющие углекислоту. В данном случае наиболее универсальным и самым дешевым является порошковый огнетушитель, поэтому окончательно принимаем огнетушитель порошковый ОП-10 – 3 штуки. Кроме огнетушителей устанавливаем бочку с водой вместимостью 0,4 м³ (400 л) из расчета 200 л на 300 м² защищаемой площади. Бочка комплектуется ведром вместимостью не менее 0,008 м³ (8 л). Включаем в комплект средств пожаротушения также ящик с песком вместимостью 0,5 м³, укомплектованный совковой лопатой.

Задания для самостоятельной работы № 5

Для указанного производственного помещения, имеющего длину a и ширину b , определить тип и рассчитать количество первичных средств тушения пожаров. Данные для расчета взять из табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Данные для расчета

<i>№</i>	<i>Тип помещения</i>	<i>a, м</i>	<i>b, м</i>
1	Учебная аудитория	15	8
2	Участок мойки автомобилей	35	20
3	Участок ТО и ТР	30	15
4	Агрегатный цех	45	30
5	Книгохранилище	40	25
6	Горячий цех	60	35
<i>№</i>	<i>Тип помещения</i>	<i>a, м</i>	<i>b, м</i>
7	Участок покраски автомобилей	40	20
8	Склад смазочных материалов	30	30
9	Склад гофротарной продукции	40	25
10	Кабинет химии	10	5
11	Холодный цех	45	30
12	Электрощитовая	10	8
13	Слесарная мастерская	33	30
14	Участок механической обработки металлов	40	35
15	Шиномонтажный участок	30	15
16	Помещение для хранения автомобилей	40	20
17	Столярная мастерская	35	15
18	Участок ремонта электрических систем автомобиля	40	15
19	Участок мойки автомобилей	40	30
20	Участок ТО и ТР	35	20
21	Агрегатный цех	45	25
22	Книгохранилище	70	30
23	Горячий цех	28	20
24	Участок покраски автомобилей	50	35
25	Склад смазочных материалов	40	15
26	Склад гофротарной продукции	35	20
27	Кабинет химии	12	8
28	Холодный цех	25	15
29	Электрощитовая	20	10
30	Слесарная мастерская	45	40

Практическое занятие № 5

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПЕРВИЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с классификацией, конструкцией и принципом действия первичных средств тушения пожаров, получить навыки применения огнетушителей различных типов, изучить конструкцию спринклерной и дренчерной установок пожаротушения.

Приборы и инструменты: огнетушитель химический пенный, огнетушитель воздушно-пенный, огнетушитель углекислотный, огнетушитель порошковый.

Общие сведения

Огнетушитель – средство тушения возгораний и небольших пожаров на начальной стадии их развития. По объему огнетушащего вещества подразделяются на малоемкостные (до 5 л), промышленные ручные (от 5 до 10 л) и передвижные (свыше 10 л).

По массе огнетушители делятся на переносные (до 20 кг) и передвижные (от 20 до 400 кг). Передвижные огнетушители могут иметь одну или несколько емкостей с огнетушащим веществом, смонтированных на тележке. По роду огнетушащего вещества подразделяются на водяные, пенные (химические и воздушные), газовые (углекислотные и хладоновые), порошковые и комбинированные. В свою очередь, водные огнетушители подразделяются по виду создаваемой струи на огнетушители с компактной струей, с распыленной струей (средний диаметр капель более 100 мкм) и огнетушители с распыленной струей малой дисперсности (средний диаметр капель менее 100 мкм).

По принципу вытеснения огнетушащего вещества огнетушители подразделяют на закачанные, с баллоном сжатого или сжиженного газа, с газогенерирующим элементом, с термическим элементом и с эжектором.

По величине рабочего давления огнетушители бывают низкого давления (рабочее давление не более 2,5 МПа при температуре 20°C) и огнетушители высокого давления (рабочее давление выше 2,5 МПа при температуре 20°C). По возможности и способу восстановления технического ресурса огнетушители подразделяют на перезаряжаемые, ремонтируемые и однократного действия.

Химические пенные огнетушители – наиболее распространенный тип, используемый для тушения твердых горючих веществ и горючих легковоспламеняющихся жидкостей. Так как пена проводит электрический ток, такими огнетушителями нельзя тушить электрическое оборудование под напряжением. Также нельзя тушить калий, натрий, магний и их сплавы, поскольку в результате взаимодействия с водой, содержащейся в пене, выделяется водород, усиливающий горение. Имеющаяся в пене вода также портит ценное оборудование, вещи и бумаги.

Наиболее распространенной маркой огнетушителей данного типа является ОХП-10 (рис. 5.6). Производительность такого огнетушителя составляет 43...50 литров при кратности пены 5...6 и длине струи до 6 м, емкость баллона – 10 литров, полезная емкость – 8,7 литра, масса в снаряженном состоянии – 14,5 кг.

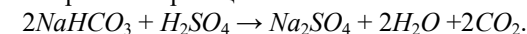


Рис. 5.6 – Внешний вид и конструкция химического пенного огнетушителя ОХП-10:

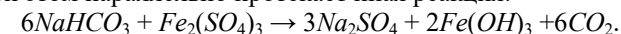
1 – корпус, 2 – баллон, 3 – боковая ручка, 4 – горловина, 5 – рычаг, 6 – шток, 7 – крышка, 8 – клапан, 9 – предохранитель, 10 – нижняя ручка.

Щелочная часть заряда заливается в стальной корпус, она состоит из 8,5 л воды, 400 г сухого гидрокарбоната натрия $NaHCO_3$ и 50 г пенообразователя. Кислотная часть заливается в полиэтиленовый стакан, размещенный в верхней части корпуса, и состоит из 160 серной кислоты H_2SO_4 и 290 г сернокислого окисного железа $Fe_2(SO_4)_3$. Для приведения в действие огнетушитель необходимо снять с кронштейна, установить на пол и, держа левой рукой за ручку 3 на корпусе, правой поднять рычаг 5, поворачивая вокруг оси до упора. При этом сжимается пружина внутри горловины 4 и клапан 9 открывает горловину кислотного стакана. После этого взять огнетушитель правой рукой за рукоятку 3, а левой-за днище, на расстоянии 4 – 6 метров от источника

возгорания быстро перевернуть его кверху дном и энергично встряхнуть. Кислотная часть при этом смешивается с щелочной, в результате чего протекает реакция:



При этом параллельно протекает иная реакция:



В результате реакций выделяется углекислый газ, который заполняет полости в пене и создает избыточное давление внутри корпуса до 1,4 МПа, который и выталкивает пену из огнетушителя в виде струи. Тушение возгорания проводят от периферии к центру, время действия огнетушителя составляет 60 сек. За этот период образуется большое количество химической пены. Во время использования огнетушителя возможно попадание пены на кожу и в глаза. В этом случае следует промыть пострадавшие участки водой или 2% раствором борной кислоты.

Воздушно-пенные огнетушители по конструкции подобны химическим пенным огнетушителям, используются для тушения различных твердых веществ и металлов, за исключением щелочных металлов и электрооборудования под напряжением, а также веществ, горящих без доступа воздуха.

Огнетушители данного типа делятся на ручные (ОВП-5 и ОВП-10) и стационарные (ОВП-100, ОВП-250). Зарядом в корпусе такого огнетушителя является 6%-ный водный раствор и пенообразователь ОП-1. Давление в корпусе огнетушителя создается сжатым углекислым газом, который находится в специальном баллоне внутри огнетушителя. Сжатый раствор через сифонную трубку попадает в распылитель и диффузор, где происходит образование воздушно-механической пены кратностью 60 в количестве 540 литров. Время действия огнетушителя составляет 45 с, его внешний вид и конструкция приведены на рис. 5.7.



Рис. 5.7 – Внешний вид и конструкция воздушно-пенного огнетушителя ОВП-10:
1 – корпус, 2 – диффузор, 3 – трубка, 4 – крышка, 5 – ручка, 6 – рычаг, 7 – шток, 8 – баллон, 9 – сифонная трубка

Углекислотные огнетушители (рис. 5.8) – газовые огнетушители, предназначенные для тушения небольших пожаров различных веществ и материалов, а также электроустановок, кабелей и проводов, находящихся под напряжением до 1000 В.

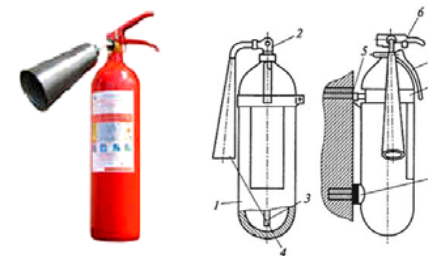


Рис. 5.8 – Внешний вид и конструкция углекислотного огнетушителя ОУ-2:
1 – баллон, 2 – вращающийся раструб, 3 – запорная головка, 4 – сифонная трубка, 5 – крюк, 6 – чека, 7 – ручка, 8 – хомут, 9 – упор

Нельзя гасить ими спирт и ацетон, поскольку они растворяют углекислоту, а также вещества, горящие без доступа воздуха. Приводятся в действие вручную, для этого следует сорвать пломбу, выдернуть чеку, повернуть рычаг на себя и направить струю заряда на огонь.

Через вентиль сжатая жидкая углекислота попадает в патрубок, где адиабатно расширяется, за счет чего ее температура снижается до -70°C . При переходе углекислоты из жидкого состояния в газообразное ее объем увеличивается в 500 раз, при этом вследствие резкого охлаждения образуется снегоподобное вещество, которое при испарении охлаждает источник возгорания и изолирует его от кислорода. Углекислотный огнетушитель следует держать за ручку во избежание обморожения рук, хранить его подальше от источников теплоты для предотвращения саморазряда. Основные рабочие характеристики углекислотных огнетушителей приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Характеристики углекислотных огнетушителей

<i>Показатель</i>	<i>ОУ-2</i>	<i>ОУ-5</i>	<i>ОУ-8</i>
Емкость баллона, л	2	5	8
Масса заряда, кг	1,4	3,5	5,6
Время действия при 20°C , с	30	35	40
Длина струи, м	1,5	2	3,5
Рабочее давление, МПа	6	6	6
Полная масса, кг	7	15	20,7

Углекисотно-бромэтиловые огнетушители (рис. 5.9) – газовые огнетушители, предназначенные для тушения возгораний жидкого топлива, твердых горючих веществ, веществ, горящих без доступа воздуха или тлеющих (хлопок, изоляционные материалы), особо ценного оборудования и электрических установок под напряжением до 400 В. Надежно работают в интервале температур от -60 до +55°С. В качестве заряда применяют вещество, состоящее из 97% бромистого этила C_2H_5Br и 3% сжиженного углекислого газа. Сжатый воздух вводится внутрь огнетушителя для создания в нем рабочего давления 0,86 – 0,90 МПа при температуре 20°С.



Рис. 5.9 – Внешний вид и конструкция углекисотно-бромэтилового огнетушителя ОУБ-3 (ОУБ-7):

1 – пусковой рычаг, 2 – запорная головка, 3 – рукоятка, 4 – крепление, 5 – баллон, 6 – кронштейн, 7 – распылитель, 8 – предохранительный колпак

При попадании в источник возгорания бромистый этил тормозит экзотермическую реакцию горения. Эффективность углекисотно-бромэтиловых огнетушителей почти в пять раз выше, чем углекислотных. Основные характеристики таких огнетушителей приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Характеристики углекисотно-бромэтиловых огнетушителей

Показатель	ОУБ-3	ОУБ-7
Емкость баллона, л	3	7
Масса заряда, кг	3,5	8
Время действия при 20°С, с	20	30
Длина струи, м	4	4
Рабочее давление, Мпа	0,8	0,8

Хладоновые огнетушители (ОХ) и их разновидности бромхладоновые (ОБХ) и аэрозольные хладоновые (ОАХ) имеют

конструкцию, идентичную с углекислотно-бромэтиловыми и предназначены для тушения возгораний горючих жидкостей и электроустановок, находящихся под напряжением до 400 В. Из-за небольших габаритных размеров они используются для тушения возгораний автотранспорта, судов и других транспортных механизмов, запрещается применять их для тушения щелочных металлов.

Хладоновые огнетушители по эффективности тушения превосходят углекислотные, для тушения пожара достаточно меньшего по массе и объему огнетушителя. Заряд этих огнетушителей токсичен, поэтому тушение в закрытых помещениях объемом менее 50 м³ следует производить через дверные или вентиляционные отверстия, после чего помещение следует тщательно проветрить. Для приведения в действие хладоновых огнетушителей и их разновидностей следует поднести их за ручку к очагу пожара и, нажимая на кнопку или рычаг замочно-пускового устройства, вскрыть предохранительную мембрану и направить струю на пламя.

Порошковые огнетушители – предназначены для тушения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, твердых горючих материалов и редкоземельных металлов. Их используют при тушении пожаров на объектах с большими материальными ценностями (лаборатории, музеи, картинные галереи) и электрического оборудования, находящегося под напряжением свыше 380 В. Такие огнетушители имеют высокую эффективность и во многих случаях могут заменить более дорогие углекислотные и пенные огнетушители, конструкция порошкового огнетушителя показана на рис. 5.10.

Огнетушащим веществом в огнетушителях данного типа является порошок ПСБ, состоящий из бикарбоната натрия и аэросила. Такие огнетушители стабильно работают при температуре от -50 до +50°С.

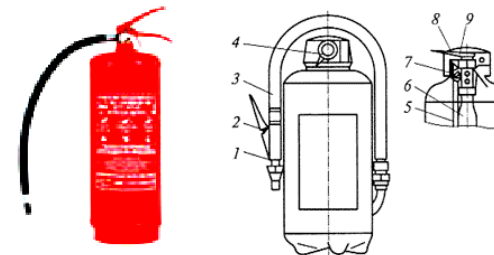


Рис. 5.10 – Внешний вид и конструкция порошкового огнетушителя ОП-5:
1 – пистолет,
2 – рычаг, 3 – ручка,
4 – пломба,
5 – сифонная труба;
6 – баллончик,
7 – игла, 8 – корпус,
9 – чека

Для создания давления в корпусе и выброса порошка служит сжатый газ (азот, двуокись углерода или воздух), находящийся в небольшом баллончике 6 под давлением 15 МПа. Для приведения огнетушителя в действия следует ударить его головкой о твердый предмет. При этом игла 7 пробивает алюминиевую пробку баллончика, в результате чего углекислота попадает к корпусу и разжижает порошок, увеличивая его текучесть. Давлением газа в корпусе из насадки сбрасывается колпачок и порошок начинает поступать из огнетушителя в виде расширяющейся струи.

Кроме огнетушителей к первичным средствам тушения пожаров относятся *системы автоматического пожаротушения*, предназначенные для предотвращения, ограничения развития, тушения пожара и защиты от него людей и материальных ценностей. Такие системы обеспечивают постоянный контроль температуры и задымленности в контролируемом помещении, подачу сигнала «Тревога» на пульт централизованного наблюдения, включение звуковых и световых извещателей, закрытие огнесдерживающих клапанов, включение системы удаления дыма на путях эвакуации людей и подачу огнетушащего вещества.

Системы автоматического пожаротушения по огнетушащим веществам делят на газовые (CO_2 , аргон, азот, хладоны), водяные, пенные, водо-пенные (вода с пенообразователем), порошковые (порошки специального химического состава), аэрозольные (подобны порошкам, но частицы на порядок меньшего размера), распылительные и комбинированные. Наибольшее распространение среди автоматических систем тушения пожаров получили водяные системы, которые бывают двух типов:

- *спринклерные* – предназначены для локального тушения пожара, имеют низкую чувствительность и независимы (полностью или частично) от пожарной сигнализации, поэтому эффективны при защите помещений, пожар в которых развивается быстро и сопровождается интенсивным тепловыделением;

- *дренчерные* – предназначены для тушения пожара на всей территории предприятия или его значительной части.

Спринклер (рис. 5.11) является клапаном, закрытым при помощи термочувствительного замочного устройства. В большинстве случаев – это стеклянная колба с жидкостью, которая лопается при заданной температуре. Спринклеры устанавливаются на трубопроводе, внутри которого поддерживается нужное давление воды или воздуха.



Рис. 5.11 – Спринклер

При возникновении пожара замковое устройство спринклера разрушается и клапан открывается. Это приводит к подаче воды или воздуха из трубопровода и падение давления в нем. Сигнал с датчика давления запускает насос для подачи воды в трубопровод и обеспечивает подачу необходимого количества воды к месту возгорания.

Спринклерные системы осуществляют подачу воды только к месту возгорания, что позволяет уменьшить ее расход. Максимальная площадь, защищаемая одним спринклером – 12 м².

В дренчерных системах, в отличие от спринклерных, применяют открытые насадки, которые называются дренчерами (рис. 5.12).



Рис. 5.12 – Дренчер

Вода для тушения пожара подается в трубопровод только в случае его возникновения, причем в большом количестве и одновременно на всю контролируемую площадь. Дренчерные системы используются для создания водяных завес, охлаждения чувствительных к нагреву и легковоспламеняющихся объектов, там где возможно быстрое распространение огня.

