

2019

УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

для студентов заочной формы обучения
специальностей механико-технологического
факультета при выполнении контрольной
работы по дисциплине «Охрана труда»

Электронное издание



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Охрана труда»



А.М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич

УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

для студентов заочной формы обучения специальностей механико-технологического факультета при выполнении контрольной работы по дисциплине «Охрана труда»

Электронное издание

Минск
БНТУ
2019

УДК 331.45 (075.8)
ББК 65.247я73
В37

Авторы:
А.М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич

Рецензент:

В.Г. Андруш, зав. кафедрой «Управление охраной труда» УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», канд. тех. наук, доцент

Приведена учебная программа дисциплины, методические указания по темам, вопросы для самопроверки, примерный перечень лабораторных работ. Приведены методические указания по выполнению контрольной работы.

Изложены общие теоретические сведения об основных производственных факторах условий труда, таких как освещение, шум, вибрация, микроклимат, запыленность, загазованность, электробезопасность; нормировании рассматриваемых параметров производственной среды и методах и средствах защиты от их воздействия на работающих. Приведены методики расчетов различных параметров условий труда на рабочих местах предприятий, а также методика комплексной оценки условий труда работающих.

Пособие является одним из элементов учебно-методического комплекса, разработанного в Белорусском национальном техническом университете на кафедре «Охрана труда», в состав которого входит лабораторный практикум, учебно-практическое пособие по расчетам в охране труда [6] и учебное пособие [7].

Предназначено в качестве учебно-практического пособия для студентов заочной формы обучения специальностей механико-технологического факультета при выполнении контрольной работы по дисциплине «Охрана труда»: 1 – 42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка» (по направлениям); 1 – 42 01 02 «Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия»; 1 – 36 01 05 «Машины и технология обработки металлов давлением»; 1 – 36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства»; 1 – 36 02 01 «Машины и технология литейного производства».

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всего пособия или части данного электронного учебного пособия не может быть осуществлено без разрешения Белорусского национального технического университета.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел./факс (017) 292-75-61
E-mail: ynfasevich@bntu.by
<http://www.bntu.by/ru/struktura/facult/psf/chairs/im>
Регистрационный № БНТУ/МТФ 35-93.2019

© БНТУ, 2019
© Лазаренков А.М., Фасевич Ю.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
2. ПРОГРАММА ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ	4
РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА	4
2.1. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА	4
РАЗДЕЛ 2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ	5
2.2. ОЗДОРОВЛЕНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И НОРМАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА	5
2.3. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ	6
2.4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ	6
2.5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ, УЛЬТРАЗВУК И ИНФРАЗВУК	6
2.6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ	7
2.7. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ПОЛЯ	8
2.8. ЛАЗЕРНОЕ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЯ	8
РАЗДЕЛ 3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ	9
3.1. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ	9
3.2. БЕЗОПАСНОСТЬ УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ	9
3.3. ОХРАНА ТРУДА ПРИ РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛЬНЫМИ ЭВМ	10
3.4. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА К УСТРОЙСТВУ И СОДЕРЖАНИЮ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЦЕХОВ	10
3.5. БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	11
РАЗДЕЛ 4. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	12
4.1. ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ, ПОКАЗАТЕЛИ ВЗРЫВООПАСНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	12
4.2. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКЕ, СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ	12
3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	13
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	13
1. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	13
РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ	20
2. ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ	26
РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ	32
3. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ	37
РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ	39
4. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ	44
РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ	63
5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ	66
РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ	76
6. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ	79
РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ	88
7. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ	95
РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ	100
8. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ	105
РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ	112
5. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	118
6. ЛИТЕРАТУРА	121-24

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Основным методом изучения дисциплины «Охрана труда» студентами-заочниками является самостоятельная работа с учебниками, учебными и справочными пособиями, ГОСТами, правилами, нормами и другими нормативно-техническими документами. При изучении дисциплины рекомендуется внимательно ознакомиться с конкретным разделом программы, прочитать соответствующий материал в учебной, справочной и нормативной литературе, законспектировать его. Затем необходимо проверить усвоение изучаемого раздела, ответив на вопросы для самопроверки. Рекомендуется также ознакомиться с материалами по охране труда, имеющимися на предприятиях и в организациях по месту работы студента, с состоянием условий труда на производстве, с мероприятиями по созданию безопасных и здоровых условий труда (в том числе с материалами по аттестации рабочих мест по условиям труда).

После изучения всех разделов программы дисциплины студент заочного отделения выполняет контрольную работу и высылает ее в университет на рецензирование. При положительной оценке контрольной работы студент допускается к ее защите на кафедре «Охрана труда».

Для разрешения вопросов, возникших при изучении дисциплины, следует обратиться за консультацией на кафедру «Охрана труда».

2. ПРОГРАММА ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1.

Общие вопросы охраны труда

2.1. Правовые и организационные вопросы охраны труда

Предмет «Охрана труда» и его содержание. Основные термины и определения по охране труда. Государственное управление в области охраны труда. Законодательные акты и нормативные документы по охране труда. Нормы и правила в области охраны труда. Система стандартов безопасности труда. Охрана труда женщин и молодежи. Система управления охраной труда на предприятии. Организация охраны труда на предприятии. Права и обязанности работодателя и работающих в области охраны труда. Инструкции по охране труда. Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда. Планирование и финансирование мероприятий по охране труда. Аттестация рабочих мест по условиям труда. Контроль (надзор) за соблюдением законодательства об охране труда. Ответственность работников за нарушение законодательства об охране труда. Обеспечение работающих средствами индивидуальной защиты.

Расследование и учет несчастных случаев и профессиональной заболеваемости на производстве. Порядок расследования несчастных случаев на производстве. Специальное расследование несчастных случаев на производстве. Расследование и учет профессиональных заболеваний. Классификация причин травматизма и профзаболеваний. Методы анализа производственного травматизма.

Л и т е р а т у р а: [1-8]

Методические указания

При изучении данной темы необходимо обратить особое внимание на статьи Закона Республики Беларусь «Об охране труда», статьи Трудового кодекса Республики Беларусь, нормативно-технические акты по охране труда, вопросы организации охраны труда на предприятиях (организациях) и др.

Вопросы для самопроверки

1. Охрана труда, структура и задачи.
2. Классификация опасных и вредных производственных факторов.
3. Вопросы охраны труда в основных законодательных актах.
4. Система стандартов безопасности труда.
5. Органы контроля (надзора) в области охраны труда.
6. Права и обязанности работодателя и работающих в области охраны труда.
7. Ответственность работников за нарушение законодательства об охране труда.
8. Расследование несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.
9. Методы анализа производственного травматизма.
10. Аттестация рабочих мест по условиям труда.

Раздел 2. Производственная санитария

2.2. Оздоровление воздушной среды и нормализация параметров микроклимата

Классификация и характеристика опасных и вредных производственных факторов.

Метеорологические условия производственных помещений. Влияние параметров микроклимата на условия труда. Нормирование параметров микроклимата. Мероприятия по оздоровлению воздушной среды и оптимизация параметров микроклимата. Тепловые излучения, их воздействие на организм человека. Меры защиты от тепловых излучений.

Вредные вещества в промышленности, их классификация, воздействие на организм человека. Производственные пыли. Нормирование содержания вредных веществ. Меры защиты от вредных веществ. Методы контроля параметров воздушной среды и микроклимата.

Производственная вентиляция. Классификация систем вентиляции. Требования к системам вентиляции. Естественная вентиляция. Механическая вентиляция. Кондиционирование воздуха. Системы отопления.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 9-12].

Методические указания

При изучении данной темы следует воспользоваться материалами, имеющимися на предприятии или организации (характеристиками вредных веществ, используемых и выделяющихся при выполнении конкретных технологических процессов; значениями фактических концентраций вредных веществ на рабочих местах; планами мероприятий по оздоровлению воздушной среды; данными по профессиональным заболеваниям и их причинам). Также необходимо ознакомиться с системами вентиляции и отопления, используемые в помещениях предприятий (организаций).

Вопросы для самопроверки

1. Понятия «вредное вещество» и «предельно допустимая концентрация».
2. Классификация вредных веществ.
3. Влияние пыли на организм человека.
4. Характеристика и нормирование параметров микроклимата.
5. Категории работ по их тяжести.
6. Характеристика естественной и механической вентиляции.
7. Применение устройств местной вентиляции.

2.3. Производственное освещение

Количественные и качественные показатели освещения. Виды и системы производственного освещения. Основные требования к производственному освещению. Нормирование освещения. Источники света. Светильники. Методы расчета освещения.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 13].

Методические указания

При изучении темы следует ознакомиться с ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования», уяснить принцип нормирования освещенности рабочих мест в зависимости от характеристики зрительных работ, вида и системы освещения.

Вопросы для самопроверки

1. Основные светотехнические показатели.
2. Основные требования к производственному освещению.
3. Характеристика зрительных работ.
4. Нормирование естественного, искусственного и совмещенного освещения.

2.4. Производственная вибрация

Источники, характеристике и классификация вибрации. Воздействие вибрации на организм человека. Нормирование вибрации. Методы обеспечения вибробезопасных условий труда. Контроль параметров вибрации.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 14-16].

Методические указания

При изучении темы следует ознакомиться со следующими нормативно-техническими документами: ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования»; Санитарными нормами и правилами «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий» (утв. постановлением Министерства здравоохранения 26.12.2013 г. № 132, с дополнениями, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15 апреля 2016 г. № 57).

Вопросы для самопроверки

1. Воздействие вибрации на организм человека.
2. Классификация вибрации.
3. Нормирование параметров вибрации.
4. Средства и методы защиты от вибраций.

2.5. Производственный шум, ультразвук и инфразвук

Источники, характеристика и классификация шума. Воздействие шума на организм человека. Нормирование шума. Способы и средства защиты от шума (снижение шума в источнике, звукоизоляция, звукопоглощение, глушители шума, средства индивидуальной защиты). Контроль параметров шума.

Источники характеристика и классификация ультразвука и инфразвука. Воздействие их на организм человека, нормирование, методы защиты и контроля.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 17-23].

Методические указания

При изучении темы следует использовать материалы, имеющиеся на предприятии, по замерам параметров шума и ультразвука на рабочих местах, оценить причины повышенного шума и предложить мероприятия по снижению уровня шума и улучшению условий труда работающих. Также следует ознакомиться с нормативно-техническими документами: ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ «Шум. Общие требования безопасности»; Санитарные нормы, правила и гигиенический норматив «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (утв. пост. Министерства здравоохранения 16.11.2011 г. № 115), Санитарные нормы и правила «Требования к источникам воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения при работах с ними» и Гигиенический норматив «Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения» (утв. пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 6 июня 2013 г. № 45), Санитарные нормы и правила «Требования к инфразвуку на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» и Гигиенический норматив «Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» (утв. пост. Министерства здравоохранения 6.12.2013 г. № 121).

Вопросы для самопроверки

1. Характеристика параметров шума, ультразвука и инфразвука.
2. Классификация шума и ультразвука.
3. Влияние шума и ультразвука на организм человека.
4. Нормирование шума, ультразвука и инфразвука.
5. Способы и средства защиты от шума, ультразвука и инфразвука.

2.6. Электромагнитные излучения

Источники электромагнитных полей, их воздействие на организм человека. Нормирование электромагнитных полей. Защита от электромагнитных полей.

Л и т е р а т у р а: [4-8, 24, 25].

Методические указания

После изучения данной темы рекомендуется ознакомиться с эксплуатируемыми на предприятии (в организации) высокочастотными установками, с имеющимися материалами по замерам напряженностей электрических и магнитных полей на рабочих местах и применяемыми средствами защиты от действия полей.

Вопросы для самопроверки

1. Использование электромагнитных полей на производстве.
2. Нормирование электромагнитных полей.
3. Методы защиты от электромагнитных полей.

2.7. Электростатические поля

Источники и причины возникновения статического электричества. Воздействие статического электричества на организм человека. Нормирование электростатических полей. Меры защиты.

Л и т е р а т у р а : [4-8, 25].

Методические указания

При изучении темы необходимо ознакомиться с имеющимися на предприятии (организации) источниками электростатических полей (в том числе ПЭВМ), материалами по замерам напряженностей электростатических полей на рабочих местах и применяемыми средствами защиты персонала от действия электростатических полей.

Вопросы для самопроверки

1. Источники электростатических полей.
2. Нормирование электростатических полей.
3. Способы защиты от воздействия электростатических полей.

2.8. Лазерное и ультрафиолетовое излучения

Источники и характеристика лазерного излучения. Воздействие лазерного излучения на организм человека. Нормирование лазерного излучения. Меры защиты.

Источники и характеристика ультрафиолетового излучения. Воздействие ультрафиолетового излучения на организм человека. Нормирование ультрафиолетового излучения. Меры защиты.

Л и т е р а т у р а : [4-8, 26, 27].

Методические указания

При изучении темы необходимо ознакомиться с имеющимися на предприятии (организации) источниками лазерного и ультрафиолетового излучения и применяемыми средствами защиты персонала от действия излучений, а также изучить нормативные документы: СанПиН 2.2.4-13-2-2006 «Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий» (с изм., утв. пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 5.03.2015 г. № 23) и Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на работников производственных источников ультрафиолетового излучения» и Гигиенический норматив «Допустимые значения показателей ультрафиолетового излучения производственных источников» (утв. пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь 14.12.2012 г. № 198, с изм. на 1.01.2015 г.).

Вопросы для самопроверки

4. Источники лазерного и ультрафиолетового излучения.
5. Нормирование лазерного и ультрафиолетового излучения.
6. Способы защиты от воздействия лазерного и ультрафиолетового излучения.

Раздел 3. Техника безопасности

3.1. Электробезопасность

Причины поражения электрическим током. Действие электрического тока на организм человека. Виды поражений. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током. Явления при стекании электрического тока в землю. Напряжение прикосновения и напряжение шага. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током. Меры защиты от поражения электрическим током (защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение и другие). Оказание первой доврачебной помощи при поражении человека электрическим током.

Л и т е р а т у р а: [4-8, 28-30].

Методические указания

Особое внимание необходимо обратить на действие электрического тока на организм человека, на способы и средства защиты от поражения электрическим током, а также на правила оказания первой помощи потерпевшим от действия электрического тока.

Вопросы для самопроверки

1. Действие электрического тока на организм человека.
2. Виды электропоражений.
3. Характеристика факторов, влияющих на исход поражения электрическим током.
4. Меры защиты от поражения электрическим током.
5. Защитное заземление, схема, принцип действия.
6. Защитное зануление, схема, принцип действия.
7. Правила проведения искусственного дыхания.
8. Правила проведения непрямого массажа сердца.