Подача воды в дренчерную систему обеспечивается дренчерным узлом управления, который может активироваться электрическим, пневматическим или гидравлическим способом.

Сигнал на запуск дренчерной системы пожаротушения подается от системы пожарной сигнализации или вручную.

Порядок выполнения работы:

1. Провести осмотр и частичную разборку типов изучаемых огнетушителей.
2. Выяснить назначение отдельных элементов, их конструктивную связь, особенности работы.
3. Измерить характерные размеры изучаемых конструкций, необходимые для вычисления их рабочих объемов, подачи.
4. Вычертить конструкционные схемы изучаемых огнетушителей.
5. По результатам измерений отдельных элементов огнетушителей вычислить рабочий объем, записать и проанализировать формулу подачи и других параметров.
6. Кратко описать особенности исследуемых конструкций огнетушителей, принцип их работы, основные рабочие параметры.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите первичные средства пожаротушения.
2. По каким признакам классифицируют огнетушители?
3. Опишите конструкцию, назначение и порядок использования химического пенного огнетушителя.
4. Назовите компоненты заряда химического пенного огнетушителя.
5. В чем заключается механизм действия химической пены?
6. Назовите недостатки химических пенных огнетушителей.
7. В чем заключается механизм действия углекислоты?
8. Опишите конструкцию, назначение и порядок использования углекислотного огнетушителя.
9. Опишите конструкцию, назначение и порядок использования углекислотно-бромэтилового огнетушителя.
10. Опишите конструкцию, назначение и порядок использования порошкового огнетушителя.
11. Опишите конструкцию и область применения хладоновых огнетушителей.
12. Для чего используются автоматические системы пожаротушения?
13. В чем различие между спринклерными и дренчерными системами пожаротушения?

РАЗДЕЛ 6. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Физические основы электрической безопасности

Электрическая энергия широко используется на производстве для освещения и отопления рабочих мест, выполняет силовые функции в приводе машин и механизмов. Она облегчает работу, способствует повышению производительности труда, однако она же является одним из главных опасных факторов на производстве. Как свидетельствует статистика, более 40% травм, приведших к потере трудоспособности или смерти работника, связаны с поражением электрическим током.

Ток – направленное движение электрически заряженных частиц под действием электрического поля. Для возникновения и существования тока необходимо наличие в среде свободных зарядов и электрического поля. В металлах носителями заряда являются отрицательно заряженные электроны.

Сила тока – главная количественная характеристика тока, скалярная величина, равная электрическому заряду q , который проходит через данное сечение проводника в течение времени t :

$$I = \frac{q}{t}. \quad (6.1)$$

Единицей силы тока в системе СИ является ампер (А).

Существует два вида электрического тока:

– *постоянный ток (DC)* – его сила и направление не меняются во времени (рис. 6.1, а);

– *переменный ток (AC)* – его сила и напряжение изменяются по величине и направлению (рис. 6.1, б). Частным случаем такого тока является пульсирующий ток, который со временем меняется только по величине (рис. 6.1, в).

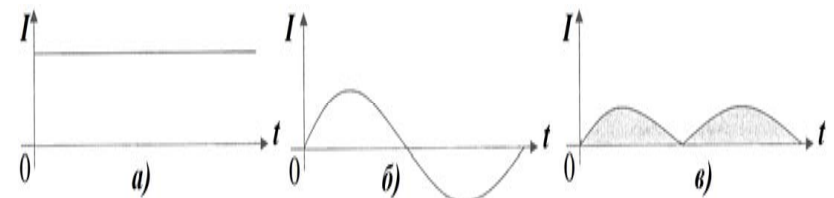


Рис. 6.1 – Зависимость силы тока от времени:
а – постоянный ток; б – переменный синусоидальный ток; в – пульсирующий ток

По количеству фаз ток может быть однофазным (бытовая сеть) и трехфазным. На агрегатах сверхвысокой мощности иногда используют шестифазный ток.

Напряжение – работа, которую необходимо совершить для перемещения единичного электрического заряда из одной точки электрического поля в другую. Единица измерения напряжения – вольт (В). В промышленности больше всего используется электрический ток с напряжением 127, 220 и 380 В. Связь между силой тока и напряжением при неизменной температуре проводника задается законом Ома:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (6.2)$$

где R – электрическое сопротивление проводника.

Электрическое сопротивление – физическая величина, которая характеризует способность данного материала проводить электрический ток. Единица измерения электрического сопротивления – ом (Ом). На практике величина сопротивления находится в пределах (10^{-6} до 10^8 Ом) и зависит от материала и формы проводника. Для прямолинейного металлического проводника:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (6.3)$$

где ρ – удельное сопротивление материала проводника, Ом·м; l – длина проводника, м; S – площадь поперечного сечения проводника, м².

Наименьшее удельное сопротивление из химических элементов имеют серебро, медь и алюминий. По величине удельного сопротивления все материалы делятся на три класса:

- **диэлектрики** (*изоляторы*) – материалы, которые не проводят электрический ток, их удельное сопротивление находится в пределах $10^6 - 10^{17}$ Ом·м. Неспособность проводить ток связана с отсутствием свободных заряженных частиц, которые могли бы переносить электрический заряд. К диэлектрикам относятся стекло, керамика, резины, пластмассы, газы при нормальных условиях, сухая древесина и много других материалов. Диэлектрики бывают двух видов:

- *пассивные* – используются только для изоляции токопроводящих частей и получения определенной электрической емкости в конденсаторах;
- *активные* – применяются для генерации, усиления, модуляции и преобразования электрических сигналов. К

ним относятся сегнето - и пьезоэлектрики, пироэлектрики, электреты, люминофоры и жидкие кристаллы.

- **проводники** – материалы, которые хорошо проводят электрический ток, их удельное сопротивление находится в пределах $10^{-8} - 10^{-5}$ Ом·м. К ним относятся все металлы, вода, растворы кислот и щелочей, газы в ионизированном состоянии. Проводники делятся на четыре подкласса:

- *материалы высокой проводимости* – предназначены для передачи тока с наименьшими потерями (*Cu, Al, Fe, Ag, Au, Pt* и их сплавы). Используются при изготовлении проводов, кабелей и других токоведущих частей электрического оборудования;
- *сверхпроводники* – металлы и сплавы, сопротивление которых становится равным нулю ниже определенной критической температуры;
- *материалы высокого сопротивления* – металлические сплавы, образующие твердые растворы (нихром, хромель, алюмель, константан), из которых изготавливают резисторы, термопары и нагревательные элементы;
- *композиционные материалы*, имеющие высокое удельное сопротивление, повышенную стойкость к действию электрической дуги, образующейся при разрыве контактов.

- **полупроводники** – по значению удельного сопротивления ($10^{-6} - 10^8$ Ом·м) занимают промежуточное положение между диэлектриками и проводниками. Их особенностью является зависимость сопротивления от интенсивности внешнего воздействия: температуры, освещенности, длины волны излучения, напряженности электрического поля, давления. Используются при изготовлении полупроводниковых диодов, транзисторов, светодиодов, фоторезисторов, тензодатчиков. Наиболее распространенными являются кремний *Si* и германий *Ge*.

6.2. Общие определения электробезопасности

Электробезопасность – система правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических и лечебно-технических средств и мероприятий, направленных на сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе оперативного обслуживания и выполнения работ в действующих электроустановках.

Действующая электроустановка (ЭУ) – установка, которая находится под напряжением или может оказаться под ним при поломке коммутационных аппаратов. Все электрические установки делятся на два типа: с напряжением до 1000 В и с напряжением свыше 1000 В.

Основными причинами поражения электрическим током являются:

- *прикосновение к токоведущим частям* – в процессе эксплуатации все токоведущие части действующих ЭУ должны быть ограждены с вывешиванием соответствующих знаков;

- *прикосновение к нетоковедущим частям, оказавшихся под напряжением* – металлические корпуса оборудования, которые могут оказаться под напряжением из-за замыкания фаз или поломки коммутационной аппаратуры, должны быть заземлены;

- *использование неисправным оборудованием и электрическим инструментом* – перед выполнением работ в электроустановках следует проверить на инструменте дату следующей поверки, если она уже прошла, пользоваться таким инструментом запрещается. Для инструмента, который не подлежит периодической поверке, перед использованием проводят визуальный осмотр. Согласно статистическим данным, поражение электрическим током составляет лишь 1% от общего количества производственных травм, однако оно является причиной 40% смертельных случаев.

Все помещения по опасности поражения электрическим током делятся на три класса:

- *помещения без повышенной опасности* – сухие непыльные помещения с нормальной температурой воздуха и изолирующими полами. Монтаж электрических установок в них выполняется обычным проводом без усиленной изоляции;

- *помещения с повышенной опасностью* – характеризуются наличием одного из пяти условий повышенной опасности: относительная влажность помещения более 75%, наличие токопроводящей пыли и токопроводящего пола (металлического, железобетонного или земляного), температура более 35°C, возможность одновременного прикосновения к металлоконструкциям зданий, имеющих соединение с землей, и металлическим корпусам оборудования.

- *особо опасные помещения* – характеризуются влажностью порядка 100%, химически или биологически активной средой (агрессивные газы, пары и жидкости), способной привести к

разрушению изоляции токопроводящих частей оборудования, а также сочетанием двух или более условий повышенной опасности.

6.3. Факторы поражения электрическим током

1. **Величина тока** – главный фактор, характеризующий степень тяжести электрической травмы. В *Приложении М* приведены сведения о влиянии на организм человека токов разной величины. Для характеристики такого влияния используют пороговые величины:

- *порог чувствительности* – минимальная сила тока, которую ощущает человек. Он составляет 0,6...1,5 мА для переменного (частота 50 Гц) и 5...7 мА для постоянного тока. Такой ток безопасен для человека;

- *пороговый неотпускающий ток* – минимальная сила тока, при которой человек не может самостоятельно оторвать руки от токоведущих частей. По величине такой ток не опасен для человека, однако при длительном воздействии может привести к тяжелым последствиям и даже смерти. При постоянном токе человек может самостоятельно оторвать руку от проводника при любой силе тока, однако в момент отрыва возникают болезненные сокращения мышц, аналогичные возникающим при переменном токе. Человек способен выдержать боль при отрыве от токоведущих частей при силе тока не более 50 – 80 мА.

- *пороговый фибрилляционный ток* – минимальная сила тока, при которой происходит фибрилляция сердечной деятельности пострадавшего. Вызывает смерть потерпевшего, если время прохождения тока превышает 1 с, составляет 100 мА для переменного тока при 50 Гц и 300 мА для постоянного тока. Ток силой более 5 А вызывает немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции.

- *предельно допустимый ток* – максимальная сила тока, которая не вызывает электрической травмы при любой продолжительности действия.

2. Род и частота тока. Сопротивление тела человека имеет емкостную составляющую, поэтому изменение частоты приложенного напряжения приводит к изменению полного сопротивления тела и увеличение силы проходящего тока.

Увеличение частоты тока от 0 до 200 Гц приводит к увеличению опасности поражения. При частоте тока 100 кГц и выше существует только опасность ожогов. Дальнейшее

повышение частоты снижает опасность поражения переменным током, который вообще исчезает при частоте 450 кГц. При напряжении до 500 В постоянный ток безопаснее (в 4-5 раз), выше 500 В – постоянный ток более опасен. Наиболее опасным для человека является переменный ток частоты 50 Гц при напряжении 220 В. Ориентировочные значения предельных величин для такого тока приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Пороговые значения переменного тока частоты 50 Гц

Параметр	Сила тока, мА
Предельно допустимый ток при длительном действии	0,3
Пороговый ток чувствительности	0,6 – 1,5
Пороговый неотпускающий ток	10 – 15
Пороговый фибрилляционный ток	100

3. Электрическое сопротивление тела человека определяется сопротивлением рогового слоя кожи и зависит от приложенного напряжения. Сухая неповрежденная кожа имеет сопротивление 500...500 000 Ом. Влажная загрязненная кожа имеет значительно меньшее сопротивление, что обусловлено проходом тока через потовые железы и подкожную область. Сопротивление тела человека переменному току частоты 50 Гц принимают равным 1 000 Ом.

Живой организм состоит из различных клеток и растворов солей, что обуславливает различное электрическое сопротивление разных частей тела. Кроме того, сопротивление кожи в разных местах человеческого организма сильно отличается, поэтому тяжесть электрической травмы не последним образом зависит от места поражения. Фактор внимания повышает сопротивление тела человека и уменьшает вероятность поражения. Известно, что около 85% электрическим травмам возникают в конце рабочей смены из-за ослабления внимания работников.

4. Длительность действия тока – при прохождении тока резко уменьшается сопротивление кожи, что приводит к более тяжелым электрическим травмам: через 30 с сопротивление тела уменьшается на 25%, а через 90 с – на 70%. В табл. 6.2 приведена зависимость предельно допустимой силы тока от продолжительности его действия.

Таблица 6.2 – П редельно допустимые значения силы тока (~50 Гц)

Пара- метр	Длительность дейтвия тока, с											
	0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	>1
<i>I</i> , мА	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	6

Кроме этого, в организме накапливаются последствия воздействия тока и повышается вероятность совпадения момента прохождения тока с уязвимой Т-фазой сердечного цикла (с периодом в 0,15 – 0,20 с, в течение которого заканчивается сокращение желудочков сердца и они переходят в расслабленное состояние). Вот почему при оказании помощи во-первых, нужно прекратить действие тока.

5. Направление прохождения тока – если на пути тока оказываются жизненно важные органы (сердце, легкие, головной мозг), то опасность поражения очень велика. При других направлениях прохождения тока тяжесть поражения значительно уменьшается. На практике встречается 15 возможных путей прохождения тока в теле человека, самыми распространенными из них являются направления «рука – рука» (40% случаев) и «правая рука – ноги» (20% случаев). Наиболее опасные пути – «голова – руки» и «голова – ноги», которые на практике реализуются достаточно редко. Наименее опасным является путь «нога – нога» (нижняя петля), который возникает при воздействии на человека напряжения шага.

6. Схема включения в электрическую цепь – человек может прикоснуться одновременно к двум фазным проводам сети переменного тока (двухфазное прикосновение), к одному фазному проводу (однофазное прикосновение), приблизиться на опасное расстояние к незаземленным токоведущим частям, коснуться корпуса электрического оборудования, оказавшегося под напряжением или войти в зону действия шагового напряжения.

7. Индивидуальные свойства человека – физически здоровые люди легче переносят электрические удары, чем больные и слабые. Наименее устойчивыми к действию электрического тока являются люди с нервными заболеваниями, заболеваниями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких. Физическое и эмоциональное напряжение повышает опасность поражения человека электрическим током.

6.4. Действие электрического тока на организм

При прохождении через тело человека электрический ток производит следующие виды действия:

- *термическое* – заключается в нагреве до высокой температуры поверхностей тела и внутренних органов, находящихся на пути тока. Результатом могут стать ожоги кожи, разрушения или обугливание тканей, серьезные функциональные расстройства внутренних органов;

- *биологическое* – проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, вследствие чего наблюдается судорожное сокращение мышц, способное привести к остановке дыхания, разрыву тканей и органов, вывихам конечностей, спазмам голосовых связок;

- *электролитическая* – проявляется в электролизе (разложении) жидкостей, в том числе крови, изменении их физико-химического состава, а также существенно меняет функциональный состав клеток;

- *механическое* – проявляется в расслоении тканей и в отрыве отдельных частей тела.

Поражения электрическим током могут носить общий (электрический удар) или локальный характер (местные травмы).

Местные электрические травмы вызваны воздействием электрического тока или электрической дуги. Местные травмы излечиваются, и работоспособность пострадавшего восстанавливается полностью или практически полностью, они бывают пяти видов:

- *электрические ожоги* – наиболее распространенная разновидность (до 65%), в зависимости от условий поражения могут быть токовыми, дуговыми или смешанными. Токовый ожог возникает при прохождении через тело тока значительной силы, такая форма ожога достаточно легкая. Электрическая дуга опасна из-за высокой температуры в столбе разряда (4 000 – 15 000°С) и интенсивного инфракрасного и ультрафиолетового излучения. Наиболее тяжелой формой ожога является смешанное действие приходящего тока и электрической дуги;

- *электрические знаки* – пятна серого, бледно-желтого или лимонного цветов на поверхности кожи, круглой или овальной формы размером 1 – 5 мм с углублением посередине. Возникают только в результате действия тока, являются безболезненными и не требуют лечения;

– *металлизация кожи* – проникновение в верхние слои кожи человека мельчайших частиц металла, расплавленного под действием электрической дуги. Имеет место при коротком замыкании, разьединении электрической цепи под нагрузкой. Также является безболезненной и не требует лечения.

– *электроофтальмия* – воспаление наружных оболочек глаз под действием ультрафиолетового излучения электрической дуги. Болезнь длится несколько дней, в течение которых больной не может смотреть на свет, также возможна частичная потеря зрения.

– *механические повреждения* – косвенное следствие действия электрического тока, выраженное в судорожном сокращении мышц, которое может привести к разрывам кожи, кровеносных сосудов и нервных тканей, вывихам суставов и переломам костей. Данный вид травмы требует длительного лечения.