3.2. Безопасность устройства и эксплуатации машин и механизмов, безопасность эксплуатации сосудов, работающих под избыточным давлением

Требования безопасности, предъявляемые к конструкции машин и оборудования. Опасные зоны при эксплуатации технологического оборудования и устройства безопасности машин и механизмов. Безопасность эксплуатации машин и механизмов. Техническое освидетельствование и требования безопасности при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования. Требования безопасности к погрузочно-разгрузочным работам.

Безопасность эксплуатации систем, находящихся под давлением: испытание, техническое освидетельствование. Требования безопасности к газовым баллонам. Безопасность эксплуатации компрессорных установок.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 31-35].

Методические указания

При изучении темы следует ознакомиться с Правилами по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов (постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 22.12.2018 г. № 66) и Правилами по обеспечению безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением (постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28.01.2016 г. № 7), Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов.

Также следует помнить, что безопасность работы механизмов и машин зависит от их технического состояния, своевременного и качественного обслуживания и ремонта, обеспечения устройствами безопасности, соблюдения работающими требований безопасности.

Вопросы для самопроверки

1. Привести примеры опасных зон.
2. Регистрация грузоподъемных кранов в органах надзора.
3. Техническое освидетельствование грузоподъемных кранов.
4. Контрольные и предохранительные приборы на сосудах, работающих под давлением.
5. Освидетельствование газовых баллонов.
6. Меры безопасности при эксплуатации компрессорных установок.

3.3. Охрана труда при работе с персональными ЭВМ

Характеристика вредных и опасных производственных факторов при работе с ПЭВМ. Обеспечение санитарно-гигиенических условий при работе с ПЭВМ, эргономические требования к рабочему месту.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 36].

Методические указания

При изучении темы необходимо обратить внимание на организацию рабочего места оператора или пользователя ПЭВМ, на соблюдение эргономических и санитарно-гигиенических требований.

Вопросы для самопроверки

1. Параметры, характеризующие условия труда операторов ПЭВМ.
2. Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ.
3. Организация режима труда и отдыха пользователей ПЭВМ.

3.4. Требования охраны труда к устройству и содержанию предприятий и цехов

Характеристика условий труда в отрасли. Санитарная классификация предприятий. Санитарно-защитная зона. Требования безопасности к устройству помещений цехов. Санитарно-бытовое обеспечение работающих.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 37-40].

Методические указания

При изучении темы необходимо обратить внимание на соблюдение требований: Санитарных норм и правил «Требования к санитарно-защитным зонам организаций, сооружений и иных объектов, оказывающих воздействие на здоровье человека и окружающую среду» (пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11.10.2017 г. № 91) и Санитарных норм и правил «Требования к условиям труда и содержанию производственных объектов» (пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь 8.07.2016 г. № 85).

Вопросы для самопроверки

1. Санитарная классификация предприятий.
2. Санитарно-защитная зона.
3. Требования безопасности к устройству помещений цехов

3.5. Безопасность технологических процессов и производственного оборудования

Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию литейного производства.

Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию металлургического производства.

Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию обработки металлов давлением.

Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию сварочного производства.

Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию для термической обработки металлов.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 41-51].

Методические указания

При изучении темы необходимо обратить внимание на выполнение требований безопасности на рабочих местах вышеуказанных производств.

Вопросы для самопроверки

1. Требования безопасности при выполнении технологических процессов и работе производственного оборудования литейного производства.

2. Требования безопасности при выполнении технологических процессов и работе производственного оборудования металлургического производства.

3. Требования безопасности при выполнении технологических процессов и работе производственного оборудования обработки металлов давлением.

4. Требования безопасности при выполнении технологических процессов и работе производственного оборудования для термической обработки металлов.

5. Требования безопасности при выполнении технологических процессов и работе производственного оборудования сварочного производства.

Раздел 4. Пожарная безопасность

4.1. Процессы горения, показатели взрывопожарной и пожарной опасности веществ, материалов, зданий и сооружений

Организация пожарной охраны промышленных предприятий (организаций). Пожарный надзор на объектах. Характеристика процессов горения. Горение жидкостей, газов и пылей. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций, материалов и изделий. Огнестойкость зданий и сооружений. Классификация зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. Классификация зданий и сооружений по функциональной пожарной опасности. Классификация взрывоопасных и пожароопасных помещений и наружных установок по ПУЭ.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 52-56].

Методические указания

При изучении темы следует ознакомиться с пожаро- и взрывоопасностью веществ и материалов, применяемых на предприятии, с категорированием помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

Вопросы для самопроверки

1. Особенности горения газов, жидкостей и пылей.
2. Категорирование зданий и помещений предприятий по взрывопожарной и пожарной опасности.
3. Методы повышения огнестойкости зданий и сооружений.

4.2. Мероприятия по пожарной профилактике, средства пожаротушения

Пожарная профилактика при проектировании, строительстве и оборудовании промышленных предприятий и объектов. Эвакуационные пути и выходы. Способы прекращения горения. Огнегасящие вещества, их характеристика и область применения. Первичные средства пожаротушения. Пожарная сигнализация.

Л и т е р а т у р а: [4-7, 57, 58].

Методические указания

При изучении темы следует ознакомиться с используемыми на предприятиях средствами и мерами пожарной защиты и профилактики, а также с нормативными документами: ТКП 45-2.02-315-2018. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования, ТКП 45-2.02-317-2018 и Пожарная автоматика зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования, ТКП 295-2011. Пожарная техника. Огнетушители. Требования к выбору и эксплуатации.

Вопросы для самопроверки

1. Устройство и принцип действия порошкового огнетушителя.
2. Устройство и принцип действия углекислотного огнетушителя.
3. Тушение электрооборудования, находящегося под напряжением.

3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

- 3.1. Измерение параметров защитных заземлений и сопротивлений изоляции.
- 3.2. Освещение рабочих мест.
- 3.3. Исследование воздуха рабочей зоны.
- 3.4. Исследование параметров шума и методов его снижения.
- 3.5. Исследование параметров вибрации и методов ее снижения.
- 3.6. Методы и средства пожаротушения.
- 3.7. Оказание первой доврачебной помощи при поражении электрическим током.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из решения двух задач и ответов на пять вопросов, выбираемых по табл. 4.1. **Вариант выполняемой работы определяется по последней цифре учебного шифра студента, а условие задачи выбирается по предпоследней цифре учебного шифра.**

Решение задач и ответы на вопросы должны сопровождаться ссылками на литературные источники, а также эскизами. Тексты должны быть согласованы с эскизами путем цифровых и буквенных обозначений.

В конце работы указывается использованная литература, ставится подпись студента и дата.

1. Метеорологические условия производственных помещений

Микроклимат – комплекс физических факторов, воздействующих на тепловое состояние и теплообмен человека с окружающей средой, и влияющих на его самочувствие, здоровье, работоспособность.

Нагревающий микроклимат – сочетание параметров производственного микроклимата, формирующегося при функционировании на рабочих местах источников ИК-излучения (открытое пламя, плавильные, нагревательные печи, сушильные камеры, нагретые, расплавленные металл, стекломасса и другие виды сырья, электрогазосварка, нагретые поверхности оборудования, инсоляция при температуре наружного воздуха +25° С и выше).

Рабочей зоной является пространство до 2 м по высоте от уровня пола или площадки с местами постоянного или временного пребывания работающих. Постоянным считается рабочее место, на котором работающий находится более 50 % рабочего времени за смену или более 2 ч непрерывно.

Показателями, характеризующими микроклимат в рабочей зоне производственных и офисных помещений, являются:

- температура воздуха T , °С;
- температура поверхностей (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и другое), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств);
- относительная влажность воздуха φ , %;
- скорость движения воздуха v , м/с;
- интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей оборудования, изделий и открытых источников J , Вт/м²;
- тепловая нагрузка среды.

Таблица 4.1

Варианты контрольных работ										
Вариант	Задачи					Вопросы				
	Шифр специальности									
	1-36 01 05	1-36 01 06	1-36 02 01	1 - 42 01 01	1 - 42 01 02	1-36 01 05	1-36 01 06	1-36 02 01	1 - 42 01 01	1 - 42 01 02
1	1.1, 8.3	1.1, 3.1	1.3, 4.2	1.2, 5.2	1.1, 3.1	1,17,33, 47,81	7,21,34, 58,90	8,22,38, 63,68	1,28,40, 57,80	7,22,37, 58,91
2	1.2, 8.4	4.2, 5.1	2.1, 3.5	1.3, 3.1	4.2, 5.1	3,18,32, 55,82	10,26,38, 48,87	14,31, 45,50,69	6,21,37, 62,85	8,21,34, 49,62
3	3.1, 8.3	5.2, 8.3	3.4, 7.2	3.3, 6.2	5.2, 8.3	5,19,35, 56,83	1,17,33, 47,88	7,20,35, 52,75	3,31, 41,64,86	10,26, 38,48,92
4	2.2, 6.2	1.1, 6.3	3.1, 5.1	1.1, 3.4	1.1, 6.3	6,20,36, 57,84	2,23,43, 60,90	10,19, 40,57,73	14,27, 38,63,89	14,30, 40,63,91
5	1.2, 8.4	3.1, 8.4	4.2, 8.3	3.5, 8.3	3.1, 8.4	7,21,34, 58,92	4,11,27, 41,53	6,21,37, 62,72	10,22, 40,58,87	15,31, 41,64,92
6	2.2, 4.2	3.4, 5.2	1.1, 3.4	1.2, 4.2	3.4, 5.2	8,22,37, 62,93	12,29,36, 46,87	7,16,35, 51,71	12,26, 49,64,81	9,28,42, 66,91
7	1.2, 8.3	4.2, 5.2	3.1, 8.4	2.2, 7.2	4.2, 5.2	10,26, 38,48,92	8,22,37, 62,67	11,24, 42,63,76	8,25,40, 65,89	3,20,38, 62,67
8	4.2, 6.3	6.3, 1.1	2.1, 6.2	1.1, 8.4	6.3, 1.1	14,30, 40,63,84	14,29, 38,61,90	12,28, 49,65,78	5,18,35, 57,87	1,28,40, 57,91
9	1.3, 8.3	1.3, 8.3	3.4, 7.2	1.2, 4.2	1.3, 8.3	15,31, 41,64,82	11,26, 33,59,90	6,22, 40,62,77	9,30,46, 59,85	10,29,40, 66,92
0	3.1, 6.2	4.2, 5.2	1.3, 4.2	5.1, 7.2	4.2, 5.2	9,28,42, 66,92	3,20,30, 48,87	3,30, 42,66,79	15,31, 41,63,81	11,31,42, 57,91

1 – 42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка» (по направлениям)

1 – 42 01 02 «Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия»

1 – 36 01 05 «Машины и технология обработки металлов давлением»

1 – 36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства»

1 – 36 02 01 «Машины и технология литейного производства»

Если рабочее место находится на расстоянии до 2 м от поверхности ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), от устройств (экраны и другое), а также от технологического оборудования или ограждающих его устройств, то дополнительно нормируется (измеряется) температура этих поверхностей.

Влияние параметров микроклимата на условия труда. Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального протекания физиологических процессов в организме выделяемое организмом тепло Q должно отводиться в окружающую человека среду. Нормальное тепловое самочувствие (комфортные условия) обеспечиваются при соблюдении теплового баланса:

$$Q = Q_T + Q_{И} + Q_K + Q_{исп} + Q_{в.в.},$$

где Q_T – тепло, отдаваемое путем теплопроводности;

$Q_{И}$ – тепло, отдаваемое путем излучения;

Q_K – тепло, отдаваемое путем конвекции;

$Q_{исп}$ – тепло, отдаваемое путем испарения влаги с поверхности кожи;

$Q_{в.в.}$ – тепло, расходуемое на нагрев вдыхаемого воздуха.

Количество тепла, отдаваемое организмом человека каждым из этих путей, зависит от величины параметров микроклимата. Так, теплоотдача конвекцией зависит от температуры окружающего воздуха и скорости его движения на рабочем месте. Излучение теплоты происходит в направлении окружающих человека поверхностей, имеющих более низкую температуру, чем температура поверхности одежды (+27...+31 °С) и открытых частей тела человека (+33,5 °С). При высоких температурах окружающих поверхностей (+30...+35 °С) теплопередача излучением и конвекцией полностью прекращается, а при более высоких температурах большая часть тепла отдается путем испарения пота. Заметное количество влаги испаряется организмом через дыхательные пути (примерно 1/3 общих потерь влаги и к отдаче 10-20 % общего количества теряемого тепла). Испарение через дыхательные пути возрастает с увеличением легочной вентиляции, а также с понижением температуры воздуха.

Организм человека обладает механизмом *терморегуляции*, т. е. способностью поддерживать температуру тела на постоянном уровне при изменении параметров микроклимата и при выполнении различной по тяжести работы. Если уравнение теплового баланса длительное время не соблюдается, то наступает расстройство механизма терморегуляции, что приводит к тепловому истощению (слабость, тошнота, вялость), тепловым судорогам или тепловому удару.

Сердечно-сосудистая система при действии высоких температур испытывает большое напряжение: изменяются состав и свойства крови (повышается вязкость, содержание гемоглобина и эритроцитов), что связано с нарушением водного обмена, сгущением и перераспределением крови (усиливается кровоснабжение кожи и подкожной клетчатки), влиянием повышенной температуры на сердечную мышцу и тонус сосудов. Отрицательное влияние высокой температуры на центральную нервную систему проявляется в ослаблении внимания, замедлении реакций, ухудшении координации движений. *Меры первой помощи* сводятся в основном к предоставлению заболевшему условий, способствующих восстановлению теплового баланса: покой, прохладные души, ванны.

Повышенная влажность ($\varphi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию вследствие снижения испарения пота, а слишком низкая ($\varphi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Оптимальные величины относительной влажности составляют 40-60 %.

Движение воздуха в помещениях влияет на тепловое самочувствие человека. В жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи тепла организмом и улучшает его состояние, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодное время года. *Минимальная скорость движения воздуха* v , ощущаемая человеком, составляет 0,2 м/с. В горячих цехах скорость обдува работающих при воздушном душировании допускается до 3,5 м/с.

Значительный перепад температур и большая подвижность воздуха приводят к переохлаждению организма и возникновению простудных заболеваний, радикулиту, функциональным сдвигам в сердечно-сосудистой системе и т. д.

Тепловое (инфракрасное) излучение представляет собой невидимое электромагнитное излучение с длиной волны от 0,76 до 540 нм. По длине волны инфракрасные лучи делят на коротковолновую (менее 1,4 мкм), средневолновую (1,4-3 мкм), длинноволновую (более 3 мкм) область. Инфракрасное излучение от нагретых тел, имеющих температуру выше 100 °С, является источником коротковолнового инфракрасного излучения, а при температуре нагретого тела (50-100 °С) характеризуется в основном длинноволновым спектром. В зависимости от длины волны изменяется проникающая способность инфракрасного излучения. Коротковолновое инфракрасное излучение проникает в ткани человеческого тела на глубину в несколько сантиметров, а длинноволновое - задерживаются в поверхностных слоях кожи.

Основная реакция организма на инфракрасное облучение – изменение температуры облучаемых и удаленных участков тела. При длинноволновом излучении повышается температура поверхности тела, а при коротковолновом – изменяется температура легких, головного мозга, почек и т. п. Воздействуя на мозговую ткань, коротковолновое излучение вызывает так называемый «солнечный удар» (ощущение головной боли, головокружение, учащение пульса и дыхания, потемнение в глазах, нарушение координации движений, потеря сознания). При воздействии на глаза наибольшую опасность представляет коротковолновое излучение. Возможное последствие воздействия инфракрасного излучения на глаза – появление инфракрасной катаракты.

Оптимальные значения параметров микроклимата – установленные по критериям оптимального теплового состояния человека значения микроклиматических показателей, которые обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные значения параметров микроклимата в холодный и теплый периоды года необходимо соблюдать на рабочих местах производственных и офисных помещений, на которых выполняются работы, связанные с нервно-эмоциональным напряжением работника (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

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

Допустимые значения параметров микроклимата – минимальные или максимальные значения микроклиматических показателей, установленных по критериям теплового состояния человека на период 8-часовой рабочей смены и не вызывающих повреждений или нарушений состояния здоровья,

но способных приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности к концу смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные значения параметров микроклимата (табл. 1.2).

В производственных помещениях, в которых допустимые значения параметров микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, микроклиматические условия рассматриваются как вредные и опасные, при которых следует использовать меры защиты работников (кондиционирование воздуха, воздушное душирование, применение средств индивидуальной защиты, создание помещений для отдыха и обогрева, а также регламентировать время работы во вредных условиях труда).

Таблица 1.2

Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более
холодный	Ia	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
	Iб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
теплый	Ia	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
	Iб	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-28,0	15-75	0,1	0,3
	IIa	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	IIб	16,0-17,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5
	III	15,0-16,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75	0,2	0,5

Нормирование параметров микроклимата. Оптимальные или допустимые значения параметров микроклимата устанавливаются ГОСТ 12.1.005 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и Санитарными нормами и правилами «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и Гигиеническим нормативом «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» (утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 30.04.2013 г. № 33 с изменениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2015 г. № 136) с учетом периода года и характеристики (категории) выполняемых работ по интенсивности энергозатрат.

Периоды года условно разделены на: *теплый период года* – промежуток времени, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10 °С; *холодный период года* – промежуток времени, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10 °С и ниже.

Категории работ разграничиваются на основе интенсивности общих энергозатрат организма в процессе труда в ккал/ч (Вт).

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

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.).

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

К категории Pb относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и подобные).

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

В местах пребывания работников в течение смены, в зависимости от характеристики выполняемых работ по интенсивности энергозатрат должны поддерживаться оптимальные или допустимые значения параметров микроклимата в соответствии с табл. 1.1 и 1.2.

Температура наружных поверхностей технологического оборудования, ограждающих устройств, с которыми соприкасается в процессе работы работник, не должна превышать +45 °С.

Допустимые значения интенсивности теплового облучения работников от производственных источников должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Допустимые значения интенсивности теплового облучения поверхности тела работника от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Допустимая интенсивность теплового облучения, не более, Вт/м ²
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

При облучении не более 25% поверхности тела работающих от источников излучения, нагретых до красного и белого свечения (раскаленный или расплавленный металл, пламя и другое), допустимые величины интенсивности теплового облучения не должны превышать 140 Вт/м². При этом обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Мероприятия по оздоровлению воздушной среды и оптимизации параметров микроклимата. Требуемое состояние воздушной среды в рабочей зоне может быть обеспечено механизацией и автоматизацией производственных процессов, дистанционным управлением; устройством систем вентиляции и отопления; защитой от источников тепловых излучений (теплоизоляция нагретых поверхностей, экранирование источников излучения и рабочих мест, использование индивидуальных средств защиты, рациональный режим труда и отдыха).

Теплоизоляция является эффективным средством уменьшения не только интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей, но и общих тепловыделений. Для теплоизоляции применяют разнообразные материалы (специальный бетон и кирпич,

минеральную и стеклянную вату) и конструкции из них. Теплоизоляция должна быть выполнена так, чтобы температура наружных поверхностей технологического оборудования не превышала +45 °С.

Экранирование – устройство оградительных конструкций на пути распространения инфракрасных излучений. Экраны по характеру действия делятся на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Теплоотражающие экраны используются для отражения тепловыделений от поверхностей печей, наружных поверхностей кабин управления, кранов и изготавливаются из листового алюминия, белой жести и алюминиевой фольги, укрепленной на несущем материале – картоне, сетке. Используются также экраны из силикатного закаленного стекла с пленочным окисно-оловянным покрытием и легированными добавками. К теплоотражающим экранам относятся металлические сетки (ячейки 3-5 мм), цепные звенья, армированное стекло, водяные завесы.

Требования к производственным помещениям и организации технологических процессов и ведению работ в условиях нагревающего микроклимата, режимам труда и отдыха, санитарно-бытовому обеспечению работающих. Согласно санитарным нормам и правилам «Требования к организации и ведению работ в условиях нагревающего микроклимата», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2015 г. № 136, снижение неблагоприятного воздействия нагревающего микроклимата, при котором происходит нарушение теплообмена с накоплением тепла в организме, увеличение потерь тепла испарением, появление дискомфортных теплоощущений, осуществляется на основе санитарно-технических, архитектурно-планировочных, организационно-технологических, медико-профилактических мер, а также применением средств коллективной и индивидуальной защиты. На рабочих местах предусматриваются меры по снижению тепловых нагрузок, связанных как с технологическим процессом, так и воздействием высоких наружных температур, инсоляции, в том числе носящих временный характер.

Для защиты работающих от повышенных температур ИК-излучения должны предусматриваться методы и средства механизации, автоматизации, дистанционного управления технологическими процессами и оборудованием, рациональное планирование производственных помещений с тепловыделяющим оборудованием.

Размещение технологического оборудования и способы его обслуживания должны обеспечивать минимально возможное время пребывания работающего в зоне ИК-излучения, параметры которого превышают допустимые уровни на рабочем месте; оптимизацию времени нахождения в условиях влияния повышенных температур ИК-излучения. На непостоянных рабочих местах должна быть обеспечена разработка оптимальных маршрутов обхода и обслуживания технологического оборудования.

Сушильные камеры, нагретые поверхности паропроводов, трубопроводов, иные виды тепловыделяющего оборудования и источники ИК-излучения должны быть обеспечены устройствами и приспособлениями, предотвращающими или ограничивающими выделение тепла в производственное помещение, с использованием методов герметизации, теплоизоляции, экранирования, отведения тепла. Для снижения влияния ИК-излучения должны применяться стационарные или переносные теплоотражающие, теплопоглощающие, теплоотводящие экраны, щиты, «водные занавески», ширмы и иные средства защиты работающих от избыточного ИК-излучения и сохраняющие теплозащитные качества при их эксплуатации.

В производственных помещениях с нагревающим микроклиматом должна применяться естественная вентиляция с расположением аэрационных фонарей и шахт непосредственно над основными источниками тепла. Помещения, в которых параметры микроклиматических условий не могут быть обеспечены естественной вентиляцией, а также помещения и зоны без возможности проветривания, должны быть оборудованы системами механической вентиляции, устройствами кондиционирования.

Для удаления тепловыделений от единичных, локализованных источников тепла на рабочих местах должны применяться кожухи с механическим отсосом, вытяжные зонты, локальные отсосы. Кондиционирование должно применяться в замкнутых и небольших по

объему производственных помещений при выполнении операторских и иных работ на постах и пультах управления, в изолированных боксах, кабинах кранов, а также комнатах отдыха.

Защита работающих от перегрева. Осуществляется такая защита уменьшением времени пребывания работника в условиях нагревающего микроклимата, если особенности технологического процесса, инсоляция не позволяют обеспечить допустимые параметры производственного микроклимата. При выполнении работ в условиях нагревающего микроклимата должна быть предусмотрена регламентация времени работ и продолжительность перерывов для отдыха и питания работающих.

Аварийно-восстановительные работы, выполняемые внутри печей, других тепловых агрегатов, допускаются при температуре воздуха внутри не выше +40 °С и температуре нагретых поверхностей ограждений не выше +45 °С.

В целях предупреждения заболеваний, связанных с влиянием повышенных температур, работники проходят обязательные медицинские осмотры.

При работах в условиях воздействия высоких температур, в том числе в условиях инсоляции на открытой территории, должны быть предусмотрены комнаты, кабины для отдыха и питания работников, дополнительных специальных перерывов.

Работающие в условиях повышенных температур обеспечиваются средствами индивидуальной защиты с учетом характера проводимых работ. При работах в условиях нагревающего микроклимата работающие обеспечиваются питьевой водой с температурой в пределах 8-20° С. При отсутствии хозяйственно-питьевого водопровода работающие должны быть обеспечены бутилированной питьевой водой (не менее 3 л в смену на одного работника). Для работающих в условиях нагревающего микроклимата должны быть оборудованы сатураторные установки, «кулеры» и другие питьевые установки, расположенные не далее 75 м от рабочих мест.

Расчетные задания по теме

Задача 1.1. Определить интенсивность теплового потока, идущего от источника; подобрать защитный экран и проверить его эффективность. Исходные данные для расчета принимаются по табл. 1.4. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 1.4

Исходные данные для расчета интенсивности излучения технологического оборудования

№ варианта	Источник излучения	$T, ^\circ\text{C}$	Площадь F, m^2 , источника или его размеры, м	$l, \text{м}$
1	Разливка стали из печи в ковш	1550	0,25	6,0
2	Разливка чугуна из вагранки в ковш	1340	0,14	4,0
3	Заливка кокилей алюминием вручную	720	0,04	1,5
4	Печь отжига	860	0,4 × 0,7	3,0
5	Печь кузнечная	900	0,3 × 0,5	2,8
6	Приемка горячего металла (блюминг)	950	1,6	6,0
7	Рабочее место оператора ПРНА	660	0,28	4,5
8	Рабочее место плавильщика дуговой электропечи	1500	1,4	8,0
9	Рабочее место плавильщика тигельной электропечи	950	0,25	1,5
0	Рабочее место термиста при загрузке-выгрузке деталей в печь	580	0,5 × 1,2	2,2

Порядок расчета

1. Исходя из заданного источника излучения и необходимости его обслуживания работником определить нормативную величину интенсивности теплового облучения.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.), не должны превышать 140 Вт/м^2 . При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела.

2. Определить отношение l/F .

3. Рассчитать фактическую интенсивность теплового потока от источника тепловых излучений по одной из следующих формул:

$$q = 3,26F \frac{\left(\frac{T}{100}\right)^4 - 110}{l^2} \quad \text{при } l/F \geq 1;$$

$$q = 3,26\sqrt{F} \frac{\left(\frac{T}{100}\right)^4 - 110}{l} \quad \text{при } l/F < 1;$$

где q – интенсивность теплового потока, Вт/м^2 ;

F – площадь излучающей поверхности, м^2 ;

T – температура излучающей поверхности, $^{\circ}\text{C}$;

l – расстояние от центра излучающей поверхности до облучаемого объекта, м.

4. Если по данным расчета наблюдается превышение допустимой величины интенсивности, по табл. 1.5 подобрать защитный экран, учитывая при этом и температуру источника излучения.

При значениях интенсивности теплового излучения, превышающих нормативные величины, необходимо учитывать время, в течение которого организм человека может переносить тепловую радиацию. Степень переносимости человеком тепловой радиации приведена в табл. 1.6.

5. Определить эффективность выбранного экрана теплозащитного экрана по формуле:

$$\gamma = \frac{q_0 - q_1}{q_0} \cdot 100\%,$$

где q_0 – интенсивность теплового излучения источника, Вт/м^2 ;

q_1 – интенсивность теплового излучения за экраном, Вт/м^2 .

Таблица 1.5

Характеристика теплозащитных экранов

Экраны, их назначение	Вид	Конструктивные особенности	Коэффициент пропускания излучений	Условия применения	
				облученность, кВт/м^2	температура источника, $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6
Экраны для локализации излучений непрозрачные	Теплоотводящие	Полостные плиты-коробки (с проточной водой, с воздушным охлаждением и т.п.)	0,07	4,9-14	200-1200
		Заслонка сварная, футерованная огнеупором, с водяным охлаждением	0,12	14	1800-2000
		Металлический лист, омываемый водой	0,12	0,7-3,5	300

Экраны для локализации излучений непрозрачные	Теплопогложительные	Заслонка литая, футерованная кирпичом или теплоизолирующим материалом	0,70	3,5-7	800-900
		Щит металлический, футерованный кирпичом	0,70	3,5-10,5	400-600
		Завесы из стеклоткани	0,5	0,7-3,5	400
	Теплоотражательные	Экран из алюминиевых листов одинарный	0,15	0,7-3,5	800
		Экран из алюминиевых листов многослойный с продувом водовоздушной смесью	0,10	3,5-10,5	1400
		Комбинированные	Экран из алюминия на перлите	0,03	3,5-7
Экраны для локализации излучений полупрозрачные	Теплоотводящие	Цепная завеса, орошаемая водой	0,20	0,7-8,4	1200
	Теплопогложительные	Цепная завеса	0,40	0,7-4,9	1000
		Стекло с металлической сеткой	0,30	0,7-4,9	1000
Экраны для локализации излучений прозрачные	Теплоотводящие	Завеса водяная	0,10	0,35-4,9	900
	Теплопогложительные	Вододисперсная завеса	0,40	3,5-7	1800
		Стекло-сталинит одинарное	0,37	0,7-1,4	1000
		Стекло оконное одинарное (2 мм)	0,49	0,7-1,4	800
		Оргстекло сине-зеленое толщиной 5 мм	0,30	3,5-4,9	1000
	Теплоотражательные	Стекло с пленочным покрытием из окислов металлов оловянно-сурьмяное «Затос»	0,12	0,7-11,9	1300

Таблица 1.6

Степень переносимости человеком тепловой радиации

Интенсивность тепловой радиации, Вт/м ²	Переносимость (время)
560	неопределенно долго
840	До 6 мин
1400	2,5-5 мин
2100	40-60 с
2800	30-40 с
3500	10-30 с
7000	5-11 с
8750	3-8 с
10500	3-7 с
14000	1-5 с

Задача 1.2. Определить тепlopоступления от нагревательной печи при открытой дверце, а также интенсивность облучения работающего, находящегося на расстоянии $x = 2,5$ м от этой дверцы. При расчете учесть следующие данные: степень черноты абсолютно черного тела $C_0 = 5,78$ Вт/(м²·К⁴); абсолютная температура газов в печи $T_{\text{печ}} = 273+900=1173$ К; 900 – температура в печи, °С; толщина стенки печи δ , м; отверстие дверец F и продолжительность t открывания отверстия в течение

каждого часа принимаются из табл. 1.7. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 1.7

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
δ , м	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5
$F = a \times b$, м ²	0,4×0,6	0,5×0,6	0,4×0,7	0,5×0,7	0,4×0,6	0,5×0,8	0,5×0,8	0,4×0,6	0,5×0,7	0,4×0,6
t , мин	7	6	8	9	10	5	6	8	5	9

Порядок расчета

1. Определить интенсивность излучения из открытого отверстия по формуле:

$$q'_{\text{отв}} = C_0 \left(\frac{T_{\text{печ}}}{100} \right)^4, \text{ Вт/м}^2,$$

где C_0 – степень черноты абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴);

$T_{\text{печ}}$ – абсолютная температура газов в печи, К.