Электрический удар – возбуждение живых тканей организма проходящим электрическим током, которое сопровождается судорожным сокращением мышц. Последствия – нарушение дыхания и кровообращения, электрический шок или клиническая смерть. При этом человек может не иметь электрических травм.

Электрический шок – тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма на раздражение электрическим током, имеющая две последовательные фазы: возбуждение (появляется реакция на боль и повышается давление) и торможение (истощается нервная система, падает давление, наступает состояние депрессии). Шоковое состояние длится от десяти минут до нескольких суток, после чего наступает выздоровление или смерть.

Клиническая смерть – переходный период от жизни к смерти с момента остановки сердечной деятельности до начала распада белковых структур. Длится от 6 до 8 минут у молодых здоровых людей, после чего наступает биологическая смерть. Признаками клинической смерти являются отсутствие дыхания и пульса, посинение кожи, остановка и фибрилляция сердца, отсутствие реакции на свет. Различают четыре степени электрического удара:

– 1 степень – судорожное сокращение мышц без потери сознания;

– 2 степень – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но без нарушения дыхания и сердцебиения;

- 3 степень – судорожное сокращение мышц с потерей сознания с нарушением дыхания или сердцебиения или дыхания и сердцебиения;
- 4 степень – клиническая смерть.

Самостоятельная работа № 6

УСЛОВИЯ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Цель работы: научиться рассчитывать параметры поражения электрическим током в случае однофазного включения человека в трехфазную сеть.

Задача 1. Определить последствия однофазного включения человека в трехфазную сеть переменного тока с заземленной нейтралью в помещении с деревянным полом ($R_{пол} = 100\ 000\ \text{Ом}$). Сопротивление обуви прохождению электрического тока принять равным ($R_{об} = 30\ 000\ \text{Ом}$).

Решение

В промышленности используется два вида трехфазных сетей. Наиболее распространенной является четырехпроводная с заземленной нейтралью (рис. 6.2), поскольку от нее можно получать одновременно фазное (220 В) и линейное (380 В) напряжение.

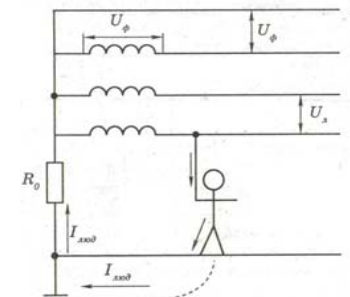


Рис. 6.2 – Включение человека в трехфазную четырехпроводную систему

Такие сети используют в помещениях с повышенной опасностью, где невозможно обеспечить высокий уровень изоляции, и в разветвленных сетях. Если возможно поддерживать высокий уровень изоляции проводов и когда емкость сети

относительно земли невелика, используют трехпроводную сеть с изолированной нейтралью.

При прикосновении человека к фазному проводу трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью ток проходит через тело человека, затем через землю и через заземление нейтрали. Силу тока, проходящего через тело человека, можно определить по формуле:

$$I = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{чел}} + R_{\text{об}} + R_{\text{пол}} + R_0}.$$

В сетях переменного тока фазное напряжение (между фазой и нейтральным проводом) 220 В, сопротивление человеческого тела принимаем равным 1 кОм, а сопротивление заземления нейтрали значительно меньше, чем другие сопротивления, поэтому им можно пренебречь. Тогда сила тока:

$$I = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{чел}} + R_{\text{об}} + R_{\text{пол}}} = \frac{220}{1000 + 30000 + 100000} = 1,70 \text{ мА}.$$

Такая сила тока не является опасной для человека.

Задания для самостоятельной работы № 6

Задача 1. Определить силу тока, проходящего сквозь тело человека при его включении в трехфазную сеть переменного тока с заземленной нейтралью, если электрическое сопротивление пола $R_{\text{пол}}$, а сопротивление обуви человека $R_{\text{об}}$. Заземление выполнено проводником длины l . Данные для расчета взять из табл. 6.3.

Таблица 6.3 – Данные для расчета

<i>№ варианта</i>	<i>$R_{\text{пол}}$ кОм</i>	<i>$R_{\text{об}}$ кОм</i>	<i>l, м</i>	<i>материал проводника</i>
1	20	2	3,0	медь
2	25	3	3,5	алюминий
3	30	4	3,0	медь
4	20	5	4,5	алюминий
5	20	6	4,0	медь
6	25	7	6,0	алюминий
7	30	7	4,0	медь
8	20	8	3,0	алюминий
9	25	5	4,0	медь

Продолжение таблицы 6.3

10	30	6	3,0	алюминий
11	20	7	4,5	медь
12	25	8	4,0	алюминий
13	30	5	3,3	медь
14	20	6	4,0	алюминий
15	25	7	3,0	медь
16	30	8	4,0	алюминий
17	20	5	3,5	медь
18	25	6	4,0	алюминий
19	30	7	4,0	медь
20	20	8	3,5	алюминий
21	25	5	4,5	медь
22	30	6	3,5	алюминий
23	20	7	2,8	медь
24	25	8	5,0	алюминий
25	30	5	4,0	медь
26	20	6	3,5	алюминий
27	25	7	3,0	медь
28	30	8	2,5	алюминий
29	20	5	4,0	медь
30	25	6	4,5	алюминий

Практическое занятие № 6

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

Цель работы: изучение средств и методов измерения удельного электрического сопротивления грунтов различных типов.

Приборы и инструменты: измеритель сопротивлений заземлений МС-08, групповые заземлители, вспомогательный заземлитель, компенсационный заземлитель-зонд, соединительные провода.

Теоретическая часть

Электрофизические свойства грунта, в котором находится заземлитель, определяются прежде всего его удельным сопротивлением. Чем меньше удельное сопротивление, тем более благоприятные условия для расположения заземлителя.

Удельное сопротивление грунта – сопротивление между

противоположными плоскостями куба земли с ребром длины 1 м. Единица измерения удельного сопротивления – ом на метр (Ом·м).

Чтобы оценить величину удельного сопротивления грунта, сравним его с наиболее распространенным электротехническим материалом – медью. Так, куб меди таких же размеров имеет сопротивление $1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. При 20°C и средней влажности удельное сопротивление грунта составляет примерно $\rho = 100$ Ом·м, то есть земля имеет удельное сопротивление в 5,7 млрд. раз больше.

В табл. 6.4. приведены приближенные значения удельных сопротивлений различных типов почвы при средней влажности.

Таблица 6.4 – Удельное электрическое сопротивление грунтов $\rho_{гр}$

Тип грунта	Расчетное значение, Ом·м	Возможные пределы колебаний, Ом·м
Глина	40	8...70
Суглинок	100	40...150
Песок	700	400...1000
Супесок	300	150...400
Торф	200	-
Чернозем	20	9...53
Садовая земля	40	30...60
Мергель и известняк	1500	1000...2000

При оборудовании заземляющих устройств необходимо знать не приближенные, а точные значения удельных сопротивлений грунта в данном месте. Получение такой информации возможно только непосредственными измерениями на местах.

Свойства почвы могут меняться в зависимости от ее влажности и температуры, поэтому удельное сопротивление может иметь разные значения в разные времена года из-за высыхания или промерзания. Эти факторы учитываются при измерениях удельного сопротивления земли сезонными коэффициентами. В табл. 6.5 приведены коэффициенты, учитывающие состояние земли во время измерений.

Таблица 6.5 – Сезонные коэффициенты сопротивления грунта

Заземлитель	k_1	k_2	k_3
Вертикальный длины 3 м	1,15	1,00	0,92
Вертикальный длины 5 м	1,10	1,00	0,95
Горизонтальный длины 10 м	1,70	1,00	0,75
Горизонтальный длины 50 м	1,60	1,00	0,80

Коэффициент k_1 применяется, если земля влажная и измерениям предшествовало выпадение большого количества осадков; k_2 – земля нормальной влажности и измерения предшествовало выпадение небольшого количества осадков; k_3 – земля сухая, количество осадков ниже нормы.

Измерение удельного сопротивления почвы обычно проводят в теплое время года. В данной лабораторной работе используется измеритель заземлений типа МС-08 (рис. 6.3).



Рис. 6.3 – Измеритель заземлений МС-08

Прибор имеет собственный источник питания в виде генератора, приводимого во вращательное движение с помощью ручки. Если в процессе измерения стрелка прибора колеблется, это является признаком наличия посторонних токов в земле. Чтобы избежать погрешности в измерениях достаточно изменить частоту вращения ручки. Однако следует заметить, что для обеспечения надлежащей точности измерения эта частота должна находиться в пределах 90...150 об/мин.

Измеритель заземления МС-08 имеет три шкалы: 0 – 1000 Ом, 0 – 100 Ом и 0 – 10 Ом. Удельное сопротивление грунта измеряют шкалой на 1000 Ом. Прибор работает по принципу магнитоэлектрического логометра, он содержит две рамки, одна из которых включается как амперметр, а другая – как вольтметр. Эти обмотки действуют на ось прибора в противоположных направлениях, благодаря чему отклонения стрелки прибора пропорциональны сопротивлению.

Шкала прибора градуирована в омах, источником питания при измерении служит генератор Г постоянного тока, приводимого во вращение от руки. На общей с генератором оси укреплены прерыватель П1 и выпрямитель П2 (рис. 6.4).

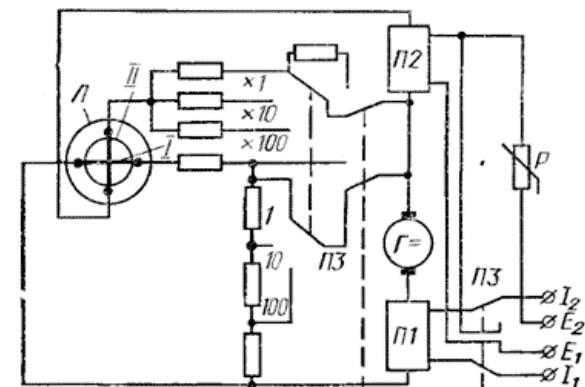


Рис. 6.4 – Электрическая схема измерителя заземлений МС-08:
Г – генератор, Р – реостат, Л – логометр, П1 – прерыватель, П2 – выпрямитель,
ПЗ – переключатель

Измерение удельного сопротивления грунта следует выполнять в стороне от трубопроводов и других металлических конструкций, которые могут внести погрешность в результаты. Схема измерения показана на рис. 6.5.

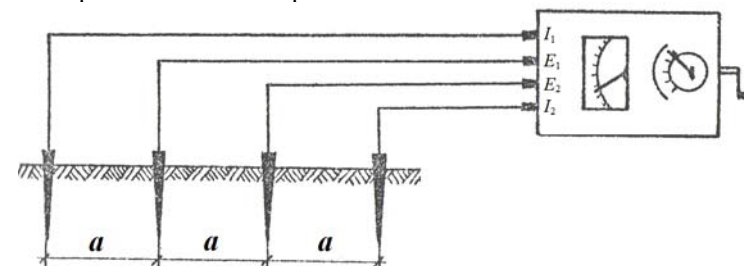


Рис. 6.5 – Схема измерения удельного сопротивления грунта

Чем больше значение a , тем больший объем почвы охватывается электрическим полем электродов и более точными являются результаты измерений. Изменяя расстояние a , можно получить зависимость удельного сопротивления земли от разнесения электродов. При однородной структуре грунта значение ρ не зависит от расстояния a (изменения могут быть вследствие разной степени влажности).

Таким образом, используя зависимость ρ от расстояния между электродами, можно судить о величинах удельных

сопротивлений на разной глубине. Удельное сопротивление грунта определяют по формуле:

$$\rho = 2\pi Ra, \quad (6.4)$$

где R – сопротивление прибора, Ом.

Измерения удельного сопротивления желательно выполнять в нескольких местах, рассчитывая затем среднее значение. Электроды следует забивать в землю для более плотного контакта, ввертывание стержней для целей измерения не рекомендуется.

Порядок выполнения работы:

1. Установить электроды в исследуемый грунт на расстоянии a (не менее 8 м) друг от друга, подключив их к прибору, как показано на рис. 6.4.

2. Установить переключатель прибора МС-08 в положение «Регулировка», после чего начать вращать ручку генератора с частотой 90...120 об/мин, изменяя положение ползуна реостата до совпадения стрелки индикатора с красной чертой на шкале прибора.

3. Если стрелка не устанавливается против красной черты при любом положении реостата P , необходимо принять меры к уменьшению сопротивления в цепи зонда (забить его глубже, увлажнить землю около него соленой водой, забить рядом другой зонд и соединить его с первым).

4. Перевести переключатель в положение «Измерение x » и провести измерение сопротивления защитного заземления, вращая ручку генератора с частотой 120 об/мин.

5. Определить удельное сопротивление грунта по формуле (6.4).

6. Повторить эксперимент еще два раза при других положениях электродов, после чего определить среднее сопротивление по формуле:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}.$$

7. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 6.5 отчета.

8. По полученным результатам $\rho_{ср}$ определить тип грунта по табл. 6.6.

Таблица 6.6 – Результаты измерений и расчетов

№ исследования	Отсчет по прибору R , Ом	Удельное сопротивление ρ , Ом·м	Среднее значение $\rho_{ср}$, Ом·м
1 опыт			
2 опыт			
3 опыт			

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется удельным сопротивлением грунта?
2. Для чего необходимо знать удельное сопротивление грунта?
3. Какие факторы влияют на величину удельного сопротивления?
4. Опишите методику измерения удельного сопротивления грунта.
5. От чего зависит электрическое сопротивление тела человека?
6. Назовите факторы, определяющие тяжесть поражения электрическим током.
7. Какие виды действия оказывает электрический ток на организм человека?
8. Чему принимается равным расчетное сопротивление тела человека?

РАЗДЕЛ 7. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

7.1. Технические средства защиты

Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные. Первые делают невозможным контакт с токопроводящими частями электрических установок, вторые защищают работника в случае, когда касание к токоведущим частям все-таки произошло. Ниже рассмотрены основные технические средства электробезопасности.

Малое напряжение – ограничение применяемого рабочего напряжения для уменьшения опасности поражения электрическим током при работе с переносным инструментом. Максимальное действующее напряжение составляет 12 В в особо опасных помещениях и 42 В – в помещениях с повышенной опасностью, ведь при напряжении в 42 В ток, который проходящий через тело человека, является опасным.

Источниками малого напряжения могут быть понижающие трансформаторы, аккумуляторы, выпрямляющие установки, батареи гальванических элементов, преобразователи частот.

Изоляция токоведущих частей – слой диэлектрика или конструкция из него на проводящей поверхности. Изоляция препятствует прохождению через нее тока благодаря большому сопротивлению, которое должно равняться:

$$R = 1000 U,$$

где U – действующее напряжение электрической сети.

В процессе эксплуатации изоляция постепенно теряет свои диэлектрические свойства из-за старения и местных дефектов, вследствие чего ее сопротивление уменьшается. Это приводит к увеличению тока потерь, возможен пробой изоляции, пожар или поражение электрическим током. Поэтому наиболее надежной является двойная изоляция, которая служит для защиты от поражения током в случае повреждения рабочей изоляции.

Защитное заземление и зануление – наиболее распространенные и надежные средства электрической защиты. Их реализация и принцип действия подробно рассмотрены в п. 7.3.

Недоступность к токоведущим частям оборудования – чаще всего реализуется размещением токоведущих частей на недоступной для прикосновения высоте. В электрических установках напряжением до 1000 В все линии электропередач должны быть на расстоянии не менее 6,5 м от земли. При большем напряжении это расстояние должно увеличиваться.

Другим методом является ограждение токоведущих частей оборудования. В сетях с напряжением более 1000 В опасность представляют даже изолированные провода, кроме того при схеме с заземленной нейтралью опасно даже приближение к токоведущим частям оборудования, поэтому такие установки обязательно должны быть ограждены. Сплошные ограждения используются в установках с напряжением до 1000 В, сетчатые ограждения – с напряжением выше 1000 В.

Защитная блокировка – автоматическое устройство, с помощью которого предотвращаются неправильные, опасные для человека действия. Устройство блокировки допускает только определенный порядок включения механизма, который устраняет даже возможность попадания человека в зону действия электрического напряжения.

По принципу действия защитная блокировка может быть электрической (разрыв цепи специальными контактами) или механической (рубильники, пускатели, автоматические выключатели).

Предупреждающие средства – стационарные устройства, сигнализирующие о выключении аппаратов, наличии или отсутствии напряжения на определенном участке электрической установки.

Также к предупреждающим средствам относятся плакаты, предназначенные для оповещения работников об опасности приближения к токоведущим частям. Также наряду с ними используются запрещающие, предписывающие и указательные плакаты.

7.2. Электрические средства защиты

Электрозащитные средства – изделия, защищающие людей, работающих с электрическим оборудованием от поражения электрическим током, действия электрической дуги и магнитного поля. Они используются как при обычном, так и при аварийном состоянии электрического оборудования. Такие средства могут быть условно разделены на четыре типа:

1. *Изолирующие* – служат для изоляции людей от электрического оборудования под напряжением, заземленных частей оборудования, а также от земли. В свою очередь, делятся на:

- *основные* – способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановки, поэтому допускают касание к токоведущим частям. В ЭУ с напряжением до 1000 В такими средствами являются диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными ручками, указатели напряжения, изолирующие и электроизмерительные клещи. В установках с напряжением выше 1000 В – изолирующие штанги и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, средства для ремонтных работ.

- *дополнительные* – не имеют изоляции, которая могла бы выдерживать рабочее напряжение, поэтому применяются только для усиления действия основных средств. В установках до 1000 В к ним относятся резиновые коврики, изолирующие подставки и диэлектрическая обувь. В установках выше 1000 В – диэлектрические перчатки, боты, коврики и изолирующие подставки.

2. Ограждающие – используются для временного ограждения частей электрического оборудования, находящегося под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние. К ним относятся переносные ограждения (ширмы, барьеры, щиты), изолирующие накладки, переносные заземления.

3. Экранирующие – служат для предотвращения вредного воздействия на работников электрических полей промышленной частоты. Это индивидуальные экранирующие комплекты (костюмы, обувь и рукавицы) или переносные экранирующие устройства (экраны и палатки).

4. Вспомогательные – предназначены для защиты персонала от падения с высоты (пояса и канаты), для безопасного подъема на высоту (стремянки и когти), для защиты от тепловых, световых, химических, механических и других действий (специальная одежда, рукавицы, противогазы).

7.3. Методы защиты в аварийных режимах

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетокопроводящих частей, которые могут оказаться под напряжением в аварийной ситуации.

Действие защитного заземления заключается в снижении до безопасной величины напряжения прикосновения, вызванного замыканием фазы на корпус.

Применение заземления является обязательным при напряжении переменного тока 380 В и выше, при напряжении постоянного тока 440 В и выше. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных помещениях, а также в наружных установках заземление обязательно при напряжении 42 В и выше переменного тока и 110 В и выше – для постоянного тока. Допустимые значения сопротивления заземления приведены в *Приложении С*. Оно эффективно в сетях до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В – как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

Конструктивно защитное заземление представляет собой совокупность заземлителя и проводников, соединяющих с ним заземленные части электрического оборудования (рис. 7.1). Заземлитель размещается в почве для хорошего электрического контакта, он может быть естественным или искусственным. В роли естественных заземлителей используют различные металлические конструкции, одновременно выполняющие строительные или технологические функции.

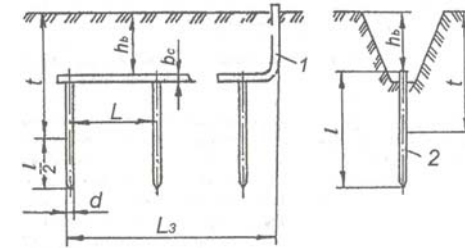


Рис. 7.1 – Конструкция защитного заземления: 1 – соединительная лента, 2 – заземлитель

Искусственными заземлителями являются специально сконструированные металлоконструкции. Правилами эксплуатации ЭУ в первую очередь предусмотрено использование естественных заземлителей.

Конструкции защитных заземлений должны соответствовать следующим требованиям: корпуса к магистралям присоединяются только параллельно, а магистраль следует присоединять к заземлителю не менее чем в двух точках, присоединения проводов к корпусам оборудования выполняется сваркой или «под болт».

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляемого оборудования различают два типа заземляющих устройств: выносное и контурное.

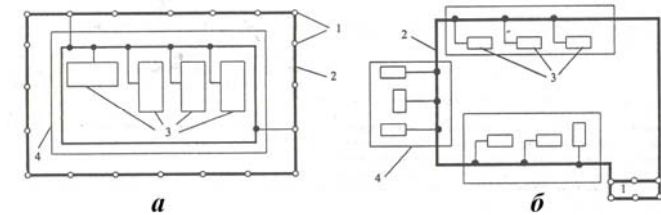


Рис. 7.2 – Типы заземляющих устройств:

а – контурное заземление, б – выносное заземление; 1 – заземлители, 2 – заземляющие проводники, 3 – оборудование, 4 – производственные здания

При *контурном заземлении* (рис. 7.2, а) заземлители размещают по периметру и внутри площадки, на которой находится оборудование, подлежащее защите. Во время замыкания на корпус ток стекает в землю, образуя повышенный относительно прилегающих территорий электрический потенциал внутри площадки. Но при контакте работника с корпусом под напряжением ток, проходящий через тело человека, значительно меньше, чем при выносном заземлении.

При *выносном заземлении* (рис. 7.2, б) заземлители вынесены за пределы площадки, на которой размещено электрическое оборудование, или сосредоточены на некоторой части этой площадки, вследствие чего не вся территория является защищенной. В данном случае защитное заземление защищает от поражения только благодаря малому сопротивлению заземления. Используется выносное заземление только при малых токах замыкания на землю в установках до 1000 В.

Защитное зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым электрическим проводом металлических нетокопроводящих частей, которые могут оказаться под напряжением в аварийной ситуации. Применяется в трехфазных четырехпроводных электрических сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью (рис. 7.3).

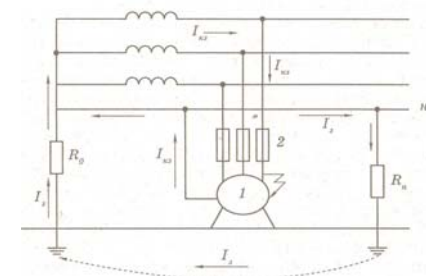


Рис. 7.3 – Схема защитного зануления:
1 – оборудование, 2 – плавкие предохранители

Нулевой защитный проводник – это проводник, соединяющий зануляемое оборудование с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом.

Зануление имеет два защитных действия – быстрое автоматическое отключение установки от сети и снижение напряжения зануленных металлических нетокопроводящих частей,

оказавшихся под напряжением относительно земли в результате замыкания фазы на корпус. Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание, автоматически отключающее поврежденную электроустановку от сети питания.

Пусть при повреждении изоляции происходит пробой фазы на корпус, что приводит к появлению на нем фазного напряжения. Тогда ток короткого замыкания (I_k) проходит через обмотки трансформатора, фазный провод, плавкий предохранитель, корпус установки, нулевой провод и снова обмотки трансформатора. Поскольку сопротивление цепи прохождения тока при коротком замыкании малое, ток является достаточным, чтобы вывести из строя плавкий предохранитель, отключив поврежденный участок.

Кроме плавких предохранителей для отключения фазы также используются магнитные пускатели с встроенной тепловой защитой или автоматы, осуществляющие защиту одновременно от токов короткого замыкания и перегрузки. Защита может срабатывать на ток или тепло, или и то и другое вместе. Время с момента появления напряжения на корпусе до момента отключения установки от электросети составляет 5 – 7 с при защите установки плавкими предохранителями и 1 – 2 с при защите автоматами.

В сетях, где применяют зануление, нельзя заземлять корпуса электроустановок без их зануления, поскольку в случае замыкания фазы на корпус заземленной, но не зануленной установки под напряжением окажутся корпуса всех других зануленных электроустановок. Однако дополнительное заземление зануленных электроустановок не запрещается, поскольку оно повышает надежность заземления нулевого провода.

7.4. Первая помощь при поражении электрическим током

Важнейшим фактором оказания первой помощи при поражении электрическим током является ее скорость. Чем быстрее оказана помощь, тем выше ее эффективность, поэтому каждый работник должен уметь оказать первую помощь пострадавшему. Промедление или неквалифицированность при оказании первой помощи могут привести к гибели пострадавшего.

Порядок оказания первой помощи (рис. 7.4):



Рис. 7.4 – Методы освобождения от действия тока

1. Устранить действие опасных факторов, угрожающих жизни и здоровью потерпевшего: освободить от действия электрического тока, вынести на свежий воздух, потушить.

Наиболее безопасным способом освобождения потерпевшего является отключение напряжения. В случае, когда невозможно быстро отключить систему, применяют закорачивания фаз с помощью металлической перемычки, оттягивание пострадавшего от места поражения (рис. 7.4, слева) или обесточивание сети путем разрыва фазных проводов (рис. 7.4, справа). В двух последних случаях следует пользоваться средствами защиты, чтобы не попасть под действие тока.

2. Оценить состояние пострадавшего, характер и тяжесть травм, определить наличие угрозы для жизни и последовательность мероприятий по оказанию помощи.

3. Осуществить необходимые мероприятия первой помощи (восстановить проходимость дыхательных путей, произвести искусственное дыхание и внешний массаж сердца, остановить кровотечение, зафиксировать место перелома, наложить повязку).

Основными мерами по спасению пострадавшего при тяжелых электрических травмах являются:

– *искусственное дыхание* – резкое вдыхание воздуха пострадавшему каждые 5...6 секунд по схеме «рот в рот» или «рот в нос».

– *массаж сердца* – ритмичное надавливание на переднюю стенку грудной клетки пострадавшего для искусственной поддержки кровообращения. Нажатия делаются примерно один раз в секунду.

Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца следует проводить до прибытия скорой медицинской помощи или до появления явных признаков оживления (появление самостоятельного дыхания, наличие пульса). Имели место случаи, когда пострадавшие оживали через несколько часов, в течение которых непрерывно оказывалась помощь.

7.5. Контакт токоведущих частей с землей

При замыкании на землю токоведущих частей электрического оборудования имеет место растекание тока. В результате на поверхности земли возникает электрический потенциал, который создает опасность шагового напряжения для человека (рис. 7.5).

Шаговое напряжение – напряжение между двумя точками поверхности на расстоянии человеческого шага, на которых человек стоит одновременно.

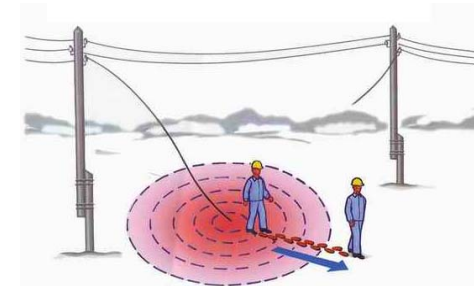


Рис. 7.5 – Шаговое напряжение

Величина шагового напряжения зависит от силы тока в проводнике, сопротивления грунта в месте замыкания и расстояния до него, а также длины человеческого шага. Точки поверхности, равноудаленные от места замыкания, имеют идентичный электрический потенциал, то есть эквипотенциальные поверхности имеют форму концентрических окружностей.

Под действием шагового напряжения ток идет относительно безопасным путем «нога-нога», но может вызвать судороги ног или падение, которое приводит к образованию других путей тока и росту напряжения шага.

Тяжесть поражения шаговым напряжением зачастую объясняется незнанием элементарных правил поведения в данном случае. Если нужно выйти из зоны напряжения шага или войти в

нее для оказания первой помощи, это следует делать маленькими шагами, не превышающими длину стопы. Запрещается приближаться к месту замыкания на землю ближе, чем на 4 м в закрытых помещениях и на 8 м – на открытой местности.

Самостоятельная работа № 7

РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВОК С НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Цель работы: освоить алгоритм расчета защитного заземления для электрических установок напряжением до 1 000 В.

Задача 1. Методом коэффициентов использования провести расчет защитного заземления электрической установки до 1000 В, выполненного уголковым прокатом № 5 длины $l = 3$ м с глубиной заложения $h = 0,8$ м в глинистой почве.

Решение

Среднегодовая низкая температура в Луганской области составляет -5°C , тогда по *Приложению Т* находим коэффициент сезонности для стержневых заземлителей:

$$\varphi = 1,3.$$

По табл. 7.1 определяем удельное сопротивление грунта в месте установки заземлителей:

$$\rho_{\text{гр}} = 40 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Расчетное удельное сопротивление грунта в месте установки заземлителей находим по формуле:

$$\rho_{\text{расч}} = \varphi \cdot \rho_{\text{гр}} = 1,3 \cdot 40 = 52 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

По сортаменту прокатных профилей находим ширину полки равностороннего уголка № 5:

$$b = 50 \text{ мм},$$

тогда диаметр заземлителя:

$$d = 0,95 \cdot b = 0,95 \cdot 50 = 47,5 \text{ мм} = 0,0475 \text{ м}.$$

Таблица 7.1 – Удельное электрическое сопротивление грунтов $\rho_{гр}$

Тип грунта	Расчетное значение, Ом·м	Возможные пределы, Ом·м
Глина	40	8...70
Суглинок	100	40...150
Песок	700	400...700
Супесок	300	150...400
Торф	200	-
Чернозем	20	9...53
Садовая земля	40	30...60

Находим расстояние t от поверхности земли до середины заземлителя (рис. 7.6).

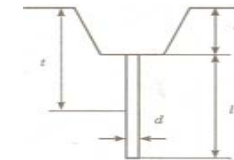


Рис. 7.6 – Схема вертикального заземлителя

$$t = \frac{l}{2} + h = \frac{3}{2} + 0,8 = 2,3 \text{ (м)}.$$

Определяем сопротивление растекания тока в земле одного вертикального заземлителя по формуле:

$$R_г = \frac{\rho_{расч}}{2\pi l} \left[\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right] = \frac{52}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 3}{0,0475} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 2,3+3}{4 \cdot 2,3-3} \right] = 14,3 \text{ Ом}.$$

Допустимое значение сопротивления защитного заземления (согласно *Приложения С*) для установок напряжением до 1000 В принимаем равным:

$$R_{норм} = 4 \text{ (Ом)}.$$

Тогда ориентировочное количество вертикальных заземлителей:

$$n^* = \frac{R_г}{R_{норм}} = \frac{14,3}{4} = 3,6.$$

Расстояния между заземлителями берем одинаковые и равные:

$$a = 3 \text{ м},$$

а отношение расстояния между заземлителями к их длине:

$$K = \frac{a}{l} = \frac{3}{3} = 1.$$

Из *Приложения Е* по найденному коэффициенту K определяем коэффициент использования вертикальных электродов:

$$\eta_6 = 0,74.$$

Окончательное число вертикальных заземлителей:

$$n = \frac{R_6}{\eta_6 R_{\text{норм}}} = \frac{14,3}{0,74 \cdot 4} = 4,86.$$

Окончательно принимаем $n = 5$ электродов.

Длину горизонтального заземлителя, соединяющего расположенные в ряд вертикальные заземлители, находим по формуле:

$$L = a \cdot (n - 1) = 3 \cdot (5 - 1) = 12 \text{ м.}$$

Горизонтальный заземлитель выполняем в виде стальной ленты толщины $b_1 = 30$ мм, проложенной на глубине $h_1 = 80$ см. Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_z = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{b_1 h_1} = \frac{52}{2 \cdot 3,14 \cdot 12} \ln \frac{2 \cdot 12^2}{0,03 \cdot 0,8} = 6,5 \text{ Ом.}$$

Коэффициент использования η_z горизонтального заземлителя при расположении в ряд вертикальных заземлителей определяем по табл. 7.2

Таблица 7.2 – Коэффициент использования горизонтального заземлителя

Коэффициент K	Количество заземлителей в ряду			
	4	10	20	30
1	0,77	0,62	0,42	0,31
2	0,89	0,75	0,56	0,46
3	0,92	0,82	0,68	0,58

В нашем случае $K = 1$ и $n = 5$, по этому приблизительно получаем:

$$\eta_z = 0,77.$$

Тогда общее сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_6 \cdot R_z}{n R_z h_6 + R_6 \eta_z} = \frac{14,3 \cdot 6,5}{5 \cdot 6,5 \cdot 0,8 + 14,3 \cdot 0,77} = 2,51 \text{ Ом.}$$

Полученное значение сопротивления искусственного заземлителя не превышает допустимого значения сопротивления защитного заземления по ПУЭ:

$$R < R_{\text{норм}} = 4 \text{ Ом,}$$

поэтому заземляющее устройство рассчитано верно.

Задание к самостоятельной работе № 7

Методом коэффициентов использования провести расчет защитного устройства заземления ЭУ до 1000 В, выполненного уголковым прокатом длины l с глубиной их заложения h в почве заданного типа. Размещение заземлителей в ряд, горизонтальный заземлитель имеет вид стальной ленты толщины b_l , проложенной на глубине h_l . Данные для расчета взять из таблицы 7.3.