2. Определить коэффициент облучения по формуле:

$$\varphi_{\text{отв}} = \frac{\varphi'_{\text{отв}} + \varphi''_{\text{отв}}}{2},$$

где $\varphi'_{\text{отв}}$ зависит от δ/a и от δ/b .

Толщина стенки печи принимается:

δ/a или δ/b ...	0,4	1,0	1,4	2,0	2,4
$\varphi'_{\text{отв}}$ или $\varphi''_{\text{отв}}$...	0,83	0,65	0,57	0,5	0,45

3. Определить интенсивность теплового излучения из отверстия в помещение по формуле:

$$q_{\text{отв}} = \varphi_{\text{отв}} \cdot q'_{\text{отв}}, \text{ Вт/м}^2.$$

4. Определить теплоступление из отверстия печи, открываемого на t мин в течение каждого часа по формуле:

$$Q_{\text{отв}} = q_{\text{отв}} \cdot F \cdot \frac{t}{60}, \text{ Вт.}$$

5. Определить наибольшую интенсивность теплового облучения рабочего, находящегося на расстоянии $x = 1$ м, по формуле:

$$q_{\text{рм}} = \varphi_{\text{рм}} \cdot \varphi_{\text{отв}} \cdot C_0 \cdot \left(\frac{T_{\text{печ}}}{100} \right)^4 \cdot F = \varphi_{\text{рм}} \cdot q_{\text{отв}} \cdot F, \text{ Вт/м}^2,$$

где $\varphi_{\text{рм}}$ – коэффициент облучения, определяется в зависимости от отношения x / \sqrt{F} :

x / \sqrt{F} , м ...	0,4	1,2	2,0	2,8	3,6	4,8
$\varphi_{рм}$...	0,4	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01

6. Результаты расчета интенсивности облучения сравнить с допустимым значением интенсивности. Если они превышают ее, предложить мероприятия по снижению облучения (кондиционирование воздуха, воздушное душирование, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, перерывы в работе и др.).

Задача 1.3. Выполнить расчет воздушного душирования при избытке тепла. Исходные данные для расчета принимаются по табл. 1.8. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 1.8

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Категория тяжести работ	средней тяжести	тяжелая								
Температура воздуха в рабочей зоне, $t_{рз}$, °С	35	32	34	32	34	35	31	33	34	35
Температура воздуха на выходе из оросительной камеры после адиабатического охлаждения, $t_{охл}$, °С	18	19	20	17,5	20	18	19,5	20	18,5	18
Нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах между оросительной камерой и душирующим патрубком, $\Delta t_{п}$, °С	2	1,5	2	1,7	1,8	2	1,9	1,5	1,8	2
Расстояние от душирующего патрубка до рабочей зоны, x , м	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Порядок расчета

1. Определить отношение разностей температур по формуле:

$$P_T = \frac{t_{рз} - t_p}{t_p - t_0},$$

где $t_{рз}$ – температура воздуха в рабочей зоне, °С ;

t_p – рекомендуемая температура воздуха на рабочем месте, °С (выбирается по табл. 1.9);

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

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

$\Delta t_{\text{п}}$ – нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах между оросительной камерой и душирующим патрубком, принимается не менее 1,5 °С.

Таблица 1.9

Рекомендуемые температура и скорость движения воздуха
при воздушном душировании

Категория тяжести работ	Рекомендуемая температура воздуха на рабочем месте, $t_p, ^\circ\text{C}$	Рекомендуемая скорость движения воздуха, $v_p, \text{м/с}$	Нормируемая температура воздуха в душирующей струе на рабочем месте, $t_{\text{норм}}, ^\circ\text{C}$, при интенсивности облучения, Вт/м^2			
			350	700	1400	2100
Легкая	28	1	28	24	21	16
		2	–	28	26	24
		3	–	–	28	26
		3,5	–	–	–	27
Средней тяжести	28	1	27	22	–	–
		2	28	24	21	16
		3	–	27	24	21
		3,5	–	28	25	22
Тяжелая	26	2	25	19	16	–
		3	26	22	20	18
		3,5	–	23	22	20

2. Если $P_T < 1$, то осуществляется адиабатическое охлаждение воздуха. Если $P_T \geq 1$, то применяется искусственное охлаждение воздуха.

3. Выбрать тип воздухораспределителя и определить коэффициенты m и n по табл. 1.10.

4. Определить сечение душирующего патрубка $F_0, \text{м}^2$;

если $P_T < 0,6$, F_0 рассчитывается по формуле:

$$F_0 = \left(\frac{P_T \cdot x}{0,6n} \right)^2,$$

где x – расстояние от душирующего патрубка до рабочей зоны, м;

n – коэффициент, характеризующий изменение температуры на оси струи (табл. 4.10).

если $P_T = 0,6 - 1$, F_0 рассчитывается по формуле:

$$F_0 = \left(\frac{x + 5,3P_T - 3,2}{0,75n} \right)^2,$$

если $P_T > 1$, F_0 рассчитывается по формуле:

$$F_0 = \left(\frac{x}{0,8m} \right)^2.$$

Таблица 1.10

Характеристики типовых душирующих воздухораспределителей

Тип воздухораспределителя	Марка	Расчетная площадь, $F_0, \text{м}^2$	Коэффициенты		
			m	n	ξ
Универсальный душирующий воздухораспределитель типа УДВ	УДВ-1	0,17	6	4,9	2,1
	УДВ-2	0,38			
	УДВ-3	0,68			
Патрубок поворотный душирующий типа ППД	ППД-5	0,1	6,3	4,5	4
	ППД-6	0,16			
	ППД-8	0,26			
Патрубок душирующий с увлажнением воздуха типа ПД с верхним и нижним подводом воздуха	ПДв-3	0,14	5,3	4,5	1,6
	ПДв-4	0,13			
	ПДв-5	0,36			
	ПДн-3	0,14	4,5	3,1	3,2
	ПДн-4	0,23			
	ПДн-5	0,36			

5. Зная F_0 , выбрать по табл. 1.10 марку воздухораспределителя с учетом ранее выбранного типа.

6. Определить скорость воздуха на выходе из патрубка v_0 , м/с: если $P_T < 0,6$, v_0 рассчитывается по формуле:

$$v_0 = \frac{v_p \cdot x}{0,7m \cdot \sqrt{F_0}},$$

где v_p – рекомендуемая скорость воздуха на рабочем месте согласно категории работ по тяжести (табл. 1.9);

m – коэффициент затухания скорости в струе (табл. 1.10).

если $P_T = 0,6 - 1$, v_0 рассчитывается по формуле:

$$v_0 = \frac{v_p}{0,7 + 0,1 \cdot (0,8m \cdot \sqrt{F_0} - x)},$$

если $P_T > 1$, v_0 рассчитывается по формуле:

$$v_0 = \frac{v_p}{0,7}.$$

7. Определить расход воздуха, подаваемого через душирующий патрубок, $\text{м}^3/\text{ч}$

$$Q = 3600F_0 \cdot v_p.$$

2. Вредные вещества в промышленности

Постановлением Министерства здравоохранения от 10.10.2017 г. № 92 (с дополнением, утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 22 декабря 2017 г. № 112) утверждены Санитарные нормы и правила «Требованию к контролю воздуха рабочей зоны»,

Гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны», Гигиенический норматив «Ориентировочные безопасные уровни воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и Гигиенический норматив «Предельно допустимые уровни загрязнения кожных покровов вредными веществами».

Классификация вредных веществ. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются **на четыре класса опасности:**

1-й класс – вещества чрезвычайно опасные (ПДК < 0,1 мг/м³);

2-й класс – вещества высоко опасные (ПДК = 0,1...1,0 мг/м³);

3-й класс – вещества умеренно опасные (ПДК = 1,1...10,0 мг/м³);

4-й класс – вещества мало опасные (ПДК > 10,0 мг/м³).

Вредные вещества также подразделяются:

по характеру воздействия на организм человека на:

общетоксические – вызывающие отравление всего организма (оксид углерода, свинец, ртуть и др.);

раздражающие – вызывающие раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек (хлор, аммиак, оксиды азота, озон, ацетон и др.);

сенсibiliзирующие – действующие как аллергены (формальдегид, различные растворители и лаки на основе нитросоединений и др.);

канцерогенные – вызывающие раковые заболевания (окислы хрома, асбест и др.);

мутагенные – приводящие к изменению наследственной информации (свинец, радиоактивные вещества и др.);

влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, свинец, радиоактивные вещества и др.);

по пути попадания в организм на проникающие через:

органы дыхания;

желудочно-кишечный тракт;

кожный покров или слизистые оболочки;

по химическим классам соединений на:

органические;

неорганические;

элементоорганические и др.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – концентрация вредного вещества, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДК устанавливаются в виде максимально разовых и среднесменных гигиенических нормативов. Для веществ, способных вызывать преимущественно хронические интоксикации (фиброгенные пыли, аэрозоли дезинтеграции металлов и др.), устанавливаются среднесменные ПДК; для веществ с остро направленным токсическим эффектом (ферментные, раздражающие яды и др.) устанавливаются максимальные разовые концентрации; для веществ, при воздействии которых возможно развитие как хронических, так и острых интоксикаций, устанавливаются наряду с максимально разовыми и среднесменные ПДК.

Фактическая концентрация вредного вещества K в воздухе рабочей зоны не должна превышать ПДК, т. е. должно соблюдаться соотношение $K / \text{ПДК} \leq 1$.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ одностороннего действия в концентрациях, не превышающих ПДК, должно соблюдаться условие:

$$\frac{K_1}{ПДК_1} + \frac{K_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{K_n}{ПДК_n} \leq 1$$

В таблице гигиенических нормативов специальными символами выделены вещества с остронаправленным механизмом действия, требующих автоматического контроля за их содержанием в воздухе, канцерогены, аллергены и аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. В этих целях использованы следующие обозначения:

О – вещества с остронаправленным механизмом действия;

А – вещества, способные вызывать аллергические заболевания работников в производственных условиях;

К – канцерогены;

Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия;

п – пары и (или) газы;

а – аэрозоль;

п + а – смесь паров и аэрозолей;

(+) – соединения, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз;

(++) – соединения, при работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей.

Если в графе «величина ПДК» приведены два гигиенических норматива, это означает, что в числителе максимальная разовая, а в знаменателе – среднесменная ПДК, прочерк в числителе означает, что гигиенический норматив установлен в виде среднесменной ПДК. Если приведен один гигиенический норматив, то это означает, что он установлен как максимальная разовая ПДК.

Ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) – временный гигиенический норматив содержания вредного вещества в воздухе рабочей зоны, устанавливаемый по экспериментальным данным путем расчета по параметрам токсикометрии и физико-химическим свойствам, использующийся для количественной оценки содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны на этапе опытных и полужаводских установок (производств), который может быть пересмотрен, заменен предельно допустимой концентрацией либо отменен в зависимости от перспективы применения вредного вещества и его токсических свойств.

Результатом **воздействия вредных веществ** могут быть острые и хронические отравления. Острые отравления являются следствием кратковременного воздействия вредных веществ, поступающих в организм в значительных количествах. Хронические отравления развиваются в результате длительного воздействия вредных веществ, поступающих в организм малыми дозами. Наиболее опасными являются хронические отравления, отличающиеся стойкостью симптомов отравления и приводящие к профессиональным заболеваниям.

Токсический эффект воздействия вредных веществ зависит от физиологических особенностей человека. К некоторым ядам более чувствителен женский организм, к другим – мужской. Характер и тяжесть выполняемой работы также влияют на восприимчивость организма к ядам. При тяжелой физической работе активизируются дыхание, кровообращение и потовыделение, что усиливает процесс проникновения ядовитых веществ в организм человека. Результат воздействия токсических веществ зависит от таких производственных факторов, как метеорологические условия, барометрическое давление, шум и вибрация, которые увеличивают опасность отравления из-за функциональных изменений в организме и изменения токсических свойств самих веществ.

Производственная пыль подразделяется:

по происхождению на: *органическую* естественного (шерстяная, древесная и др.) и искусственного (пыль пластмасс, резины и др.) происхождения; *неорганическую*: пыль металлов (железная, медная и др.) и минералов (кварцевая, асбестовая и др.);

по токсичности на: *ядовитую*, вызывающую острые или хронические отравления (свинцовая, марганцевая и др.); *неядовитую*, оказывающую преимущественно фиброгенное

действие, вызывающую раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и оседающую в легких (чугунная, железная, алюминиевая и др.);

по дисперсности на: а) крупнодисперсные (> 10 мкм); б) среднедисперсные (5-10 мкм); в) мелкодисперсные (1-5 мкм); г) дым или пылевой туман (< 1 мкм);

по способу образования: на *аэрозоли дезинтеграции* (образуются при измельчении, дроблении твердых веществ и т. д.); *аэрозоли конденсации* (при электросварке и т. д.).

Пыль как вредное вещество может оказывать на организм человека фиброгенное, токсическое, раздражающее, аллергенное, канцерогенное действие. Чем мельче частицы пыли, тем глубже они проникают в дыхательные пути и легче попадают в легкие.

Пылевые профессиональные заболевания. К основным из них относятся пневмокониозы, хронический бронхит и заболевания верхних дыхательных путей. Наиболее часто встречаются следующие виды пневмокониозов: *силикоз* – наиболее тяжелая форма пневмокониоза, развивающаяся при вдыхании пыли, содержащей свободный кремнезем (SiO_2), и сопровождающаяся изменениями легочной ткани; *силикатоз* – склеротическое заболевание легких, развивающееся при вдыхании пыли, содержащей SiO_2 в связанном с другими элементами состоянии (Mg, Ca, Al, Fe и др.); *электросварочный пневмокониоз* – развивается при высокой концентрации сварочного аэрозоля, содержащего оксид железа, соединения марганца или фтора и др.

Методы контроля параметров воздушной среды. Для определения содержания вредных веществ в воздухе отбор проб проводится в зоне дыхания на рабочих местах постоянного и (или) непостоянного пребывания работников при характерных производственных условиях с учетом основных технологических процессов, источников выделения вредных веществ и функционирования технологического оборудования. В течение смены и (или) на отдельных этапах технологического процесса в одной точке должно быть последовательно отобрано не менее двух проб. Для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия допускается отбор одной пробы.

Среднесменная концентрация должна определяться на основании непрерывного или прерывистого отбора проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены с учетом всех технологических операций (основных, вспомогательных) и перерывов в работе. Количество отборов проб воздуха должно быть не менее пяти в течение рабочей смены.

Периодичность контроля воздуха рабочей зоны определяется в зависимости от класса опасности вредного вещества, характера технологического процесса, результатов производственного контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны и устанавливается в следующем порядке:

– один раз в год в случаях, когда интенсивность выделения в воздушную среду вредных веществ 3 и 4 классов опасности сохраняется на протяжении двух последних лет на уровне и ниже ПДК или ОБУВ;

– один раз в полугодие в случаях имеющих превышений ПДК или ОБУВ вредных веществ 3 и 4 классов опасности в предшествующем году, а так же в первые два года проведения производственного контроля в организации;

– один раз в полугодие при стабильной регистрации в воздухе рабочей зоны содержания вредных веществ 1 и 2 классов опасности на уровне и ниже ПДК или ОБУВ за два последних года;

– один раз в квартал в случаях имеющих превышений ПДК или ОБУВ в воздухе рабочей зоны вредных веществ 1 и 2 классов опасности в предшествующем году, а так же в первые два года проведения производственного контроля в организации.

Меры защиты от вредных веществ. Для обеспечения необходимого качества воздуха в рабочей зоне производственных помещений при разработке и организации технологических процессов, и конструировании оборудования требуется выполнение ряда инженерно-технических, санитарно-технических, лечебно-профилактических, организационных и других мероприятий.

К инженерно-техническим мероприятиям относятся: применение технологических процессов, устраняющих образование вредных веществ или исключают непосредственный контакт работников с вредными веществами; замена вредных веществ безвредными или менее вредными; замена сухих способов переработки пылящих материалов мокрыми; применение различных способов пылеподавления (смачивание, гранулирование, брикетирование и т.д.); обеспечение непрерывности технологических процессов; использование пневмотранспорта; применение различных способов пылеподавления; механизация и автоматизация технологических процессов с применением дистанционного управления; герметизация промышленного оборудования; рациональная организация рабочих мест; улавливание и нейтрализация промышленных выбросов; автоблокировка технологического оборудования и санитарно-технических устройств; рациональная организация рабочих мест; использование газоанализаторов и газосигнализаторов, связанных с автоматической системой защиты (автоблокировка, аварийная вентиляция и др.); сокращение водопотребления и водоотведения, широкое использование оборотного и повторного водоснабжения.

Доставка сырья и материалов на предприятия должна осуществляться способами, максимально устраняющими ручные операции, исключая опасность травматизма и физического перенапряжения, а также непосредственный контакт работников с вредными веществами. При всех транспортных и перегрузочных операциях следует предусматривать меры, предотвращающие загрязнение воздуха рабочей зоны, а также кожных покровов и одежды работающих.

При проведении технологических процессов, связанных с выделением пыли веществ 1 и 2 классов опасности предусматриваются поточные непрерывные линии или оборудование повышенной герметичности. Аспирационные системы, а также системы орошения и пылеподавления следует блокировать с пусковыми устройствами технологического оборудования.

К санитарно-техническим средствам нормализации воздуха в рабочей зоне относятся: организация систематического санитарно-химического контроля воздуха рабочей зоны; санитарно-бытовое обеспечение работающих; спецподготовка и инструктаж работающих; лечебно-профилактическое обеспечение работающих; применение средств индивидуальной защиты; организация надежной вентиляции производственных помещений.

Наиболее важное значение для профилактики профессиональных заболеваний и нормализации воздушной среды имеет вентиляция.

Вредные вещества, выделяющиеся при протекании технологических процессов

При протекании технологических процессов в воздухе рабочей зоны фиксируются вредные вещества, характеристика которых приведена в табл. 2.1.

Воздействие токсических веществ на организм человека в условиях производства не может быть изолировано от влияния других неблагоприятных факторов, таких как высокая или низкая температура, повышенная влажность, вибрация, шум и др. При сочетанном воздействии вредных веществ с другими факторами эффект может оказаться более значительным, чем при изолированном воздействии фактора. Так, при одновременном воздействии вредных веществ и высокой температуры, шума и вибрации усиливает токсическое действие ядов. Физическая нагрузка, оказывает мощное и разностороннее влияние на все органы и системы организма (дыхание и кровообращение, усиливает активность нервной и эндокринной систем). Увеличение легочной вентиляции приводит к возрастанию дозы газообразных веществ, проникающих в организм через дыхательные пути.

Таблица 2.1

Характеристика вредных веществ, выделяющихся в воздух рабочей зоны

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	Токсикологическая характеристика
1	2	3	4
Оксид углерода	4	20	Угнетает центральную нервную систему, вызывает головные боли, головокружение, тошноту, нарушение дыхания. При большой концентрации приводит к смерти от кислородного голодания
Ацетон	4	200	Действует как наркотик, раздражает глаза и слизистые оболочки носа и гортани
Сернистый ангидрид	3	10	Вызывает расширение сосудов и снижает кровяное давление, поражает ткань легких, вызывая их отек
Метиловый спирт	3	5	Сильный нервный и сосудистый яд, раздражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз
Ксилол	3	50	Раздражают нервную систему, при длительном воздействии влияют на кроветворные органы
Толуол	3	150	
Фурфурол	3	10	Нервный яд, вызывает паралич и судороги, раздражает слизистые оболочки и кожу
Хром шестивалентный	1	0,01	Вызывает местное раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки, поражает почки, печень, сердечно-сосудистую систему
Фенол	2	0,3	Сильный нервный яд, оказывает общетоксическое действие, всасывается через кожу
Формальдегид	2	0,5	Раздражающий газ, обладает общей ядовитостью, раздражает кожу и слизистые оболочки
Фуран	2	0,5	Приводит к падению кровяного давления, параличу дыхания, судорогам, при длительном воздействии вызывает дистрофию печени
Оксид азота	3	5	Оказывает действие на центральную нервную систему, вызывает расширение сосудов и снижает кровяное давление, приводит к отеку легких
Кремнийсодержащая пыль	4	2	Раздражает слизистые оболочки, приводит к силикозу
Алюминиевая пыль (алюминий и его соединения)	4	2,0	При вдыхании вызывает профзаболевание легких (алюминоз), раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей
Аммиак	4	20,0	Раздражающе действует на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, вызывает кашель, удушье
Бора карбид	4	6,0	Вызывает острые и хронические заболевания верхних дыхательных путей. Возможно развитие пневмокониоза
Калия гидроксид	2	0,5	Вызывает сильные ожоги кожи, глаз, что может привести к слепоте
Калия цианид	2	0,3	Сильный яд. При воздействии на кожу вызывает зуд, экзему. При вдыхании паров наступает внезапное резкое падение кровяного давления, паралич дыхания и сердца
Кислота азотная	3	2,0	Вызывает тяжелые ожоги, раздражает дыхательные пути, вызывает разрушение зубов, конъюнктивиты и поражения роговицы глаза
Кислота серная	2	1,0	Вызывает тяжелые ожоги кожи. Аэрозоль раздражает и обжигает слизистые верхних дыхательных путей, поражает легкие

1	2	3	4
Кислота соляная (водорода хлорид)	2	5,0	Вызывает ожоги, раздражение слизистых оболочек (носа), конъюнктивит и помутнение роговицы глаза, насморк, кашель, удушье
Кислота цианистоводородная (цианистый водород)	1	0,3	Сильный яд, в воздухе в виде паров, вдыхание которых вызывает резкое падение кровяного давления, паралич дыхания и сердца
Натрия гидроксид	2	0,5	Вызывает сильные ожоги кожи, глаз, что может привести к слепоте
Натрия нитрит	1	0,1	Вызывает головокружение, рвоту, бессознательное состояние, расширение сосудов
Свинец	1	0,005	Вызывает отравление и изменения в центральной нервной системе, крови и сосудах

Наиболее важное значение для профилактики профессиональных заболеваний и нормализации воздушной среды имеет вентиляция.

Расчетные задания по теме

Задача 2.1. Выполнить расчет воздушного душирования при выделении вредных веществ. Исходные данные для расчета принимаются по табл. 2.2. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 2.2

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Концентрация газов в рабочей зоне, мг/м ³ , K_{pz}	15	8	6	12	23	7	3,2	6	21	63
Предельно допустимая концентрация газов на рабочем месте, мг/м ³ , $K_{пдк}$	10	5	4	10	20	6	2	5	20	50
Концентрация газов в воздухе, подаваемом из душирующего патрубка, мг/м ³ , K_0	0,2	0,4	0,3	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2	2	1
Температура воздуха в рабочей зоне, t_{pz} , °С	25	27	28	24	28	25	27	26	28	27
Скорость движения воздуха в рабочей зоне, v_{pz} , м/с	3	2	3,5	2	3,5	2	3	3	3,5	3,5
Расстояние от душирующего патрубка до рабочей зоны, x , м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Порядок расчета

1. Определить отношение разностей концентраций газов по формуле:

$$P_k = \frac{K_{pz} - K_{пдк}}{K_{pz} - K_0}$$

где K_{pz} – концентрация газов в рабочей зоне (принимается исходя из условий работы), мг/м³;

$K_{\text{пдк}}$ – предельно допустимая концентрация газов на рабочем месте, мг/м³;

K_0 – концентрация газов в воздухе, подаваемом из душирующего патрубка, мг/м³.

2. Выбрать тип воздухораспределителя и определить коэффициенты m и n по табл. 2.3.

Таблица 2.3

Характеристики типовых душирующих воздухораспределителей

Тип воздухораспределителя	Марка	Расчетная площадь, $F_0, \text{ м}^2$	Коэффициенты		
			m	n	ξ
Универсальный душирующий воздухораспределитель типа УДВ	УДВ-1	0,17	6	4,9	2,1
	УДВ-2	0,38			
	УДВ-3	0,68			
Патрубок поворотный душирующий типа ППД	ППД-5	0,1	6,3	4,5	4
	ППД-6	0,16			
	ППД-8	0,26			
Патрубок душирующий с увлажнением воздуха типа ПД с верхним и нижним подводом воздуха	ПДв-3	0,14	5,3	4,5	1,6
	ПДв-4	0,13			
	ПДв-5	0,36			
	ПДн-3	0,14	4,5	3,1	3,2
	ПДн-4	0,23			
	ПДн-5	0,36			

3. Определить сечение душирующего патрубка $F_0, \text{ м}^2$;
если $P_k < 0,4$, F_0 рассчитывается по формуле:

$$F_0 = \left(\frac{P_k \cdot x}{0,4n} \right)^2,$$

где x – расстояние от душирующего патрубка до рабочей зоны, м;

если $0,4 \leq P_k \leq 1$, F_0 рассчитывается по формуле:

$$F_0 = \left(\frac{x + 3,7P_k - 1,4}{0,75n} \right)^2,$$

4. Зная F_0 , выбрать по табл. 2.3 марку воздухораспределителя с учетом ранее выбранного типа.

5. Определить скорость воздуха на выходе из патрубка $v_0, \text{ м/с}$;
если $P_k < 0,4$, v_0 рассчитывается по формуле:

$$v_0 = \frac{v_p \cdot x}{0,7m \cdot \sqrt{F_0}},$$

где v_p – скорость воздуха на рабочем месте согласно категории работ по тяжести (табл. 2.2);

если $0,4 \leq P_k \leq 1$, v_0 рассчитывается по формуле:

$$v_0 = \frac{v_p}{0,55 + 0,14(0,8m \cdot \sqrt{F_0} - x)},$$

6. Определить температуру воздуха, выходящего из патрубка t_0 , °C если $P_k < 0,4$, t_0 рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{t_{pz} - (t_{pz} - t_{пдк}) \cdot x}{0,45n \cdot \sqrt{F_0}}$$

где t_{pz} – температура окружающего воздуха на рабочем месте (принимается исходя из условий работы), °C;

$t_{пдк}$ – нормируемая температура на рабочем месте, принимается по табл. 1.1, 1.2;

если $0,4 \leq P_k \leq 1$, t_0 рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{t_{pz} - (t_{pz} - t_{пдк}) \cdot x}{0,45 + 0,25(0,75n \cdot \sqrt{F_0} - x)}$$

7. Определить расход воздуха, подаваемого через душирующий патрубок, м³/ч

$$Q = 3600F_0 \cdot v_p$$

Задача 2.2. Рассчитать местный отсос (зонт) у нагревательной печи.

Местные отсосы применяются в случаях, когда выделяющиеся вредности легче окружающего воздуха и поток вредных выделений направлен вверх. Они выполняются в виде различных укрытий, вытяжных шкафов, вытяжных зонтов, бортовых отсосов, могут быть стационарными, поворотными, выдвижными, телескопическими.

Вытяжной зонт представляет собой металлический колпак, располагаемый над источником вредных выделений. Всасывающее сечение колпака имеет форму, геометрически подобную горизонтальной проекции зеркала вредных выделений.

Исходные данные для расчета принимаются по табл. 2.4. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 2.4

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Размеры загрузочного отверстия печи, $b \times h$, м	1×0,6									
Температура в печи, $t_{п}$, °C	1000	1100	980	950	1050	1120	940	1030	850	1200
Температура воздуха в помещении, $t_{в}$, °C	23	25	21	20	23	24	20	22	20	25

Схема зонта над загрузочным отверстием печи представлена на рисунке 2.1.