Таблица 7.3 – Данные для расчета

№	Тип грунта	l , м	h , м	b_l , мм	h_l , м	№ уголка
1	Глина	2,0	0,5	30	0,8	4
2	Суглинок	2,5	0,6	35	0,7	4,5
3	Песок	3,0	0,7	30	0,8	5
4	Супесок	2,0	0,8	45	0,7	5,6
5	Торф	2,0	0,5	40	0,8	6
6	Чернозем	2,5	0,6	60	0,7	6,3
7	Садовая земля	3,0	0,7	40	0,7	4
8	Глина	2,0	0,8	30	0,7	4,5
9	Глина	2,5	0,5	40	0,8	5
10	Суглинок	3,0	0,6	30	0,7	5,6
11	Песок	2,0	0,7	45	0,8	4
12	Супесок	2,5	0,8	40	0,8	4,5
13	Торф	3,0	0,5	33	0,7	5
14	Чернозем	2,0	0,6	40	0,8	5,6
15	Садовая земля	2,5	0,7	30	0,7	4
16	Глина	3,0	0,8	40	0,8	4,5
17	Суглинок	2,0	0,5	35	0,8	5
18	Песок	2,5	0,6	40	0,7	5,6
19	Супесок	3,0	0,7	40	0,8	4
20	Торф	2,0	0,8	35	0,8	4,5
21	Чернозем	2,5	0,5	45	0,8	5
22	Садовая земля	3,0	0,6	35	0,8	5,6
23	Глина	2,0	0,7	28	0,7	4
24	Суглинок	2,5	0,8	50	0,8	4,5
25	Песок	3,0	0,5	40	0,8	5
26	Супесок	2,0	0,6	35	0,8	5,6
27	Торф	2,5	0,7	30	0,7	4
28	Чернозем	3,0	0,8	25	0,7	4,5
29	Садовая земля	2,0	0,5	40	0,8	5
30	Глина	2,5	0,6	45	0,8	5,6

Практическое занятие № 7

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Цель работы: изучение средств защиты от поражения электрическим током, приборов и методов измерения сопротивления защитного заземления в электрических сетях напряжением до 1000 В.

Приборы и инструменты: мегомметр МС-08, групповые заземлители, вспомогательный заземлитель, компенсационный заземлитель-зонд, соединительные провода.

Теоретическая часть

Одним из эффективных методов защиты от поражения током является применение защитного заземления – соединение с землей металлических нетокопроводящих частей электрических установок.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасной величины электрического потенциала, под которым могут оказаться металлические нетокопроводящие части электрических установок в результате аварийной ситуации. За счет заземления между частью установки, которая оказалась под напряжением, и землей образуется соединение высокой проводимости (малого сопротивления). Поэтому ток, проходящий через тело человека, включившегося параллельно в электрическую цепь, не является опасным для его жизни.

Защитному заземлению подлежат все металлические нетокопроводящие части ЭУ, которые вследствие выхода из строя коммутационной аппаратуры или изоляции могут оказаться под напряжением, и к которым могут прикоснуться люди или животные.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных помещениях заземление выполняется при напряжении переменного тока более 42 В и постоянного тока – более 110 В; в помещениях без повышенной опасности более 380 В и 440 В соответственно.

В зависимости от расположения по отношению к заземляемому оборудованию, защитное заземление подразделяется на выносное и контурное (рис. 7.7). В качестве искусственных заземлителей используются стальные стержни диаметром 10...20 мм и длиной 3...7 м; уголковые равносторонние профили №№ 3 – 6,3;

стальные трубы диаметром 30...50 мм и длиной 2,5...3 м, а также стальные шины с площадью поперечного сечения не менее 100 мм².

Заземляющие устройства забиваются вертикально в грунт на глубину 0,7...0,8 м и соединяются между собой заземляющим проводником (стальной шиной) с помощью сварки. В качестве заземляющего проводника при внешней и подземной укладке используют ленточную сталь площадью сечения не менее 48 мм², внутри помещений – сечением не менее 24 мм², а также сталь круглого сечения диаметром 5...6 мм².

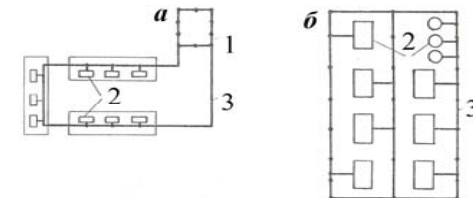


Рис. 7.7 – Виды защитных заземлений:

а – выносное, б – контурное; 1 – заземлитель, 2 – электрическое оборудование, 3 – соединительные провода

Заземляемое оборудование присоединяется параллельно к контуру защитного заземления с помощью отдельных проводников (рис. 7.8), которые крепятся к оборудованию при помощи сварки или болтового соединения.

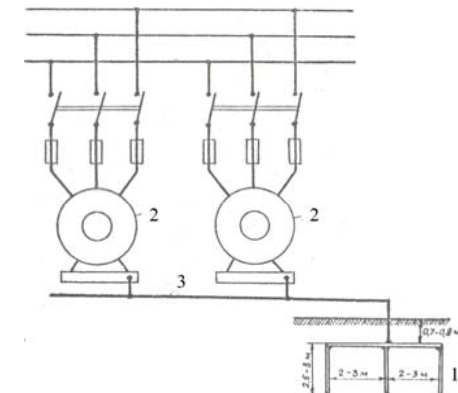


Рис. 7.8 – Схема заземления электроустановок:

1 – заземлитель, 2 – электрический двигатель, 3 – заземляющие проводники

Заземляющие проводники прокладываются открыто по стенам зданий, так как они всегда должны быть доступны к осмотру. Качество креплений защитного заземления проверяют регулярно, а измерение его сопротивления выполняют один раз в год. В любое время года в ЭУ до 1000 В сопротивление защитного заземления не должно превышать 4 В.

Измерение сопротивления защитного заземления можно выполнить *методом амперметра-вольтметра* с помощью мегомметра типа МС с использованием вспомогательного заземлителя и потенциального электрода-зонда, расположенных на достаточном расстоянии от исследуемого заземлителя (рис. 7.9).

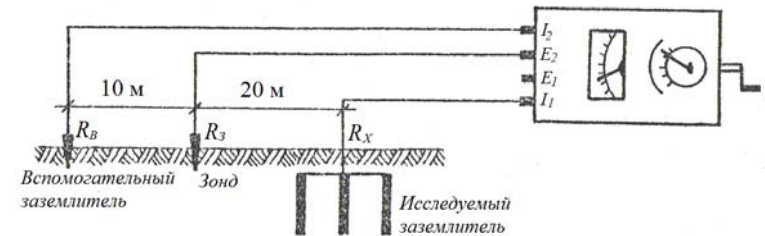


Рис. 7.9 – Схема измерения сопротивления защитного заземления

Источником тока в приборе является генератор постоянного тока, приводящийся во вращение при помощи ручки. Постоянный ток генератора преобразуется в переменный для внешней цепи с помощью прерывателя, благодаря чему можно исключить явление электролиза, и затем – обратно в постоянный для цепей амперметра и вольтметра.

Для исключения погрешности градуировка прибора проведена для некоторой величины потенциального сопротивления цепи (зонда) которое превышает 1000 Ом. Поэтому перед проведением измерений при подключенных к прибору заземлителях потенциальная цепь выравнивается по своим сопротивлениям до величины, при которой производилась градуировка. Для этой цели служит реостат потенциальной цепи и переключатель.

Данный прибор имеет три предела измерений: 0...10 Ом, 0...100 Ом 0...1000 Ом. На клеммовой панели прибора находятся четыре выходные зажима – два для тока (I_1 и I_2) и два для напряжения (E_1 и E_2).

Другим методом измерения сопротивления защитного заземления является метод трех измерений, суть которого

заключается в измерении силы тока и напряжения на каждой паре электродов, как показано на рис. 7.10. Результатом каждого из измерений является сопротивление пары заземлителей растеканию тока:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}, \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2}, \quad R_3 = \frac{U_3}{I_3}.$$

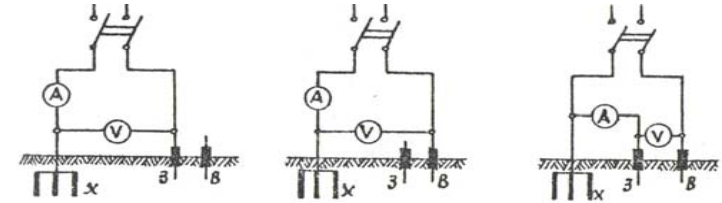


Рис. 7.10 – Схема метода трех измерений

После этого сопротивление защитного заземления определяют по формуле:

$$R_x = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{2}.$$

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с конструкцией мегаомметра, подключить его к исследуемому заземлению по схеме, показанной на рис. 7.9.
2. Произвести регулировку прибора, для этого переключатель установить в положение «Регулировка», после чего одновременно вращать ручку генератора с частотой 90...120 об/мин и ручку реостата до совпадения стрелки индикатора с красной чертой на шкале прибора.
3. Перевести переключатель в положение «Измерение x» и провести измерение сопротивления защитного заземления.
4. Уточнить измерение при положении переключателя $x = 0,1$ или $x = 0,01$. Измерения провести три раза, после чего определить среднее значение.
5. Результаты измерений сравнить с нормативными значениями (*Приложение С*), после чего сделать выводы о соответствии заземляющего устройства нормам электробезопасности.
6. Данные измерений и расчетов занести в отчет.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем заключается назначение защитного заземления?
2. Как конструктивно выполняется защитное заземление?
3. При каком напряжении переменного тока корпуса электрических установок подлежат обязательному заземлению в помещениях с повышенной опасностью?
4. При каком напряжении постоянного тока корпуса электрических установок подлежат обязательному заземлению в помещениях с повышенной опасностью?
5. В чем заключается принцип действия защитного зануления?
6. В каких электрических сетях выполняется защитное зануление?
7. В чем заключается суть метода трех измерений?
8. Существует ли разница в принципе действия защитного заземления и защитного зануления?

РАЗДЕЛ 8. ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

8.1. Виды ионизирующих излучений

В природе существуют электромагнитные волны различной длины. Шкала электромагнитных волн имеет вид непрерывно заполненной градации от бесконечно длинных волн (соответствуют постоянному току) до волн с длиной 10^{-16} м. Границы различных видов электромагнитного излучения достаточно условны, а их отдельные участки перекрываются (рис. 8.1). Характеризуются электромагнитные волны способами их возбуждения и методами наблюдения.

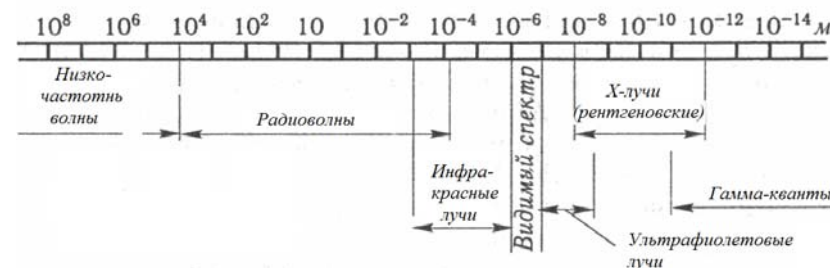


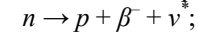
Рис. 8.1 – Шкала электромагнитных волн

Ионизирующее излучение (ИИ) – излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию электрических зарядов разных знаков. Для электромагнитного излучения характерное явление корпускулярно-волнового дуализма – оно может представлять собой как поток отдельных частиц, так и волну определенной длины. Существуют следующие виды ионизирующих излучений:

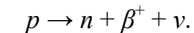
1. α -излучение – это поток α -частиц (ядер гелия), образующихся при радиоактивном распаде ядер или в ядерных реакциях. Они имеют положительный электрический заряд $2e^+$ ($q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл), а их начальная скорость может достигать 20 000 км/сек. Энергия α -частиц не превышает нескольких мегаэлектронвольт ($1 \text{ МэВ} = 1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж) и движутся они прямолинейно. Длина пробега α -частиц в воздухе не превышает 10 см. За счет большой массы при взаимодействии со средой α -частицы быстро теряют свою скорость, поэтому имеют большую ионизационную способность (в воздухе на 1 см пути образуют несколько тысяч пар ионов) и малую проникающую способность – поток α -частиц может задержать лист бумаги. Наиболее опасны при внутреннем облучении человека.

2. β -излучение – поток электронов или позитронов (частиц массы $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг и заряда $e = \pm 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), возникающее во время радиоактивного распада при внутриядерных процессах. Существует два вида β -распада:

– β^- -распад – имеет место при превращении нейтрона в протон и сопровождается вылетом электрона и антинейтрино:



– β^+ -распад – имеет место при превращении протона в нейтрон и сопровождается вылетом позитрона и нейтрино:



Скорость β -частиц находится в пределах 0,3 – 0,99 скорости света, а их энергия не превышает 2 Мэв. Длина пробега в воздухе составляет 1,8 м (в мягких тканях тела – 2,5 см), β -частицы имеют значительно меньшую ионизирующую способность, чем α -излучение. На 1 см пробега в среднем образуют несколько десятков пар ионов, а для полного поглощения потока β -частиц максимальной энергии 2МэВ достаточно 3-миллиметрового листа алюминия.

3. γ -излучение – электромагнитное излучение, испускаемое ядрами атомов в процессе радиоактивных превращений отдельными порциями (квантами), распространяется в вакууме со скоростью света ($3 \cdot 10^8$ м/с).

Гамма-лучи из-за отсутствия электрического заряда не

отклоняются электрическими и магнитными полями, имеют меньшую ионизирующую способность, чем другие виды излучения. Однако высокая энергия (0,01 – 3 МэВ) вместе с малой длиной волны – причина высокой проникающей способности γ -лучей (проходят сквозь слой свинца толщиной 5 см). Наиболее опасны при внешнем облучении человека.

4. Рентгеновское излучение – вид электромагнитного излучения, энергия которого не превышает 1 МэВ. Оно может быть получено в специальных рентгеновских трубках или ускорителях электронов. Рентгеновское излучение, как и гамма-излучение, имеет малую ионизирующую способность и большую глубину проникновения.

5. Нейтронное излучение – это поток нейтронов (незаряженных частиц массы $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$ кг). В зависимости от энергии различают *медленные нейтроны* (с энергией меньше 1 кэВ), нейтроны *промежуточных энергий* (от 1 до 500 кэВ) и *быстрые нейтроны* (от 500 кэВ до 20 МэВ). Разновидностью медленных нейтронов являются тепловые нейтроны (с энергией менее 0,2 эВ), находящиеся в состоянии термодинамического равновесия с атомами среды.

Проникающая способность нейтронов значительно выше, чем α - и β -частиц, так длина пробега нейтронов промежуточных энергий составляет около 15 м в воздухе и 3 см в тканях человека, а для быстрых ионов этот показатель соответственно 120 м и 10 см. Такая проникающая способность свидетельствует о большой опасности ионизации для здоровья и жизни человека.

8.2. Количественные характеристики облучения

Основной характеристикой действия ионизирующего излучения является степень облучения объекта, поэтому для оценки воздействия излучения на объект введено понятие *поглощенной дозы* излучения.

Продукты распада ядер вылетают с огромной скоростью и, встретив на своем пути атомы вещества, вызывают их ионизацию. Поэтому воздействий излучения на вещество будет тем больше, чем больше произойдет распадов ядер за единицу времени.

Активность препарата – количество распадов радиоактивных ядер за единицу времени:

$$A = \frac{dN}{dt}. \quad (8.1)$$

Единицей активности является Беккерель (Бк) – активность вещества, в котором происходит один распад в секунду. На практике используют внесистемную единицу кюри (Ки):

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}.$$

Доза облучения – мера действия ионизирующего излучения на вещество. Доза облучения бывает двух видов:

– *поглощенная* – энергия излучения, поглощенная единицей массы среды:

$$D = \frac{dW}{dm}. \quad (8.2)$$

Единица измерения – грей (Гр) – 1 Дж энергии ИИ, поглощенный в 1 кг вещества. Также используется внесистемная единица – рад:

$$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр};$$

– *экспозиционная* – отношение суммарного заряда ионов одного знака, образовавшихся в определенном объеме воздуха, к массе воздуха в данном объеме:

$$D = \frac{\sum q}{m}. \quad (8.3)$$

Единицей измерения в системе СИ является кулон на килограмм (Кл/кг), на практике используется внесистемная единица – рентген (Р):

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}. \quad (8.4)$$

Известно, что разные виды излучения производят различное действие на человеческий организм при одинаковой поглощенной дозе. Поэтому для оценки действия различных излучений на биологические объекты введена *эквивалентная доза* – произведение поглощенной дозы на коэффициент качества излучения K (табл. 8.1):

$$H = D \cdot K. \quad (8.5)$$

Единицей эквивалентной дозы в системе СИ принят зиверт (Зв), также используется внесистемная единица бэр (биологический эквивалент рада):

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ бэр}.$$

Таблица 8.1 – Коэффициент качества излучения

Вид излучения	Коэффициент K
Рентгеновское излучение, γ - и β -излучение	1
Нейтроны с энергией от 0,5 до 20 МэВ	3
Нейтроны с энергией от 0,1 до 10 МэВ	10
α -излучение	20

Из табл. 8.1 видно, что при одинаковой поглощенной дозе α -излучение в 20 раз опаснее β - или γ -излучения, поэтому дозу следует умножить на коэффициент К, который характеризует способность данного вида излучения повреждать ткани организма.

8.3. Санитарные нормы облучения

Согласно «Нормам радиационной безопасности» (НРБУ-97) предусмотрены три категории работников, подвергающихся облучению, и установлены нормы облучения для каждой категории:

– *категория А* – персонал, постоянно или временно работающий с источниками облучения. Для работников *категории А* установлена *предельно допустимая доза (ПДД)* – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое не вызывает изменений в здоровье людей на протяжении 50 лет при постоянном уровне облучения;

– *категория Б* – часть населения, не работающая с радиоактивными веществами, но из-за размещения рабочих мест или мест проживания подверженная воздействию источников ионизирующего излучения. Для работников *категории Б* установлена *предельная доза (ПД)* – наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не вызывает нарушений здоровья.