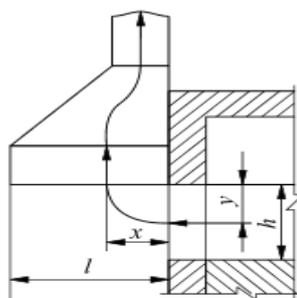


Рис.2.1. Схема зонта над загрузочным отверстием печи

Порядок расчета

1. Определить эквивалентный диаметр зонта, м

$$d_{\text{ЭКВ}} = \frac{2b \cdot h}{b + h}$$

2. Определить плотность горячего воздуха, выбивающегося из отверстия печи, и плотность воздуха в помещении, кг/м³

$$\rho_{\text{П}} = \frac{375}{273 + t_{\text{П}}};$$

$$\rho_{\text{В}} = \frac{375}{273 + t_{\text{В}}}.$$

3. Определить перепад давления в плоскости загрузочного отверстия печи, Па

$$\Delta P = \frac{2}{3} h \cdot g \cdot (\rho_{\text{П}} - \rho_{\text{В}}),$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

4. Определить среднюю скорость выхода горячего воздуха из отверстия печи, м/с

$$v_{\text{ср}} = \mu \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_{\text{П}}}},$$

где μ – коэффициент расхода (для расчета вытяжных зонтов принимается равным 0,65).

5. Определить критерий Архимеда

$$Ar = \frac{g \cdot d_{\text{ЭКВ}}}{v_{\text{ср}}^2} \cdot \frac{T_{\text{П}} - T_{\text{В}}}{T_{\text{В}}},$$

где $T_{\text{П}}, T_{\text{В}}$ – температуры в печи и внутреннего воздуха, К;

$$T_{\Pi} = 273 + t_{\Pi},$$

$$T_{\text{В}} = 273 + t_{\text{В}}.$$

6. Определить расстояние x , м, на котором искривленная ось струи пересекается с плоскостью приемного отверстия зонта-козырька:

$$x = \sqrt[3]{\frac{m \cdot y \cdot d_{\text{ЭКВ}}^2}{0,5 \text{Ar}}},$$

где m – коэффициент затухания скорости в струе (при расчете зонтов $m=4$);
 $y = h/2$ (см. рис. 2.1).

7. Определить диаметр струи на расстоянии x от печного отверстия, м, по формуле для осесимметричной струи на начальном участке

$$d_x = d_{\text{ЭКВ}} \cdot \left(6,8 \frac{a \cdot x}{d_{\text{ЭКВ}}} + 1 \right),$$

где $a = 0,1$ – коэффициент турбулентности для прямоугольного отверстия.

8. Определить вылет зонта l , м, (см. рис. 2.1)

$$l = x + \frac{d_x}{2}.$$

9. Определить количество газов, выходящих из печи

$$L_{\Pi} = 3600 v_{\text{ср}} \cdot h \cdot b, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$G_{\Pi} = L_{\Pi} \cdot \rho_{\Pi}, \text{ кг/ч}.$$

10. Определить количество отводимых под зонт газов L_x , $\text{м}^3/\text{ч}$, с учетом температурного эффекта

$$L_x = L_{\Pi} \cdot \left[1 + \left(1,52 \frac{a \cdot x}{d_{\text{ЭКВ}}} + 5,28 \left(\frac{a \cdot x}{d_{\text{ЭКВ}}} \right)^2 \right) \cdot \sqrt{\frac{T_{\text{В}}}{T_{\Pi}}} \right].$$

11. Определить количество воздуха, подмешиваемого из помещения в струю, кг/ч

$$G_{\text{В}} = \left[1,52 \frac{a \cdot x}{d_{\text{ЭКВ}}} + 5,28 \left(\frac{a \cdot x}{d_{\text{ЭКВ}}} \right)^2 \right] \cdot \rho_{\text{В}} \cdot L_{\Pi}.$$

12. Определить температуру смеси (газ+воздух), отводимой под зонт, °С

$$t_{\text{см}} = \frac{G_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}} + G_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}}}{G_{\text{п}} + G_{\text{в}}}.$$

13. Если $t_{\text{см}} > 160^{\circ}\text{C}$, то необходимо увеличить количество воздуха, подмешиваемого в струю газа

$$G_{\text{в}} = \frac{G_{\text{п}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{см}})}{t_{\text{см}} - t_{\text{в}}}.$$

14. Определить количество газов, отводимых зонтом, кг/ч

$$G_{\text{см}} = G_{\text{в}} + G_{\text{п}}.$$

15. Определить количество тепла, удаляемого под зонт, кВт

$$Q = \frac{G_{\text{см}}}{3600 \cdot (t_{\text{см}} - t_{\text{в}})} \cdot c_{\text{см}},$$

где $c_{\text{см}} = 1,005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ – удельная теплоемкость воздуха.

3. Производственная вентиляция

Вентиляция – обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в рабочей зоне.

По способу перемещения воздуха вентиляция бывает *с естественным и механическим побуждением*. Возможно также сочетание естественной и механической вентиляции (смешанная вентиляция). В зависимости от того, для чего служит система вентиляции, – для подачи (притока) или удаления (вытяжки) воздуха из помещения или (и) для того и другого одновременно, она подразделяется на *приточную, вытяжную или приточно-вытяжную*. По месту действия вентиляция бывает *общеобменной и местной*.

В производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны больших количеств вредных паров и газов, наряду с рабочей предусматривается устройство *аварийной вентиляции*.

На производстве часто устраивают комбинированные системы вентиляции (общеобменную с местной, общеобменную с аварийной и т.п.).

Естественная вентиляция

Воздухообмен при естественной вентиляции происходит вследствие разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха, а также в результате действия ветра. Разность температур воздуха внутри (более высокая температура) и снаружи помещения, а, следовательно, и разность плотностей вызывают поступление холодного воздуха в помещение и вытеснение из него теплого воздуха. При действии ветра с наветренной стороны зданий создается пониженное давление, вследствие чего происходит вытяжка теплого или загрязненного воздуха из помещения; с наветренной стороны здания создается избыточное давление, и свежий воздух поступает в помещение на смену вытягиваемому воздуху.

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

Организованная (поддается регулировке) *естественная вентиляция* производственных помещений осуществляется аэрацией и дефлекторами.

Аэрация осуществляется в холодных цехах за счет ветрового давления, а в горячих цехах – за счет совместного или отдельного действия гравитационного и ветрового давлений. Аэрация осуществляется следующим образом: свежий воздух поступает в помещение через нижние проемы, располагаемые на небольшой высоте от пола (1-1,5 м), а удаляется через проемы в светоаэрационном фанаре здания.

Поступление наружного воздуха в зимнее время происходит через проемы, расположенные на высоте 4-7 м от пола. Высота принимается с таким расчетом, чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел достаточно нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения.

Дефлекторы представляют собой специальные насадки, устанавливаемые на вытяжных воздуховодах и использующие энергию ветра. Их применяют для удаления загрязненного или перегретого воздуха из помещений сравнительно небольшого объема, а также для местной вентиляции.

Механическая вентиляция

В системах механической вентиляции движение воздуха осуществляется вентиляторами и в некоторых случаях эжекторами.

Установки *приточной вентиляции* состоят из устройства для забора чистого воздуха (в местах, где содержание вредных веществ минимально), воздуховодов, фильтров для очистки воздуха от пыли, калориферов, вентилятора, приточных отверстий или насадков, регулирующих устройств.

Установки *вытяжной вентиляции* состоят из вытяжных отверстий или насадков, вентилятора, воздуховодов, устройства для очистки воздуха от пыли или газов, устройства для выброса воздуха.

Эжекторы применяют в случаях, если необходимо удалить очень агрессивную среду, пыль, способную к взрыву, или легко воспламеняющиеся взрывоопасные газы.

Местная приточная вентиляция служит для создания требуемых условий воздушной среды в ограниченной зоне производственного помещения. К установкам местной приточной вентиляции относятся воздушные души и оазисы, воздушные и воздушно-тепловые завесы.

Воздушное душирование применяют на рабочих местах, характеризуемых воздействием лучистого потока теплоты интенсивностью 350 Вт/м^2 и более. Воздушный душ представляет собой направленный на рабочего поток воздуха. Скорость обдува составляет 1-3,5 м/с в зависимости от интенсивности облучения. Эффективность душирующих агрегатов повышается при распылении воды в струе воздуха.

Воздушные оазисы позволяют улучшить метеорологические условия на ограниченной площади помещения, которая для этого отделяется со всех сторон легкими передвижными перегородками и заполняется воздухом более холодным и чистым, чем воздух помещения.

Воздушные и воздушно-тепловые завесы устраивают для защиты людей от охлаждения проникающим через ворота холодным воздухом. Завесы бывают двух типов: воздушные с подачей воздуха без подогрева и воздушно-тепловые с подогревом подаваемого воздуха в калориферах.

Местная вытяжная вентиляция. Применение ее основано на улавливании и удалении вредных веществ непосредственно у источника их образования. Устройства местной вытяжной вентиляции выполняют в виде укрытий или местных отсосов (вытяжные шкафы, кабины и камеры).

Вытяжные зонты применяют для локализации вредных веществ, поднимающихся вверх, а именно при тепло- и влаговыведениях; любых вредных веществах с тепловыделениями, создающими устойчивый восходящий поток (при отсутствии постоянного рабочего места у источника выделения вредных веществ).

Всасывающие панели. Принцип действия состоит в том, что затягиваемый в щель воздух, двигаясь над поверхностью ванны, увлекает с собой вредные вещества, не давая им распространиться вверх по помещению. Отсосы располагают или у одного борта при ширине ванны до 0,7 м, или у двух противоположных бортов при ширине ванны 0,7-1 м.

Расчетные задания по теме

Задача 3.1. Определить количество воздуха, которое необходимо подавать в цех для снижения концентрации газа (паров) в воздухе до ПДК, если в помещении выделяется в течение часа определенное количество газа (паров). Приточный воздух практически чист.

Исходные данные для расчета принимаются по табл. 3.1. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчета

№ варианта	Газ, пары	ПДК, мг/м ³	Размеры помещения			Масса газа (паров), выделяющегося в помещении в течение часа, P, кг
			длина, a, м	ширина, b, м	высота, h, м	
1	Аммиак	20	15	12	8	0,08
2			24	12	6	0,10
3	Оксид углерода	20	36	18	8	0,2
4			24	12	6	0,2
5	Формальдегид	0,5	12	9	3,5	0,1
6			15	9	3,5	0,15
7			21	12	5,0	0,3
8	Кислота серная	1,0	12	15	5	0,06
9			15	12	7	0,08
0			24	12	6	0,10

Порядок расчета

1. Определить концентрацию газа (паров) в воздухе помещения, мг/м³

$$C = \frac{P}{V} = \frac{P}{a \cdot b \cdot h},$$

где P – масса газа (паров), мг;
 $V = a \cdot b \cdot h$ – объем помещения, м³;
 a, b, h – длина, ширина, высота помещения соответственно, м.

2. Определить кратность воздухообмена, 1/ч

$$K = \frac{C}{\text{ПДК}},$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация газа (пара), мг/м³.

3. Определить воздухообмен или объем воздуха, подаваемый в помещение в течение часа для снижения концентрации газа (паров) в воздухе рабочей зоны до ПДК, м³/ч

$$Q = K \cdot V = K \cdot a \cdot b \cdot h.$$

Задача 3.2. Определить достаточен ли воздухообмен в помещении, если в воздух помещения просачивается из систем и оборудования газ или пары. В помещении существует 4-х кратный воздухообмен.

Исходные данные для расчета принимаются по табл. 3.2. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 3.2

Исходные данные для расчета						
№ варианта	Газ, пары	ПДК, мг/м ³	Размеры помещения			Масса газа (паров), просачивающегося из систем и оборудования в течение часа, P, кг
			длина, a, м	ширина, b, м	высота, h, м	
1	Оксид углерода	20,0	15	12	8	0,08
2			12	9	6	0,04
3			18	9	6	0,05
4			21	12	8	0,15
5			21	12	6	0,10
6	Хлорид водорода	5,0	30	18	8	0,02
7			36	18	12	0,01
8			42	24	10	0,02
9			48	15	15	0,01
0			60	18	15	0,02

Порядок расчета

1. Определить требуемый воздухообмен для снижения содержания газа (паров) в воздухе помещения до предельно допустимой концентрации, м³

$$Q_{\text{треб}} = \frac{P}{\text{ПДК}},$$

где P – масса газа (паров), просачивающегося из баллонов, аппаратов или трубопроводов, мг;
ПДК – предельно допустимая концентрация газа (паров), мг/м³.

2. Определить воздухообмен, существующий в помещении, м³

$$Q_{\text{сущ}} = K \cdot V = K \cdot a \cdot b \cdot h,$$

где V = a · b · h – объем помещения, м³;

a, b, h – длина, ширина, высота помещения соответственно, м.

K = 4 – кратность воздухообмена.

3. Провести анализ воздухообмена в помещении:

при $Q_{\text{треб}} < Q_{\text{сущ}}$ – достаточен;
при $Q_{\text{треб}} > Q_{\text{сущ}}$ – недостаточен.

4. Определить недостающий воздухообмен в помещении, м³

$$Q = Q_{\text{треб}} - Q_{\text{сущ}}$$

Задача 3.3. Исходя из степени воздействия (опасности) вредных веществ определить на содержание какого вещества в воздухе помещения следует ориентироваться при выборе кратности воздухообмена на плавильном участке, если при работе электродуговой печи в течение часа выделяются марганец, оксиды железа, оксиды азота и оксиды углерода. Объем помещения – 432 м³.

Остальные данные для расчета принимаются по табл. 3.3. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 3.3

Вредное вещество (пыль, газ)	ПДК, мг/м ³	Исходные данные для расчета										
		Масса выделяющихся в воздух помещения вредных веществ при плавке металла, P, г										
		№ варианта										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Марганец	0,2	0,4	0,35	0,3	0,28	0,25	0,22	0,18	0,55	0,26	0,29	
Оксид железа	6,0	5,0	4,4	3,8	3,6	2,6	3,2	3,7	3,1	2,9	2,6	
Оксид азота	5,0	3,0	4,8	2,7	3,5	3,0	2,6	2,9	3,3	3,1	2,5	
Оксид углерода	20,0	15	19	17	18	14	22	16	14	16	24	

Порядок расчета

1. Определить требуемый воздухообмен, т.е. объем воздуха, необходимый для снижения содержания вредных веществ в воздухе помещения до допустимых величин, м³

$$Q = \frac{P}{\text{ПДК}},$$

где P – масса каждого из веществ (пыли или газа) в воздухе, мг;
ПДК – предельно допустимая концентрация пыли или газа, мг/м³.

2. Определив соответственно воздухообмен, необходимый для снижения концентрации в воздухе до ПДК каждого из веществ (марганца, оксида железа, оксида азота и оксида углерода), ориентироваться на наибольшее из полученных значений.

3. Определить кратность воздухообмена в помещении, 1/ч

$$K = \frac{Q_{\text{max}}}{V},$$

где V – объем помещения, м³;

Q_{max} – максимальная величина (из всех расчетных значений) воздухообмена.

Задача 3.4. Рассчитать кратность воздухообмена общеобменной механической вентиляции в производственном помещении, в воздух рабочей зоны которого выделяется пыль, вредные вещества, избыточные тепловыделения.

Исходные данные для расчета принимаются по табл. 3.4. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Исходные данные для расчета

Показатель	№ варианта										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
1. Объем производственного помещения, м ³	6912	10368	9216	5184	7776	8294	6030	3456	5184	6912	
2.	Количество выделяемой пыли, г/ч										
	с содержанием SiO ₂ 6,8 %		47	38			36		17	26	
	с содержанием SiO ₂ 32 %		30	26			23	25	17		
	с содержанием SiO ₂ 79 %				14						18
	оксид железа	19					24		22		16
	сажа	27			18				36		14
3.	Количество выделяемых вредных веществ, г/ч										
	оксид углерода	27			24	33		18		16	28
	фенол		6	7			5		4		
	формальдегид		9	10			7		6		
	азота оксиды	4,7			3,9	4,2		5		6,4	3,6
4. Избыточные тепловыделения, кДж/ч	14300	23400	29600	16400	39900	28000	19080	32400	14800	17800	
5. Температура приточного воздуха, °С	14	16	15	18	16	19	16	17	16	18	

Порядок расчета

1. Определить воздухообмен производственного помещения для снижения концентрации пыли и вредных веществ.

Расчет производится для каждого вида пыли и вредных веществ

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

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

ПДК – предельно допустимая концентрация пыли или вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³ (определяется по табл. 3.5);

$C_{\text{пр}}$ – концентрация пыли вредного вещества в приточном воздухе, мг/м³.

Значение $C_{\text{пр}}$ принимается в соответствии с данными табл. 3.6.

Таблица 3.5

Предельно допустимые концентрации пыли и вредных веществ

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³
Пыль с содержанием SiO ₂ до 70 %	2,0
Пыль с содержанием SiO ₂ свыше 70 %	1,0
Оксид железа	6,0
Сажа	4,0

Оксид углерода	20,0
Фенол	0,3
Формальдегид	0,5
Азота оксиды	5,0

Таблица 3.6

Концентрация пыли и вредных веществ в приточном воздухе

Наименование вещества	Концентрация, мг/м ³
Пыль с содержанием SiO ₂ 6,8 %	0,6
Пыль с содержанием SiO ₂ 32 %	0,3
Пыль с содержанием SiO ₂ 79 %	0,1
Оксид железа	0,7
Сажа	0,15
Оксид углерода	0,7
Азота оксиды	0,5
Фенол	0,2
Формальдегид	0,1

2. Определить кратность воздухообмена для снижения концентрации пыли и вредных веществ до допустимых значений, 1/ч

$$K = \frac{L}{V},$$

где L – необходимый воздухообмен, м³/ч;
 V – объем помещения, м³.

3. Определить воздухообмен в производственном помещении для уменьшения избыточного тепла, м³/ч

$$L_T = \frac{Q_{изб}}{c_v \cdot (t_{уд} - t_{пр}) \cdot \rho},$$

где $Q_{изб}$ – избыточное тепло, выделяемое в помещении, кДж/ч;
 c_v – удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг · °С (c_v принять равным 1,005 кДж/кг · °С);
 $t_{уд}$ – температура удаленного воздуха, °С ($t_{уд}$ определить как температуру в рабочей зоне для работ IIб категории для теплого периода года, табл. 1.2);
 $t_{пр}$ – температура приточного воздуха, °С;
 ρ – плотность приточного воздуха, кг/м³.
 При барометрическом давлении 760 мм ртутного столба

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

где $t_{пр}$ – температура приточного воздуха, °С.

4. Определить кратность воздухообмена для уменьшения избыточного тепла, 1/ч

$$K = \frac{L_T}{V}.$$

5. Для обеспечения безвредных условий труда в производственном помещении принять K по максимальному значению.

Задача 3.5. В смесеприготовительном отделении чугунолитейного цеха земля из бункера подается на транспортер через течку под углом $\alpha = 45^\circ$ в количестве W_M , м³/ч. Материал падает с высоты $H = 2,5$ м. В целях предотвращения пыления в цехе транспортер имеет укрытие, причем площадь щелей в укрытии F_T , м². Определить расход воздуха, удаляемого от укрытия. При расчете учесть следующие данные: скорость проникновения воздуха через неплотности укрытия $v = 1,5$ м/с; коэффициент трения сухой земли о поверхность течки $f_M = 0,5$.

Остальные данные для расчета принимаются по табл. 3.7. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 3.7

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
W_M , м ³ /ч	200	150	100	250	175	200	150	100	250	175
F_T , м ²	0,3	0,4	0,1	0,5	0,3	0,4	0,3	0,5	0,1	0,2

Порядок расчета

1. Определить скорость движения материала при входе в укрытие, м/с

$$v_M = \sqrt{19,62 \cdot H \cdot (1 - 1,2 \cdot f_M \cdot \text{ctg} \alpha)}$$

2. Определить объемный расход воздуха, вносимого в укрытие с поступающей землей, м³/ч

$$L_M = 0,12 \cdot K_y \cdot W_M \cdot v_M^2,$$

где $K_y = 3$, коэффициент, характеризующий конструкцию укрытия.

3. Определить объемный расход воздуха, проникающего из помещения через неплотности укрытия, м³/ч

$$L_{BC} = 3600 \cdot v \cdot F_T.$$

4. Определить общий объемный расход воздуха удаляемого из-под укрытия, м³/ч

$$L = L_M + L_{BC}.$$

4. Производственное освещение

В зависимости от источника света производственное освещение может быть *естественным, искусственным и совмещенным* (ТКП 45-2.04-153–2009 «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования»).

Естественное освещение – это освещение помещений дневным светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. По конструктивному исполнению подразделяется на:

боковое (одно- и двухстороннее – через проемы в наружных стенах);

верхнее (через светоаэрационные фонари, световые проемы в перекрытиях, а также через проемы в местах перепада высот здания);

комбинированное (представляет собой сочетание верхнего и бокового освещения). Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

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

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение разделяют на *освещение безопасности* (предусматривается, если отключение рабочего освещения может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса, и должно обеспечить возможность продолжения работ) и *эвакуационное* (предназначено для безопасной эвакуации людей).

Охранное освещение (при отсутствии специальных технических средств охраны) должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время.

Дежурное освещение – энергосберегающее освещение, используемое в нерабочее время.

При искусственном освещении по месту расположения светильников используются две системы: *общее* и *комбинированное* освещение. При *общем* освещении светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное) или группируются с учетом расположения оборудования (общее локализованное). Система *комбинированного* освещения включает общее и местное освещение. Применение одного местного освещения (без общего) внутри помещений не допускается.

Совмещенное освещение представляет собой дополнение естественного освещения искусственным в темное и светлое время суток при недостаточном естественном освещении. Его следует предусматривать:

для производственных помещений, в которых выполняются работы I – III разрядов;

для производственных и других помещений в случаях, если по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т. п.).

Нормирование освещения

При выборе требуемого минимального уровня освещенности рабочего места необходимо установить разряд выполняемой зрительной работы. Его определяют по наименьшему размеру объекта различения (мм). Все зрительные работы, проводимые в производственных помещениях, делятся на восемь разрядов (табл. 4.1).

Нормирование естественного освещения. Непостоянство естественного света вызвало необходимость нормировать естественное освещение с помощью относительного показателя – коэффициента естественной освещенности КЕО (e). КЕО – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения $E_{\text{вн}}$, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{\text{нар}}$, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$\text{КЕО}(e) = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нар}}} \cdot 100 \quad (4.1)$$

Для зданий, расположенных в различных районах местности, нормированные значения КЕО (e_N) определяют по формуле:

$$e_N = e_H \cdot m, \quad (4.2)$$

где e_H – значения КЕО (табл. 4.1);

m – коэффициент светового климата для соответствующего номера группы районов (табл. 4.2);

N – номер группы административного района стран СНГ по ресурсам светового климата.

Таблица 4.1

Нормы проектирования естественного и искусственного освещения ТКП 45-2.04-153-2009

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, e_n , %			
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения			P	$K_{П}$, %	при верхнем или комбинированном	при боковом
						всего	в том числе от общего							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	малый	темный	5000	500	–	20	10	–	–	6,0	2,0
				4500	500	–	10	10						
			б	малый	средний	4000	400	1250	20	10				
				средний	темный	3500	400	1000	10	10				
			в	малый	светлый	2500	300	750	20	10				
г	средний	средний	2000	200	600	10	10							
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30 включ.	II	а	малый	темный	4000	400	–	20	10	–	–	4,2	1,5
				3500	400	–	10	10						
			б	малый	средний	3000	300	750	20	10				
				средний	темный	2500	300	600	10	10				
			в	малый	светлый	2000	200	500	20	10				
				средний	средний	1500	200	400	10	10				
			г	большой	темный	1500	200	400	10	10				
				средний	светлый	1000	200	300	20	10				
г	большой	светлый	750	200	200	10	10							

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокой точности	От 0,31 до 0,50 включ.	III	a	малый	темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	-	-	3,0	1,2
			б	малый средний	средний темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0 включ.	IV	a	малый	темный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	малый средний	средний темный	500	200	200	40	20				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	200	40	20				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	-	-	200	40	20				
Малой точности	Свыше 1,1 до 5 включ.	V	a	малый	темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	малый средний	средний темный	-	-	200	40	20				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	-	-	200	40	20				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	-	-	200	40	20				

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	–	200	–	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении периодическое при периодическом пребывании людей в помещении Общее наблюдение за инженерными коммуникациями		VIII	а	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном		–	–	200	–	20	3	1	1,8	0,6
			б			–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2
			в			–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2
			г			–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1

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

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

Таблица 4.2

Значения коэффициента светового климата t

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата t	
		Брестская область, Гомельская область	Остальная территория
В наружных стенах зданий	С	0,9	1
	СВ, СЗ	0,9	1
	З, В	0,9	1
	ЮВ, ЮЗ	0,85	1
	Ю	0,85	0,95
В прямоугольных и трапецевидных фонарях	С-Ю	0,9	1
	СВ-ЮЗ, ЮВ-СЗ	0,9	1
	В-З	0,85	1
В фонарях типа «Шед»	С	0,9	1
В зенитных фонарях	–	1	1
Примечание. С – северная, СВ – северо-восточная, СЗ – северо-западная, В – восточная, З – западная, С-Ю – север-юг, В-З – восток-запад, Ю – южная, ЮЗ – юго-западная.			

При **нормировании искусственного освещения** оценивается освещенность непосредственно на поверхности. При выборе нормы освещенности кроме характера (разряда) зрительной работы необходимо также учесть контраст объекта различения с фоном и характеристику фона, на котором рассматривается этот объект, т. е. определить подразряд зрительной работы (а, б, в или г).

При оценке и нормировании **совмещенного освещения** необходимо по данным табл. 4.1 выбрать нормативную величину КЕО для выполняемого разряда зрительной работы и конструктивного исполнения естественного освещения и освещенность от системы общего искусственного освещения.

Методы расчета освещения

Принципы расчета естественного освещения

Для расчета естественного освещения необходимы следующие основные данные: размеры помещения (длина, ширина, высота); характеристика зрительных работ (наименьший размер объекта различения, мм); вид освещения (боковое, верхнее, комбинированное); место расположения здания (группа административного района по ресурсам светового климата); вид остекления (блочное, ленточное); расстояние до существующего противостоящего здания, высота этого здания до карниза и др.

Наименьшая освещенность в помещениях
общеобразовательных учреждений

Название помещений, рабочей поверхности	Плоскость Г – горизонтальная, В – вертикальная, высота над полом	Освещенность рабочих поверхностей в люксах (лк)		Естественная освещенность КЕО, %	
		при комбинированном освещении	при общем освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
1	2	3	4	5	6
Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории	В – 1,5 (на середине доски)	–	400	4,0	1,5
	Г – 0,8 м (на рабочих столах и партах)	–	400		
Кабинеты информатики и вычислительной техники	В – 1,0 м (на экране дисплея)	–	200	3,5	1,2
	Г – 0,8 м (на рабочих столах)	500/300	400		
Кабинеты технического черчения и рисования	В – на доске	–	500	4,0	2,0
	Г – 0,8 м (на рабочих столах и партах)	–	500		
Читальные залы	Г – 0,8 м	500/300	400	1,2	2,1
Лингафонные кабинеты	Г – 0,8 м	–	300	3,0	1,0
Спортзалы	Пол, Г – 0,0	–	200	2,5	0,7
	В – на уровне 2 м от пола на продольных стенах помещения		75		

Расчет естественной освещенности сводится к определению площади световых проемов помещения, выбору типа окон и расчету их количества.

Расчет площади световых проемов при боковом освещении помещений производится по формуле:

$$S_0 = \frac{S_{\Pi} \cdot e_N \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{зд}}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100} \quad (4.3)$$

где S_0 – площадь световых проемов окон (при боковом освещении), м²;

S_{Π} – площадь пола помещения, м²;

e_N – нормированное значение коэффициента естественной освещенности;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий снижение коэффициента естественного освещения и освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения (табл. 4.4);

η_0 – световая характеристика окон (табл. 4.5);

$K_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (табл. 4.6);

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение e_N , благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и земли, прилегающей к зданию (табл. 4.7, 4.8);

τ_0 – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (4.4)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала оконного заполнения (табл. 4.9);

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах окна (табл. 4.10);

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (табл. 4.11) (при боковом освещении $\tau_3 = 1$);

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (табл. 4.12);

τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 0,9.