– *категория В* – все остальное население. В табл. 8.2 приведены нормы радиационной безопасности для указанных категорий.

Таблица 8.2 – Нормы радиационной безопасности

Категория	День	Неделя	Год
А	17 мкЗв	0,1 мЗв	5 мЗв
Б	1,7 мкЗв	0,01 мЗв	1 мЗв
В	Не выше, чем для категории Б		

Общий эффект облучения существенно зависит от того, чем он вызывается – разовой дозой или серией меньших доз, облучается весь организм или только отдельная его часть. Так облучение дозой 1000 Р всего тела приводит к фатальному результату, а незначительной части тела – лишь к ожогам или язвам.

В табл. 8.2 приведены пределы внешнего и внутреннего облучения в зависимости от радиочувствительности органов.

Таблица 8.3 – Дозы облучения групп органов

Группы органов	ПДД, мЗв/год (категории А)	ПДД, мЗв/год (категории Б)
I группа (все тело, гонады, красный костный мозг)	5	1
II группа (мышцы, печень, легкие, почки)	15	1,5
III группа (кожа, кости голени, стопы)	30	3

8.4. Методы и средства радиационной безопасности

Радиационная безопасность – комплекс мер, направленных на недопущение превышения допустимых доз радиации, а также сведения их к минимальному уровню. Такими мерами является защита от внешних источников облучения, предотвращения распространения радионуклидов, планирование и подготовка помещений, организация радиационного контроля, обеспечение надлежащих условий транспортировки радиоактивных веществ, использование средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Основными методами радиационной защиты являются:

- *защита расстоянием* – реализуется через использование различных приспособлений (длинных захватов) и дистанционных технологий, предохраняющих персонал от непосредственного контакта с радиоактивным веществом;

- *защита временем* – обеспечивается сведением к минимуму продолжительности технологических операций, которые требуют нахождения персонала в зоне радиационного загрязнения;

- *архитектурные мероприятия* – помещения с радиоактивными веществами должны быть изолированы от прочих помещений, оснащены системой вентиляции с высокой кратностью воздухообмена, строительные конструкции не должны иметь трещин, чтобы не допускать накопления там радиоактивной пыли.

Стены, потолки и двери должны быть покрыты масляной краской, а полы – непоглощающими материалами (линолеум, пластик). Влажная уборка помещений проводится ежедневно, а генеральная уборка с обязательным мытьем горячей мыльной водой

стен, окон, дверей, мебели и оборудования – не менее одного раза в месяц.

– *коллективные средства защиты* предназначены для защиты всего персонала от действия радиации. К ним относятся стационарные и передвижные экраны, контейнеры для транспортирования и хранения источников ионизирующих излучений, защитные сейфы, боксы.

Стационарными экранами являются стены, пол, потолки, изготовленные из защитных материалов. В качестве передвижных экранов применяют щиты, которые поглощают или ослабляют излучение.

Для изготовления стационарных экранов используют кирпич, бетон, и штукатурку, в состав которых входит сульфат бария. Такие экраны надежно защищают работающих от гамма- и рентгеновского излучения. Материал для изготовления передвижных экранов выбирают в зависимости от вида излучения: защиту от α -лучей обеспечивает экран из обычного или органического стекла и даже слой воздуха в несколько сантиметров, от β -лучей – экраны из алюминия или пластмассы, органическое стекло, от γ -квантов и рентгеновских лучей защищают экраны из свинца, стали, вольфрамовых сплавов.

Для смотровых отверстий используют прозрачное свинцовое стекло, нейтронное излучение может быть поглотено материалами, содержащими в себе водород (вода, парафин), а также бериллий, графит, соединения бора, надежно защищает от излучения бетон.

Для изготовления сейфов, в которых устанавливают источники излучения применяют свинец и сталь. Защитные контейнеры и сборники для радиоактивных отходов изготавливаются из свинца, стали, органического стекла. Опасная зона должна быть маркирована предостерегающими знаками.

– *средства индивидуальной защиты* – противогазы, респираторы, специальная одежда (хлопчатобумажные халаты, комбинезоны, полукombineзоны, нарукавники, брюки, фартуки). В условиях значительного радиационного загрязнения для защиты работающих используют скафандры из пластмассовых материалов с гибкими шлангами для воздуха или снабженные кислородным аппаратом.

Для поддержания нормальной температуры в скафандре расход воздуха должен составлять 150 – 200 л/мин. Органы зрения защищают очками из стекла, которое содержит в составе свинец или фосфат вольфрама. Рабочие, контактирующие с источниками излучения, защищают глаза специальными щитками из органического стекла.

Защита от внутреннего облучения заключается в исключении контакта с радиоактивными веществами в открытом виде, предотвращении их попадания внутрь организма, в воздух рабочей зоны, предупреждении радиоактивного загрязнения рук, одежды, поверхностей помещений и оборудования.

Самостоятельная работа № 8 ДОЗИМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Цель работы: познакомиться с алгоритмом дозиметрических расчетов доз облучения от природных источников ионизирующего излучения.

Задача 1. Космическое излучение образует у поверхности земли на широте Луганской области в среднем $N = 24$ пары ионов в объеме воздуха $V = 1 \text{ см}^3$ за время $t = 10 \text{ с}$. Определить экспозиционную дозу облучения, полученное человеком в данной местности в течение года.

Решение

Сначала следует определить массу воздуха в данном объеме. Для этого запишем уравнение состояния идеального газа:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT,$$

из которого найдем массу воздуха при нормальных условиях:

$$m = \frac{\mu PV}{RT} = \frac{29 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 \cdot 10^{-6}}{8,31 \cdot 273} = 1,28 \cdot 10^{-6} \text{ кг},$$

где $\mu = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ – молярная масса воздуха, $P = 10^5 \text{ Па}$ – атм. давление, $R = 8,31 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ – универсальная газовая постоянная.

Суммарный заряд ионов одного знака, которые образуются в указанном объеме, определяем по формуле:

$$\sum q = Ne = 24 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,84 \cdot 10^{-18} \text{ Кл},$$

где $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – элементарный электрический заряд.

Далее находим мощность дозы облучения:

$$X = \frac{\sum q}{mt} = \frac{3,84 \cdot 10^{-18}}{1,28 \cdot 10^{-6} \cdot 10} = 3 \cdot 10^{-13} \text{ А/кг}.$$

Экспозиционную дозу, полученную человеком при ионизации воздуха космическим излучением, можно найти по формуле:

$$D = X t_1 = 3 \cdot 10^{-13} \cdot 1 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 9,46 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/кг},$$

де t_1 – время, за которое определяется экспозиционная доза, с.
Полученный результат выразим в рентгенах, воспользовавшись (8.4) :

$$D = 9,46 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}} = \frac{9,46 \cdot 10^{-6}}{2,58 \cdot 10^{-4}} = 0,0367 \text{ Р} = 36,7 \text{ мР}.$$

Задание для самостоятельной работы № 8

На расстоянии r_1 от точечного источника γ -излучения мощность экспозиционной дозы равна X . Определить время t , в течение которого можно находиться на расстоянии r_2 от данного источника, если предельно допустимая экспозиционная доза равна $D = 5,16 \cdot 10^{-6}$ Кл/кг. Поглощением γ -квантов в воздухе пренебречь. Данные для расчета взять из табл. 8.4.

Таблица 8.4 – Данные для расчета

<i>№ варианта</i>	<i>r_1, см</i>	<i>r_2, м</i>	<i>$X \cdot 10^{-6}$, А/кг</i>
1	20	2	3,0
2	25	3	3,5
3	30	4	3,0
4	20	5	4,5
5	20	6	4,0
6	25	7	6,0
7	30	7	4,0
8	20	8	3,0
9	25	5	4,0
10	30	6	3,0
11	20	7	4,5
12	25	8	4,0
13	30	5	3,3
14	20	6	4,0
15	25	7	3,0
16	30	8	4,0
17	20	5	3,5
18	25	6	4,0
19	30	7	4,0
20	20	8	3,5
21	25	5	4,5

Продолжение таблицы 8.4

22	30	6	3,5
23	20	7	2,8
24	25	8	5,0
25	30	5	4,0
26	20	6	3,5
27	25	7	3,0
28	30	8	2,5
29	20	5	4,0
30	25	6	4,5

Практическое занятие № 8

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Цель работы: познакомиться с конструкцией и принципом действия дозиметра, усвоить методику измерения радиационного фона на рабочих местах, научиться определять эффективную дозу облучения.

Приборы и инструменты: дозиметр ДКГ-01Д «Гарант».

Теоретическая часть

Радиационная безопасность населения – система мероприятий по защите не только современного человечества, но и будущих поколений от вредного действия ионизирующего излучения (ИИ).

ИИ при взаимодействии со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков. Наиболее опасным для человека является γ -излучение при внешнем облучении и α -излучение – при внутреннем. Источники ИИ делятся на естественные и искусственные.

Естественный радиационный фон (ЕРФ) – доза излучения, создаваемая космическими лучами и природными радионуклидами, содержащимися в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека. ЕРФ присутствует везде и всегда, его уровень в разных регионах колеблется относительно некоторого среднего значения, зависит от высоты территории над уровнем моря и геологического строения конкретного района. Нормальным считается уровень внешнего облучения тела до 0,2 мкЗв/ч (до 20 мкР/ч), а максимальным безопасным – 0,5 мкЗв/ч (до 50 мкР/ч).

Поглощенная доза облучения накапливается в организме, ее суммарное значение за всю жизнь не должно превышать 0,1 – 0,7 Зв, где верхняя граница интервала относится к жителям высокогорных районов и районов с повышенной естественной радиоактивностью почв, подземных вод и горных пород.

Годовые показатели облучения организма человека на уровне моря от различных природных источников имеют следующий вид: космическое излучение – 0,3 мЗв/год (на высоте 2 км втрое больше); почва и горные породы – 0,5 мЗв/г (на гранитах около 1 мЗв/год); строительные конструкции зданий – 0,3 мЗв/год; еда – до 0,02 мЗв/год; питьевая вода – до 0,01 мЗв/год (при ежедневном потреблении 2 литров); воздуха – 0,2...20 мЗв/год (радон и продукты его распада).

Кроме природных существуют также разовые облучения: флюорография, рентген легких – до 3 мЗв, рентгеновский снимок у зубного врача – 0,2 мЗв, перелет на самолете – 0,005...0,020 мЗв/ч (основной вклад от солнечной радиации при полете на высоте около 10 км, максимальные значения в период солнечной активности), сканеры (интроскопы) в аэропортах - до 0,001 мЗв за один акт проверки.

ИИ, применяемое в медицине для диагностики и лечения (флюорография, рентгенография и компьютерная томография) при чрезмерном применении может нанести вред здоровью, поэтому установлена максимальная эффективная доза облучения от данных источников – 1 мЗв.

Кроме медицины природные и искусственные источники ИИ (γ - и рентгеновского излучения, нейтронов), в том числе и большой мощности, применяются для физических, физико-химических и биологических исследований, для дефектоскопии (контроля качества внутренней структуры материалов), при поисках полезных ископаемых, скважинных исследованиях и т.д.

Для работы с источниками ИИ нужна надежная биологическая защита персонала, четкое соблюдение норм радиационной безопасности. Человеческий организм не способен с помощью своих органов чувств воспринимать наличие радиоактивных веществ и их излучения, поэтому необходимы специальные измерительные приборы – дозиметрическая и радиометрическая аппаратура.

Радиометры – используются для измерения плотности потока и мощности доз ионизирующего излучения, а также активности радионуклидов.

Спектрометры предназначены для изучения распределения излучений по энергии, заряду и массам, то есть для детального анализа образцов материалов, являющихся источниками ИИ.

Дозиметры – применяют для измерения индивидуальной эквивалентной дозы и мощности доз рентгеновского, β - и γ -излучений в диапазоне энергий от 0,05 до 3 МэВ. Наиболее распространенными моделями дозиметров является ДКГ и ДКС (индивидуальные), МКС (дозиметр-радиометр), по классу точности и опциями они делятся на бытовые и профессиональные, по конструкции – на переносные и стационарные.

В качестве детектора радиации обычно применяют счетчик Гейгера-Мюллера, β -фильтр изготавливается двухслойным из меди и свинца, защищая со всех сторон датчик. Широкий диапазон измерений и высокая точность и надежность в работе характерные только для приборов профессионального класса, но их цена значительно выше, чем у бытовых моделей. Для радиометрических приборов характерно значительное рассеяние отсчетов (до 40 %), поэтому для уменьшения погрешности результатов хотя бы до 15 % увеличивают количество и время опытов.

Производители уменьшают погрешность приборов за счет повышения чувствительности, увеличивая количество и качество детекторов ионизирующего излучения (газоразрядных счетчиков или различных видов сцинтилляторов) в радиометрических приборах.

Дополнительные погрешности приборов также вызывают: температура, отличная от комнатной (меняет параметры электрической схемы на 15 %), повышенная влажность и конденсат (на 10 %), степень заряженности батареи (на 10 %), вариации космического излучения. Все упомянутые факторы вместе образуют интегральную погрешность.

Периодическая поверка и калибровка приборов радиационной безопасности проводится один раз в год – это стандартный временной интервал для аппаратуры. Бытовые радиометры и дозиметры поверке не подлежат – их можно сверить по новым, недавно купленным или только поверенным приборам, проводя параллельные замеры в режиме повышенной точности, «на ровном поле».

Результаты измерений, полученные с помощью бытовых приборов, не могут быть использованы для официальных заключений государственными органами. Для этого нужна профессиональная и сертифицированная аппаратура, которая

получила государственную поверку, и квалифицированный специалист, способный правильно провести измерения, выполнить расчеты и оформить результаты.

Для выполнения лабораторной работы используется дозиметр ДКГ-01Д «Гарант» (рис. 8.2), он разработан в 2008 году с использованием современной элементной базы и программных решений. Назначение данного прибора – измерения эквивалентной мощности γ -излучения, эквивалентной дозы γ -излучения, работа в качестве датчика при мониторинге местности, работа в качестве съемного блока детектирования в многоканальных системах.



Рис. 8.2 – Дозиметр ДКГ-01Д

Данный дозиметр измеряет γ -излучения в широком диапазоне мощностей доз. Благодаря высокой чувствительности детектора результат измерений на уровне естественного фона может быть получен за довольно короткое время. ДКГ-01Д оборудован большим графическим дисплеем, который дает возможность различать информацию с расстояния более десяти метров.

Порядок выполнения работы:

1. Детально ознакомиться с конструкцией и принципом действия дозиметра ДКГ-01Д «Гарант», выяснить назначение составных частей данного прибора, получить у преподавателя инструктаж по методам работы с дозиметром.
2. Клавишей «Меню» установить на жидкокристаллическом дисплее прибора режим измерения эквивалентной дозы γ -излучения.
3. Измерить уровень ЕРФ $d_{внеш}$ на открытом воздухе в трех точках на расстоянии не менее 15 м друг от друга и от ближайших зданий.

4. Измерить уровень внешнего радиационного фона внутри указанного преподавателем помещения $d_{пом}$ в трех наиболее удаленных друг от друга точках.

5. Определить годовой уровень облучения на рабочем месте, если рабочая неделя составляет 40 часов.

6. Определить годовой уровень облучения на открытом воздухе при условии ежедневного двухчасового пребывания на нем.

7. Определить суммарное годовое облучение человека, сделать выводы относительно его уровня.

8. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 8.5 отчета.

Таблица 8.5 – Результаты измерений и расчетов

№ исследования	$D_{ан}$ мкР	$D_{пом}$ мкР	$H_{раб}$ Зв/год	$H_{пов}$ Зв/год	$H_{сум}$ Зв/год
1 исследование					
2 исследование					
3 исследование					

Вопросы для самоконтроля:

1. Какое излучение называется ионизирующим?
2. В чем заключается суть процесса ионизации вещества?
3. Какие виды ионизирующих излучений известны?
4. Какое из излучений обладает наибольшей проникающей способностью?
5. Что характеризует коэффициент качества излучения?
6. При каких условиях происходит генерация γ -излучения?
7. В чем заключается отличие γ -излучения от рентгеновского?
8. Какими величинами характеризуется действие ионизирующего излучения на биологические объекты?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Нормативные основы охраны труда

1. Сколько ступеней насчитывает административный контроль за соблюдением норм охраны труда в организации?

- 1) 1 ступень; 2) 2 ступени;
- 3) 3 ступени; 4) 4 ступени.

2. Когда предусмотрена уголовная ответственность за нарушение норм охраны труда должностными лицами?

- 1) не предусмотрена вообще;
- 2) предусмотрена за любое нарушение;
- 3) если сумма ущерба превышает 1000 рублей;
- 4) если возникла угроза жизни и здоровью работников.

3. Какой доли от заработной платы предприятия не может превышать штраф за несоблюдение норм и правил охраны труда?

Варианты ответов:

- 1) 2%; 2) 5%;
- 3) 10%; 4) 20%.

4. Какие лица имеют право накладывать административное взыскание?

- 1) руководитель отдела охраны труда данного учреждения;
- 2) руководитель учреждения;
- 3) руководитель профсоюзного комитета учреждения;
- 4) лица Госгорпромнадзора ЛНР.

5. Какая продолжительность рабочей недели установлена действующим законодательством?

- 1) 40 ч; 2) 36 ч;
- 3) не более 40 ч; 4) не менее 40 ч.

6. С какого возраста допускается прием на работу согласно Временного Основного Закона (Конституции) ЛНР?

- 1) с 14 лет; 2) с 15 лет;
- 3) с 16 лет; 4) с 17 лет.

7. Какая продолжительность рабочей недели установлена действующим законодательством для вредных производств?

- 1) 40 ч; 2) не более 36 ч;
3) не более 40 ч; 4) не менее 40 ч.

8. Какова периодичность медицинского осмотра лиц, не достигших 21 года?

- 1) не реже 1 раза в месяц; 2) не реже 1 раза в год;
3) не реже 1 раза в семестр; 4) не реже 1 раза в день.

9. При каком стаже пособие по временной нетрудоспособности работникам, состоящим в профсоюзе, составляет 100% месячной заработной платы?

- 1) не менее 2 лет; 2) не менее 4 лет;
3) не менее 6 лет; 4) не менее 8 лет.

10. Какова максимальная допустимая длина приставной лестницы?

- 1) 2 м; 2) 3 м;
3) 4 м; 4) 5 м.

Производственная санитария

11. Какая доза однократного облучения вызывает острую лучевую болезнь?

- 1) 100 бэр; 2) 200 бэр;
3) 300 бэр; 4) 400 бэр.

12. Какова минимальная допустимая освещенность учебных помещений при освещении лампами накаливания?

- 1) 100 лк; 2) 200 лк;
3) 300 лк; 4) 400 лк.

13. Какова минимальная допустимая освещенность учебных помещений при освещении люминесцентными лампами?

- 1) 100 лк; 2) 200 лк;
3) 300 лк; 4) 400 лк.

14. Какая из кислот наиболее опасна при попадании на кожу человека?

- 1) азотная; 2) фтористоводородная;
3) соляная; 4) уксусная.

15. В каких единицах измеряется уровень звукового давления?

- 1) рад; 2) децибел;
- 3) люкс; 4) люмен.

16. В каких единицах измеряется сила света?

- 1) кандела; 2) рад;
- 3) люкс; 4) люмен.

17. Какое из излучений обладает наибольшей проникающей способностью?

- 1) α -излучение; 2) β -излучение;
- 3) γ -излучение; 4) тепловые нейтроны

18. Какова периодичность мытья окон снаружи для поддержания необходимого уровня естественной освещенности?

- 1) 1 раз в год; 2) 2 раза в год;
- 3) 3 раза в год; 4) 1 раз в 3 года.

19. Чему равен нормативный уровень шума в классных помещениях?

- 1) 20 дБ; 2) 40 дБ;
- 3) 80 дБ; 4) 160 дБ.

20. Какие вибрации действуют на все тело человека?

- 1) местные; 2) синусоидальные;
- 3) общие; 4) вынужденные.

21. С какой периодичностью должен проводиться контроль за уровнем освещенности в учебных помещениях?

- 1) раз в месяц; 2) раз в квартал;
- 3) раз в год; 4) раз в 3 года.

Основы электрической и пожарной безопасности

22. Чему равно наименьшее допустимое сопротивление изоляции осветительной сети?

- 1) 0,5 Ом; 2) 0,5 кОм;
- 3) 0,5 МОм; 4) 0,5 ГОм.

23. Какова периодичность проверки величины

сопротивления изоляции переносных трансформаторов?

- 1) раз в месяц; 2) раз в 3 месяца;
- 3) раз в 6 месяцев; 4) раз в 9 месяцев

24. Какой электрический прибор может представлять опасность даже после выключения напряжения в сети?

- 1) конденсатор; 2) реостат;
- 3) электрический ключ; 4) катушка индуктивности

25. На каком электрическом приборе напряжение в сотни раз может превышать действующее значение напряжения сети?

- 1) на конденсаторе; 2) на реостате;
- 3) на электрическом ключе; 4) на катушке индуктивности.

26. Как изменяется сила тока, проходящего через тело человека, при его поражении в пыльных помещениях?

- 1) уменьшается;
- 2) сила тока увеличивается;
- 3) не зависит от условий в помещении;
- 4) определяется только сопротивлением кожи человека.

27. При каком напряжении необходимо выполнять защитное заземление или зануление в сетях переменного тока в помещениях без повышенной опасности?

- 1) 110 В и выше; 2) 220 В и выше;
- 3) 380 В и выше; 4) 440 В и выше.

28. Какая величина сопротивления тела человека принимается за расчетную?

- 1) 1000 Ом; 2) 10000 Ом;
- 3) 50000 Ом; 4) 100000 Ом.

29. При каком напряжении необходимо выполнять защитное заземление или зануление в сетях постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных?

- 1) 110 В и выше; 2) 220 В и выше;
- 3) 380 В и выше; 4) 440 В и выше.

30. К какому классу по степени опасности относят помещения с токопроводящим полом?

- 1) без повышенной опасности; 2) очень опасные;

3) особо опасные; 4) с повышенной опасностью.

31. В чем заключается защитное действие зануления?

- 1) аварийное отключение поврежденного участка сети;
- 2) снижение напряжения зануленных частей относительно земли;
- 3) аварийное отключение поврежденного участка сети и снижение напряжения зануленных частей относительно земли до безопасной величины;
- 4) сигнализация персонала об опасности.

32. В чем заключается защитное действие заземления?

- 1) аварийное отключение поврежденного участка сети;
- 2) снижение потенциала заземленных частей относительно земли до безопасной величины;
- 3) аварийное отключение поврежденного участка сети и снижения напряжения заземленных частей относительно земли;
- 4) сигнализация персонала об опасности.

33. Назовите частоту дыхания воздуха в легкие пострадавшего при выполнении искусственного дыхания.

- 1) 1 – 2 раз в минуту; 2) 4 – 5 раз в минуту;
- 3) 10 – 12 раз в минуту; 4) 40 – 50 раз в минуту.

34. Каким должно быть сопротивление контура заземления в сетях до 1000 В?

- 1) не более 4 Ом; 2) не более 10 Ом;
- 3) не более 100 Ом; 4) не менее 0,5 Ом.

14. На какое расстояние запрещается приближаться к месту замыкания провода на землю на открытой местности?

- 1) менее 2 м; 2) менее 4 м;
- 3) менее 6 м; 4) менее 8 м.

15. Каким должно быть сопротивление контура заземления в сетях свыше 1000 В?

- 1) не более 4 Ом; 2) не более 10 Ом;
- 3) не более 100 Ом; 4) не более 0,5 Ом.

16. Какой должна быть периодичность измерения сопротивления заземляющих устройств в учебных и производственных помещениях?

- 1) не реже 1 раза в месяц; 2) не реже 1 раза в год;
3) не реже 1 раза в семестр; 4) не реже 1 раза в день.

17. Каким должно быть сопротивление контура заземления для молниезащиты зданий и сооружений?

- 1) не более 4 Ом; 2) не более 10 Ом;
3) не более 100 Ом; 4) не менее 0,5 Ом.

18. Какое из названных деревьев никогда не поражает молния в лесу?

- 1) дуб; 2) сосна; 3) береза; 4) ель.

19. В чем заключается суть вторичного воздействия молнии?

- 1) наведение на металлические конструкции высокого напряжения;
2) поражения электрическим током при прямом ударе молнии;
3) ионизация окружающего воздуха при разряде молнии;
4) повышенное образование озона O_3 при разряде молнии.

20. На какое расстояние в грозу не рекомендуется приближаться к автотранспорту, чтобы не попасть под удар молнии?

- 1) менее 0,5 метра; 2) менее 5 метров;
3) менее 50 метров; 4) менее 500 метров.

22. Какие вещества относятся к легковоспламеняющимся?

- 1) имеющие температуру возгорания не более $0^{\circ}C$;
2) имеющие температуру возгорания не более $25^{\circ}C$;
3) имеющие температуру возгорания не более $45^{\circ}C$;
4) имеющие температуру возгорания не более $90^{\circ}C$.

21. Каким должен быть минимальный напор в противопожарных водопроводах?

- 1) 0,6 атмосферы; 2) 6 атмосфер;
3) 60 атмосфер; 4) 600 атмосфер.

22. Какой принцип действия световых извещателей?

- 1) изменение сопротивления чувствительного элемента при изменении его освещенности;
2) изменение сопротивления чувствительного элемента при изменении его температуры;
3) фиксация разницы частоты излучаемых и принятых волн;

4) регистрация колебаний воздуха, возникающих при пожаре.

23. Чему равна величина переменного тока фибрилляции для человека?

- 1) 50 мА; 2) 100 мА; 3) 200 мА; 4) 300 мА.

24. Чему равна величина постоянного неотпускающего тока?

- 1) 50 мА; 2) 100 мА; 3) 200 мА;
4) для постоянного тока подобного понятия не существует.

25. Переменный ток какой частоты наиболее опасен при напряжениях до 500 В?

- 1) 5 Гц; 2) 50 Гц; 3) 5000 Гц; 4) 50000 Гц.

26. Что означает категория Д в классификации помещений по степени пожарной безопасности?

- 1) склад лакокрасочных материалов и ЛВЖ, заправочная;
2) мастерская по деревообработке, библиотека, склады химикатов, гаражи;
3) механические мастерские, котельная, склады топлива;
4) слесарные, лаборатории ремонта электрооборудования и приборов.

27. Какая из электрических величин определяет исход поражения электрическим током?

- 1) напряжение;
2) разность потенциалов;
3) сила тока;
4) сопротивление кожи человека.

28. Какое действие на организм человека оказывает ток сверхвысокой частоты?

- 1) термическое;
2) электролитическое;
3) механическое;
4) биологическое.

29. Чему равна величина переменного неотпускающего тока частотой 50 Гц, ?

- 1) 50 мА; 3) 200 мА;
2) 100 мА; 4) 300 мА.

ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ И НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

1. Временный Основной Закон (Конституция) Луганской Народной Республики (с изменениями, внесенными Законами Луганской Народной Республики от 24.09.2014 № 22-І, от 03.12.2014 № 1-ІІ, от 03.03.2015 № 11-ІІ).
2. Трудовой Кодекс Луганской Народной Республики (с изменениями, внесенными Законами Луганской Народной Республики от 04.03.2016 № 88-ІІ, от 12.08.2016 № 113-ІІ, от 06.01.2017 № 139-ІІ, от 09.06.2017 № 156-ІІ).
3. Положение о порядке проведения обучения и проверки знаний по вопросам охраны труда у работников предприятий, учреждений и организаций, приказ Госгорпромнадзора Луганской Народной Республики от 11.06.2015 № 82, зарегистрированного в Министерстве юстиции Луганской Народной Республики от 26.06.2015 № 129/138.
4. Приказ Госгорпромнадзора ЛНР «Об утверждении Изменений в Положение о порядке проведения обучения и проверки знаний по вопросам охраны труда у работников предприятий, учреждений и организаций» от 28.12.2015 г. № 346, зарегистрированный в Министерстве юстиции Луганской Народной Республики от 26.12.2015 г. № 53/400.
5. Приказ Министерства чрезвычайных ситуаций ЛНР «О пожарной безопасности Луганской Народной Республики» от 03.05.2017 г. № 206, зарегистрированный в Министерстве юстиции Луганской Народной Республики от 11.05.2017 за № 258/1309.
6. ГОСТ 120.003-74. ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
7. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
9. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
10. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
11. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
12. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

13. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
14. ГОСТ 12.1.036-81. ССБТ. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.
15. ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. **Девисилов В.А.** Охрана труда. Учебник. – 2-е издание испр. и доп. – М.: Форум, ИНФРА, 2006. – 380 с.
2. **Михнюк Т.Ф.** Охрана труда. Учебное пособие для вузов. – Мн.: Вышэйшая школа, 2007. – 335 с.
3. **Русак О.Н.** Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие 6-е изд./ О.Н. Русак, К.Р. Малаян, Н.Г. Занько. – СПб: Издательство «Лань», 2003. – 376 с.
4. **Сенич В.П.** Охрана труда при работе на персональных ЭВМ и другой офисной технике. Практическое пособие. – Мн., Вышэйшая школа, 2001. – 125 с.
5. **Сокол Т.С.** Охрана труда. Учебное пособие. – Мн.: «Дизайн ПРО», 2005. – 350 с.
6. **Шимова О.С.** Основы экологии и экономика природопользования, 2-е издание / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. – Мн.: БГЭУ, 2002. – 367 с.
7. **Барабаш В.И.** Охрана труда специалистов, работающих с видеотерминалами. Методические рекомендации – ЛПИ им. М.И. Калинина, 1990. – 85 с.
8. **Белов С.В.** Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. Под общей редакцией С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.

Дополнительная литература:

1. **Сергеенко С.К.** Практикум по инженерной психологии и эргономике. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. / С.К. Сергеенко, В.А. Бодров, Ю.Э. Писаренко и др. Под общей редакцией Ю.К. Стрелкова, М.: Академия, 2003. – 400 с.

2. **Белов С.В.** Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов вузов – 8-е изд. стереотип. – М.: Высшая школа, 2008. – 616 с.
3. **Графкина М.В.** Охрана труда и производственная безопасность: учебник/ М.В. Графкина. – М.: Проспект, 2009. – 432с.
4. **Челноков А.А.** Охрана труда: лабораторный практикум. – Минск, 2002. – 237 с.
5. **Серіков Я.О.** Основи охорони праці: Навч. посіб. – Харків, ХНАМГ, 2007. – 227 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

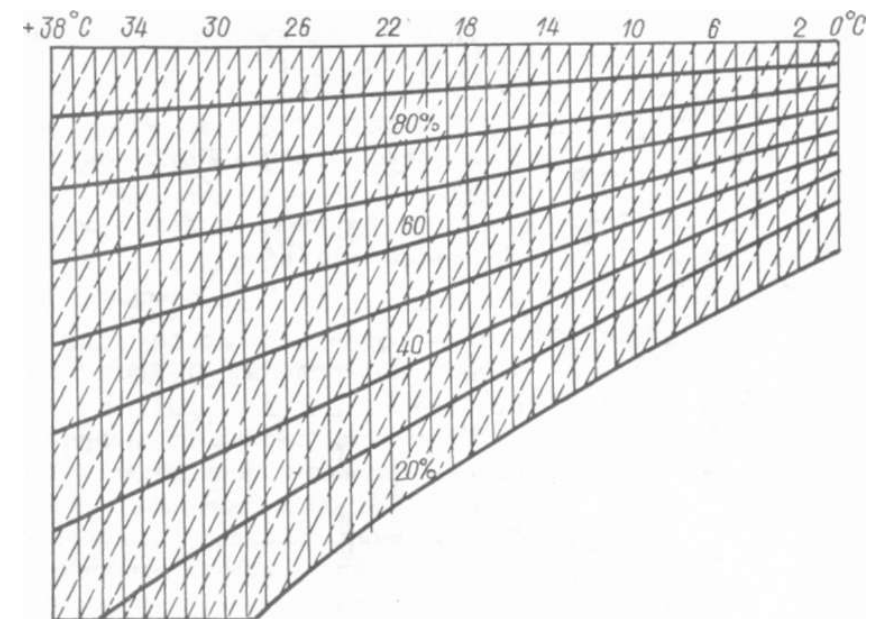
Приложение А. Греческий алфавит

A, α – альфа	I, i – йота	P, ρ – ро
B, β – бета	K, κ – каппа	Σ, σ – сигма
Γ, γ – гамма	Λ, λ – лямбда	T, τ – тау
Δ, δ – дельта	M, μ – мю	Y, ν – ипсилон
E, ε – эпсилон	N, ν – ню	Φ, ϕ – фи
Z, ζ – дзета	Ξ, ξ – кси	X, χ – кси
H, η – ета	O, o – омикрон	Ψ, ψ – пси
Θ, θ – тета	Π, π – пи	Ω, ω – омега

Приложение Б. Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, °C	Разница показаний сухого и влажного термометров, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

Приложение В. Психрометрический график



Приложение Г. Кратные и частичные единицы

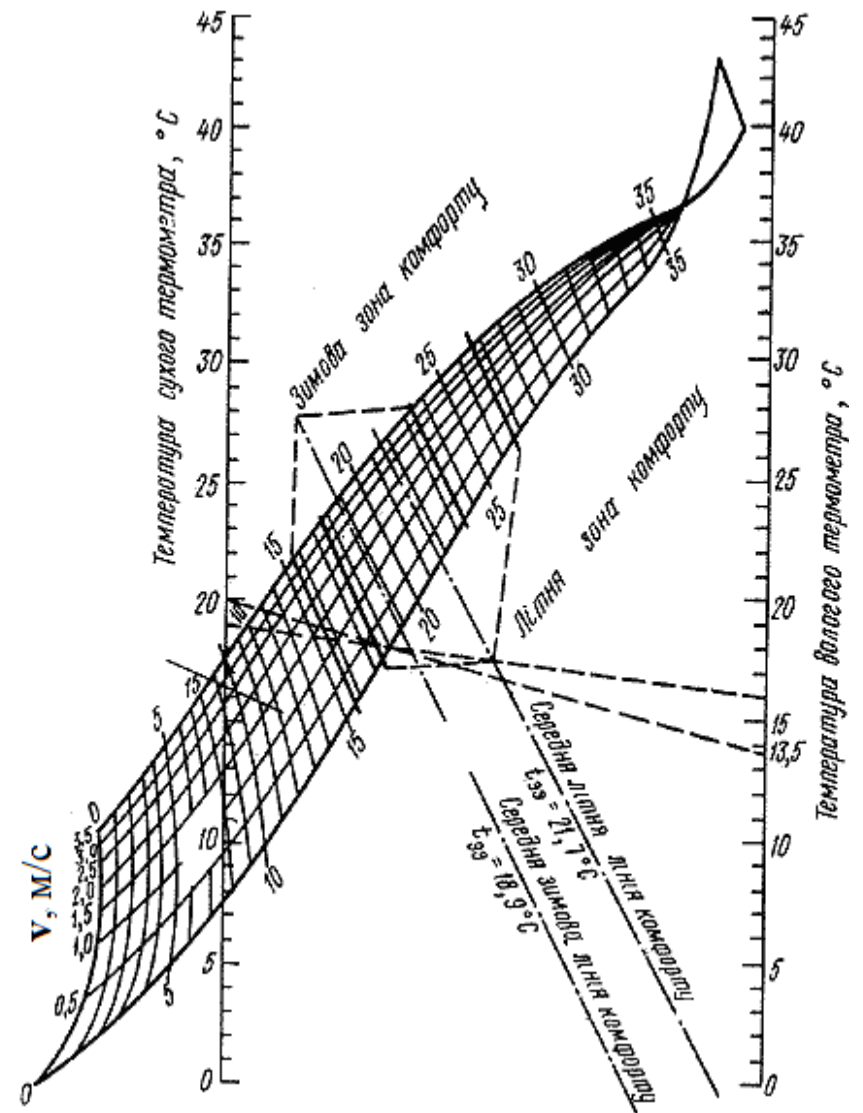
Множи- тель	Название	Обозначе- ние	Множи- тель	Назва- ние	Обозначе- ние
10^{18}	Екса	Е	10^{-1}	деци	д
10^{15}	Пета	П	10^{-2}	санتي	с
10^{12}	Тера	Т	10^{-3}	мили	м
10^9	Гига	Г	10^{-6}	микро	мк
10^6	Мега	М	10^{-9}	нано	н
10^3	Кило	к	10^{-12}	пико	п
10^2	Гекто	г	10^{-15}	фемто	ф
10	Дека	да	10^{-18}	атто	а

*Приложение Д. Определение скорости движения воздуха
катетерометром*

H/Q	v, м/с	H/Q	v, м/с
0,33	0,048	0,59	0,97
0,34	0,062	0,60	1,00
0,35	0,077	0,61	1,03
0,36	0,09	0,62	1,07
0,37	0,11	0,63	1,11
0,38	0,12	0,64	1,15
0,39	0,14	0,65	1,19
0,40	0,16	0,66	1,23
0,41	0,18	0,67	1,27
0,42	0,20	0,68	1,31
0,43	0,22	0,69	1,35
0,44	0,25	0,70	1,39
0,45	0,27	0,71	1,43
0,46	0,30	0,72	1,48
0,47	0,33	0,73	1,52
0,48	0,36	0,74	1,56
0,49	0,40	0,75	1,60
0,50	0,44	0,76	1,65
0,51	0,48	0,77	1,70
0,52	0,52	0,78	1,75
0,53	0,57	0,79	1,79
0,54	0,62	0,80	1,84
0,55	0,68	0,81	1,89
0,56	0,73	0,82	1,94
0,57	0,80	0,83	1,98
0,58	0,88	0,84	2,03

*Приложение Е. Коэффициент использования вертикальных
заземлителей η_v*

Количество заземлителей	Отношение $K = a/l$		
	1	2	3
2	0,84 – 0,87	0,90 – 0,92	0,93 – 0,95
3	0,76 – 0,80	0,85 – 0,88	0,90 – 0,92
5	0,67 – 0,72	0,79 – 0,83	0,85 – 0,88
10	0,56 – 0,62	0,72 – 0,77	0,79 – 0,83
15	0,51 – 0,56	0,66 – 0,73	0,76 – 0,80
20	0,47 – 0,50	0,65 – 0,70	0,74 – 0,79



Приложение Ж. Санитарные нормы температуры

<i>№</i>	<i>Тип производственного помещения</i>	<i>Норма температуры</i>
1	Участок хранения автомобилей	3...8°C
2	Участок технического обслуживания	15...17°C
3	Складские помещения	10...12°C
4	Цех механической обработки материалов	13...15°C
5	Учебные аудитории	18...20°C
6	Кабинет технического труда	15...20°C
7	Административно-бытовые помещения	17...21°C
8	Участок ремонта топливной аппаратуры	18...20°C
9	Инструментальное отделение	17...20°C
10	Участок покраски автомобилей	16...20°C

Приложение 3. Нормы естественного освещения рабочих мест

Производственный участок	Коэффициент естественной освещенности КЕО, %	
	<i>Верхнее или комбинированное</i>	<i>Боковое</i>
Мойки автомобилей	4	1,2...1,5
Текущего ремонта	4	1,2...1,5
Ремонта электрического оборудования	5	1,6...2,0
Технического обслуживания (ТО)	4	1,2...1,5
Дефектирования	5	1,6...2,0
Покраски автомобилей	5	1,2...1,5
Комплектования	4	1,2...2,5
Шиномонтажный	4	1,6...2,0
Ремонта топливной аппаратуры	5	1,6...2,0
Балансировочный	4	1,6...2,0
Агрегатный	5	2
Кузнечно-рессорный	4	1,2...1,5
Медницко-жестяницкие	4	1,6...2,0
Обивочных работ	5	2
Паро-сушильный	4	1,6...2,0
Испытания двигателей	5	2
Аккумуляторная	4	1,6...2,0

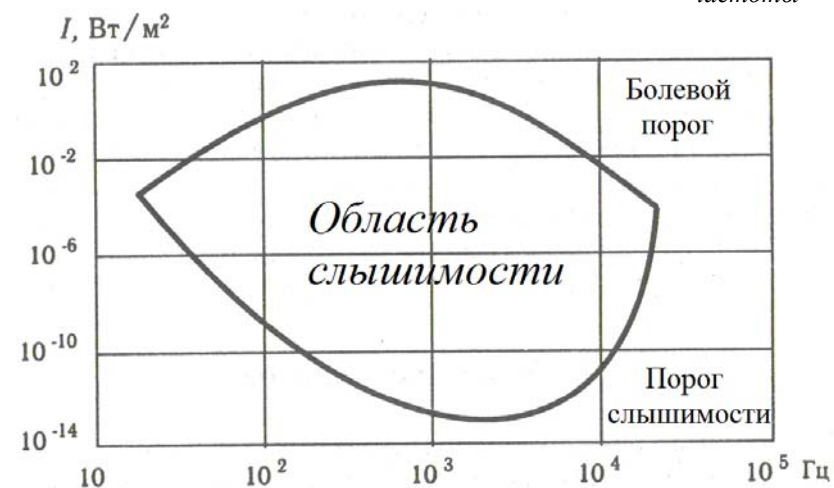
*Приложение II. Оснащенность помещений переносными
огнетушителями*

Категория помещений	Защищаемая площадь, м ²	Класс пожара	Пенные и водные огнетушители 10 л	Порошковые огнетушители				Хладоновые огнетушители 2 (3) л	Углекислотные огнетушители	
				2 л	5 л	10 л	10 л		2 л	5 л
А, Б, В (горючие газы, и жидкости)	200	А	2++	-	2+	1++	-	-	-	-
		В	4+	-	2+	1++	-	4+	-	-
		С	-	-	2+	1++	-	4+	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-	-
		(Е)	-	-	2+	1++	-	-	-	2++
В	400	А	2++	4+	2++	1+	-	-	-	2+
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-	-
		(Е)	-	-	2++	1+	-	2+	4+	2++
Г	800	В	2+	-	2++	1+	-	-	-	-
		С	-	4+	2++	1+	-	-	-	-
Г и Д	1800	А	2++	4+	2++	1+	-	-	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-	-
		(Е)	-	2+	2++	1+	-	2+	4+	2++
Гражданские постройки	800	А	4++	8+	4++	2+	-	-	-	-
		(Е)	-	-	4++	2+	-	4+	4+	2++

Приложение И. Характеристики ламп

Лампы накаливания			Люминесцентные лампы		
Тип и мощность	220 В		Тип и мощность	220 В	
	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт		Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
НВ-15	106	7,0	ЛДЦ 20	820	41,0
НВ-25	220	8,8	ЛД 20	920	46,0
НВ-40	400	10,0	ЛБ 20	1180	59,0
НБК-40	460	11,5	ЛДЦ 30	1450	48,2
НВ-60	715	11,9	ЛД 30	1640	54,5
НБК-100	1450	14,5	ЛБ 30	2100	70,0
НГ-150	2000	13,3	ЛДЦ 40	2100	52,5
НГ-200	2800	14,0	ЛД 40	2340	58,5
НГ-300	4600	15,4	ЛБ 40	3000	70,5
НГ-500	8300	16,6	ЛДЦ 80	3560	44,5
НГ-750	13100	17,5	ЛД 80	4070	50,8
МГ-1000	18600	18,6	ЛБ 80	5220	65,3

Приложение К. Зависимость порогов чувствительности от частоты



Приложение Л. Нормы освещенности производственных помещений

<i>Помещение</i>	<i>Плос- кость</i>	<i>Наименьшая освещенность, лк</i>	
		<i>Люминесцентные лампы</i>	<i>Лампы накаливания</i>
Рабочая комната	Г	300	150
Зал заседаний	Г	200	100
Фойе	Пол	150	75
Читальный зал	Г	300	150
Книгохранилище	В	75	30
Вестибюль	Пол	100	50
Коридор	Пол	75	30
Комната ожидания	Г	200	100
Лестничная клетка	Пол	100	50
Мойка автомобилей	Пол	-	150
Участок ТО и ТР	Пол	300	200
Агрегатный цех	Г	750	300
Смотровая канава	Г	-	75
Участок механич. обработки	Г	500	200
Шиномонтажное отделение	Г	500	200
Помещение хранения автомобилей	Пол	300	200
Столярная мастерская	Г	500	200
Помещение по ремонту электрических систем	Г	750	300
Участок покраски	Г	200	100
Столовые и буфеты	Г	200	100
Санитарно-бытовые помещения	Пол	75	30
Горячий и холодный цеха	Г	200	100
Процедурный кабинет	Г	300	150
Лифтовый холл	Пол	75	30
Электрощитовая	В	100	50
Открытые площадки для хранения автомобилей	Пол	-	20

* Г – горизонтальная плоскость, В – вертикальная плоскость.

Сила тока, мА	Переменный ток	Постоянный ток
0,6 – 1,5	Начальные ощущения, слабое	Не ощущается
2,0 – 4,0	Ощущения распространяются на запястье руки	Не ощущается
5,0 – 7,0	Слабые боли по всей руке	Начало ощущения нагрева кожи под электродом
8,0 – 10,0	Сильные боли и судороги по всей руке. Руки еще можно оторвать от электродов	Усиление ощущения нагрева
10,0 – 15,0	Сильные боли по всей руке, невозможность оторвать руку от электрода	Еще большее ощущение нагрева под электродом и в прилегающих областях
20,0 – 25,0	Руки мгновенно парализуются, сильные боли, затруднение дыхания	Усиление ощущения нагрева кожи, ощущение сокращения мышц рук
25,0 – 50,0	Очень сильная боль в руках и груди. Дыхание крайне затруднено, ослабление деятельности сердца	Ощущение сильного нагрева, боли и судороги в руках. При отрывании рук возникают сильные боли
50,0 – 80,0	Возможен паралич. За несколько секунд парализуется дыхание и работа сердца, возможна фибрилляция сердца	Ощущение сильного нагрева, сильной боли в руке и груди. Затруднение дыхания. Руки невозможно оторвать от электродов.

Приложение Н. Значение светового коэффициента α

Вид работ по степени точности и название помещений	Значение светового коэффициента α
Работы высокой точности	0,20...0,16
Точные работы (ремонтные мастерские, отделения: станочное, медницкое, слесарное, сборочное, электроремонтное, столярное, ремонта топливной аппаратуры)	0,16...0,14
Работы малой точности (отделение мойки, окраски, сварки, испытаний, кузница, ремонта машин, разборки-сборки, инструментальная кладовая)	0,14...0,12
Грубые работы (гаражи, помещения для хранения машин, склады материалов и готовой продукции)	0,12...0,10
Довольно грубые работы (проходы, проезды, коридоры)	0,10...0,08

Приложение О. Коэффициент светопропускания τ_v

Тип помещений	Положения	Деревянные или железобетонные рамы			Стальные или алюминиевые рамы		
		одинарные	двойные	сдвоенные	одинарные	двойные	сдвоенные
Помещения со значительным выделением пыли, дыма и копоти (ПДК пыли и других аэрозолей 5 мг/м ³ и более)	В*	0,4	0,25	0,3	0,5	0,3	0,4
	Н	0,3	0,2	0,25	0,4	0,25	0,3
Помещения с незначительным выделением пыли, дыма и копоти (ПДК пыли и других аэрозолей менее 5 мг/м ³)	В	0,5	0,35	0,4	0,6	0,4	0,5
	Н	0,4	0,25	0,3	0,5	0,3	0,4

*В – вертикальное положение, Н- наклонное положение.

Приложение II. Стандартные размеры окон

Высота окон, мм	Ширина окон, мм
2100	1555
	1260
	1060
	860
	565
1800	1555
	1260
	1060
	860
	565
1575	1555
	1260
	1060
	860
	665
1425	1555
	1260
	1060
	860
	665
	565
1275	1555
	1260
	1060
	860
	665
	565

Приложение Р. Световая характеристика окон η_e при боковом освещении

Отношение l/b	Отношение глубины помещения b к высоте верхнего края окон над уровнем рабочей плоскости n_1							
	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,5	10
4,0 и больше	6,5	7,0	7,5	8,0	9,0	10,0	11,0	12,5
3	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0	11,0	12,5	14,0
2	8,5	9,0	9,0	10,5	11,5	13,0	15,0	17,0
1,5	9,5	10,5	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0
1,0	11,0	15,0	16,0	18,0	21,0	23,0	26,5	29,0
0,5	18,0	23,0	31,0	37,0	45,0	64,0	66,0	-

Приложение С. Допустимые значения сопротивления защитного заземления

Характеристика установок	Наибольшее допустимое сопротивление $R_{доп}$, Ом
<i>Установки с напряжением выше 1000 В</i>	
Защитное заземление в установках с большими токами замыкания на землю ($I_{зам} > 500$ А)	0,5
Защитное заземление в установках с большими токами замыкания на землю ($I_{зам} > 500$ А):	
– заземляющее устройство используется одновременно для установок напряжением до 1000 В	$125/I_{зам} \leq 10$
– заземляющее устройство используется только для установок напряжением выше 1000 В	$250/I_{зам} \leq 10$
<i>Установки с напряжением до 1000 В</i>	
Защитное заземление всех установок	4

Приложение Т. К определению коэффициента сезонности

Характеристика районов	Районы			
Средняя многолетняя низкая температура (январь), °С	-20 ...-15	-14 ...-10	-10 ...0	0 ...5
Средняя многолетняя высокая температура (июль), °С	15...18	18...22	22...24	24...26
Продолжительность замерзания вод, дней	180	150	100	0
Виды заземлителей	Коэффициент сезонности			
Стержневые заземлители (уголковая сталь, трубы) длиной 2 – 3 м при глубине заложения 0,5 – 0,8 м	1,65	1,45	1,3	1,1
Заземлители большой длины (лента, круглая сталь) длиной 10 м при глубине заложения 0,8 м	5,5	3,5	2,5	1,5

Учебное издание

ВЕРЕХ-БЕЛОУСОВА Екатерина Иосифовна
КАЛАЙДО Александр Витальевич
КАРПОВ Владислав Викторович
ГУЗЕНКО Андрей Леонидович

ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА

*Учебное пособие
для студентов очной и заочной форм обучения всех
направлений подготовки ОПОП бакалавриата
ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный
университет имени Тараса Шевченко»*

Под редакцией авторов
Компьютерный макет – Калайдо А.В.
Корректор – Верех-Белюсова Е.И.

Сдано в печать. Подп. в печать
Формат 60x84 1/16. Бумага офсет. Гарнитура Times New Roman
Печать ризографическая. Усл. печ. лист. 9,3
Тираж 100 экземпляров. Зак. №