Таблица 4.4

Значения коэффициента запаса K_3

Помещения и территории	Искусственное освещение			Естественное освещение			
	Коэффициент запаса K_3			Коэффициент запаса K_3			
	Количество чисток светильников в год			Количество чисток остекления светопроемов в год			
	Эксплуатационная группа светильников			Угол наклона светопропускающего материала к горизонту, град.			
	1-4	5-6	7	0-15	16-45	46-75	76-90
1	2	3	4	5	6	7	8
Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне:							
а) свыше 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти	<u>2,0</u> 18	<u>1,7</u> 6	<u>1,6</u> 4	<u>2,0</u> 4	<u>1,8</u> 4	<u>1,7</u> 4	<u>1,5</u> 4
б) свыше 1 до 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти	<u>1,8</u> 6	<u>1,6</u> 4	<u>1,6</u> 2	<u>1,8</u> 3	<u>1,6</u> 3	<u>1,5</u> 3	<u>1,4</u> 3
в) менее 1 мг/м ³ пыли, дыма, копоти	<u>1,5</u> 4	<u>1,4</u> 2	<u>1,4</u> 1	<u>1,6</u> 2	<u>1,5</u> 2	<u>1,4</u> 2	<u>1,3</u> 2
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой коррозивирующей способностью	<u>1,8</u> 6	<u>1,6</u> 4	<u>1,6</u> 2	<u>2,0</u> 3	<u>1,8</u> 3	<u>1,7</u> 3	<u>1,5</u> 3

Таблица 4.5

Значение световой характеристики окна η_0

Отношение длины помещения $L_{\text{п}}$ к его глубине B	Отношения глубины помещения B к расстоянию от уровня условной рабочей поверхности до верха окна h_l							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	20	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	–

Примечание.
Глубина помещения B при боковом естественном освещении – расстояние между наружной поверхностью стены со светопроемами и наиболее удаленной от нее стеной помещения.
Длина помещения $L_{\text{п}}$ – расстояние между стенами, перпендикулярными наружной стене.

Таблица 4.6

Значение коэффициента $K_{\text{зд}}$

Отношение расстояния до противостоящего здания P к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником окна $H_{\text{к}}$	Значение $K_{\text{зд}}$
0,5	1,7
1	1,4
1,5	1,2
2	1,1
3 и более	1

Таблица 4.7

Значение коэффициента r_1 при боковом освещении

Отношение e B / h_l	Отношение e $L_{\text{п}} / B$	Средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей помещения, $\rho_{\text{ср}}$								
		0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения $L_{\text{п}}$ к его глубине B								
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
От 1 до 1,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
От 1,5 до 2	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,8	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,45	2,15	1,7	2	1,7	1,4	1,55	1,4	1,25
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
От 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,6	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,8	3,6	3,1	2,1	2,35	2	1,55	1,9	1,7	1,4
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,7	2,4	2,6	2,2	1,7
Более 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	3,5	1,7	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,1	2,1	1,8	2	1,8	1,5
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,6	2	1,7
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1
1	10	7,3	5,7	6	4,1	3,5	3,5	3	2,5	

Таблица 4.8

Значение коэффициента r_1 при боковом двустороннем освещении

Отношение B/h_1	Отношение L_{Π}/B	Средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей помещения, $\rho_{\text{ср}}$								
		0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины L_{Π} к его глубине B								
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
От 1 до 1,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,35	1,25	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	1	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,15	1,15	1,15	1,1
От 1,5 до 2	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,8	1,45	1,25	1,4	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,1	1,75	1,5	1,75	1,45	1,25	1,3	1,25	1,2
1	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,2	
От 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,4	1,35	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1
	0,5	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,1
	0,6	1,8	1,6	1,35	1,5	1,35	1,2	1,35	1,25	1,15
	0,7	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,2
	0,8	2,8	2,4	1,9	1,9	1,6	1,3	1,65	1,5	1,25
	0,9	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3
	1	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4
Более 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,25	1,25	1,15
	0,5	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,4
	0,6	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4
	0,7	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,5
	0,8	5,8	4,5	2,6	2,8	2,4	2,95	2,25	2	1,5
	0,9	6,2	4,9	3,8	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	1,7
	1	6,3	6	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,8

Таблица 4.9

Значение коэффициента τ_1

Вид светопропускающего материала		Значение τ_1
Стекло оконное листовое	одинарное	0,9
	двойное	0,8
	тройное	0,75
Стекло витринное толщиной 6-8мм		0,8
Стекло листовое армированное		0,6
Стекло листовое узорчатое		0,65
Стекло листовое со специальными свойствами	солнцезащитное	0,65
	контрастное	0,75
Органическое стекло	прозрачное	0,9
	молочное	0,6
Пустотелые стеклянные блоки	светорассеивающие	0,5
	светопрозрачные	0,55
Стеклопакеты		0,7

Таблица 4.10

Значение коэффициента τ_2

Вид переплета		Значение τ_2
Переплеты для окон и фонарей промышленных зданий		
Деревянные	одинарные	0,75
	спаренные	0,7
	двойные раздельные	0,6
Стальные	одинарные открывающиеся	0,75
	одинарные глухие	0,9
	двойные открывающиеся	0,6
	двойные глухие	0,9
Переплеты для окон жилых, общественных и вспомогательных зданий		
Деревянные	одинарные	0,8
	спаренные	0,75
	двойные раздельные	0,85
	с тройным остеклением	0,5
Металлические	одинарные	0,9
	спаренные	0,85
	двойные раздельные	0,8
	с тройным остеклением	0,7
Стекложелезобетонные панели с пустотелыми стеклянными блоками при толщине шва	20 мм и менее	0,9
	более 20 мм	0,85

Таблица 4.11

Значение коэффициента τ_3

Несущие конструкции покрытий		Значение τ_3
Стальные фермы		0,9
Железобетонные и деревянные фермы и арки		0,8
Балки и рамы сплошные при высоте сечения	50 см и более	0,8
	менее 50 см	0,9

Значение коэффициента τ_4

Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	Значение τ_4
Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (междустекольные, внутренние, наружные)	1
Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом не более 45° при расположении пластин жалюзи или экранов под углом 90° к плоскости окна: горизонтальные вертикальные	0,65 0,75
Горизонтальные козырьки: с защитным углом не более 30° с защитным углом от 15 до 45° (многоугольные)	0,8 0,9-0,6

Принципы расчета искусственного освещения

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

При проектировании осветительной установки необходимо выполнять следующие требования:

1) *выбрать тип источника света.* Для освещения производственных зданий должны применяться газоразрядные лампы. Если температура воздуха менее $+10^\circ\text{C}$ и напряжение в сети переменного тока может падать ниже 90 % номинального, следует отдать предпочтение лампам накаливания;

2) *выбрать систему освещения.* Экономичнее система комбинированного освещения, но в гигиеническом отношении более совершенна система общего освещения;

3) *выбрать тип светильника* с учетом загрязненности воздушной среды в соответствии с требованиями распределения яркостей в поле зрения и с требованиями взрыво- и пожаробезопасности;

4) *определить количество светильников;*

5) *определить нормируемую освещенность на рабочем месте.* Для этого необходимо определить характер выполняемой работы по наименьшему размеру объекта различения, оценить контраст объекта с фоном и фон на рабочем месте и по ТКП 45-2.04-153-2009 в соответствии с выбранной системой освещения и источником света найти минимальную нормируемую освещенность.

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

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

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (4.5)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормированная минимальная освещенность по разряду выполняемых работ согласно табл. 4.1;

S – площадь освещаемого помещения, м^2 ;

K_3 – коэффициент запаса, принимаемый согласно табл. 4.4;

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

N – количество светильников в помещении;

n – количество ламп с светильнике;

η – коэффициент использования светового потока ламп, зависящий от КПД и кривой распределения силы света светильников, коэффициентов отражения светового потока от потолка $\rho_{пт}$, стен $\rho_{ст}$ и рабочей поверхности ρ_p , высоты подвеса светильников и размеров помещения.

Таким образом, величина η может быть представлена в виде

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_{п}, \quad (4.6)$$

где η_c – коэффициент полезного действия светильника, определяемый согласно табл. 4.14;

$\eta_{п}$ – показатель освещаемого помещения.

Значение $\eta_{п}$ определяется по табл. 4.15 в зависимости от коэффициентов отражения светового потока от потолка $\rho_{пт}$, стен $\rho_{ст}$ и рабочей поверхности ρ_p , кривых силы света светильников КСС и индекса помещения i , определяемого из отношения

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (4.7)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

H_p – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

$$H_p = H - (h_c + H_0), \quad (4.8)$$

где H – высота помещения, м;

h_c – расстояние светильника от перекрытия («свес» светильника), м;

H_0 – высота рабочей поверхности, м.

Значения коэффициентов отражения потолка, стен помещения и рабочей поверхности, в зависимости от используемых материалов, приведены в табл. 4.16.

Необходимое число светильников N определяется в следующем порядке (рис. 4.1).

Определяют расстояние между центрами светильников

$$L = H_p \cdot \gamma, \quad (4.9)$$

где γ – наивыгоднейшее отношение для данного помещения L/H_p .

L рекомендуется принимать 5-6 м для производственных помещений.

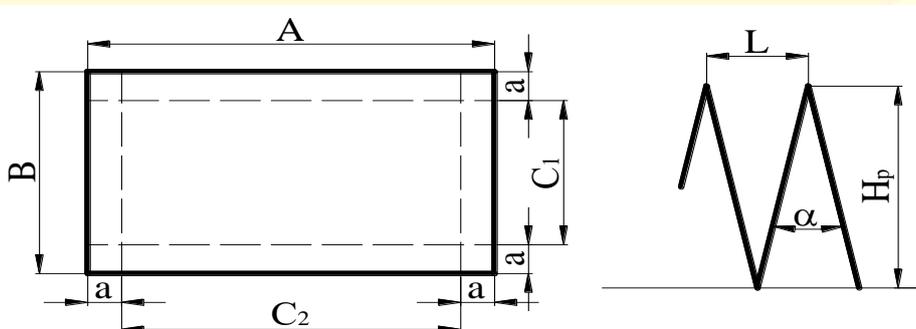


Рис. 4.1. Схема размещения светильников

Для определения коэффициента полезного действия светильника необходимо сначала определить $\gamma = L/H_p$ и по этому значению выбрать классификационную кривую светильника

согласно табл. 4.13. Пользуясь данными табл. 4.14 выбрать светильник и соответствующий ему коэффициент полезного действия.

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

Таблица 4.13

Наиболее выгодные значения $\gamma = L/H_p$ для типовых светильников

Классификационная кривая (КСС)	$\gamma = L/H_p$
Д-1	1,3
Д-2	0,93
Г-1	0,91
Г-2	0,77
Г-3	0,66
Г-4	0,57
К-1	0,49
К-2	0,42
К-3	0,36

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

по ширине помещения

$$C_1 = B - 2a, \quad (4.10)$$

по длине

$$C_2 = A - 2a. \quad (4.11)$$

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

по ширине

$$n_1 = (C_1 / L) - 1, \quad (4.12)$$

по длине

$$n_2 = (C_2 / L) - 1. \quad (4.13)$$

Общее количество рядов светильников:

по ширине

$$n' = n_1 + 2, \quad (4.14)$$

по длине

$$n'' = n_2 + 2. \quad (4.15)$$

Тогда общее число светильников в помещении равно

$$N = n' \cdot n''. \quad (4.16)$$

Подсчитав световой поток ламп $F_{л}$, по табл. 4.14 подбирают ближайшую стандартную лампу и определяют электрическую мощность всей осветительной системы. Допускается отклонение потока выбранной лампы от расчетного $-10...+20\%$, в противном случае задается другая схема расположения светильников.

Выбор источников света и осветительных приборов, рекомендуемых для различных производств, необходимо производить согласно табл. 4.17 – 4.20.

Таблица 4.14

Основные параметры светильников

Тип КСС	Типы светильников	КПД (η), %		Тип лампы, мощность, Вт, и световой поток, лм																		
		ρ	ρ	Лампы накаливания								Люминесцентные лампы						Дуговые ртутные лампы				
				60	100	150	200	300	500	1000	1500	15	20	30	40	65	80	125	250	400	700	1000
715	1350	2100	2920	4600	8300	18600	29000	15000	760	1180	2100	3000	4650	5220	5600	12500	22000	38500	55000			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Д-1	НСП18, ППД		68																			
	РСП11		60																			
	ПВЛМ, ЛСП12		75		x		x		x						2x							
	ПВЛ1, ЛСП16		60												2x	2x	2x			x		
	ПВЛМ, ЛСП14		65												2x							
Д-2	ППДДРЛ		63																			
	ППД, НСП18		67																			
	УПМ15, НСП22		75		x		x												x			
	НСП01, "Астра", НСП21		76						x	x	x											
	ПВЛМ, ЛСП02		75		x		x								2x	2x	2x					
	ЛСП06		70												2x	2x	2x					
Г-1	СД2ДРЛ, УПДДРЛ, РСП05, РСП08, РСП20		70																x		x	
	РСП13, РСП17		70																	x		x
	ППД2ДРЛ		63															x			x	
	РСП17, УПД		75						x						2x					x		x
	ПВЛМ, ЛСП12		65											2x			2x		x		x	
	ШОД	43	42					x	x					2x			2x					
	ЛД		70												2x		2x					
Г-2	РСП18		70															x	x	x	x	x
	ЛСП13		75												2x	2x						
Г-3	СЗДРЛ, РСП10, РСП13, РСП17		75				x		x										x	x	x	x
	РСП05, РСП08, РСП17		80				x	x											x	x	x	x

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Г-4	РСП14		77																		2х	
	РСП18		75																х	х	х	х
	ГС, ГсУ		80						х	х	х											
К-1	С35ДРЛ, РСП13		75							х									х	х	х	х
	РСП08, ГК, ГкУ, РСП05		80							х	х								х	х	х	х
К-2	РСП10, РСП18		75																х	х	х	х
К-3	РСП08		80															х	х	х		
	С, СУ		80				х		х													
	ЛСП13		75												2х	2х						

Таблица 4.15

Значения коэффициента использования (показатель освещаемого помещения) $\eta_{п}$

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

Окончание табл. 4.15

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

Таблица 4.16

Значение коэффициента отражения ρ

Материал	Условный коэффициент отражения ρ
Белая краска, белый мрамор, свежая побеленная поверхность	0,7
Светло-серый бетон, белый силикатный кирпич, очень светлые краски (бело-желтая, бледно-зеленая, бледно-розовая)	0,6
Серый бетон, известняк, желтый песчаник, светло-зеленая, бежевая, светло-серая краска, светлые породы мрамора, побеленная в сырых помещениях поверхность	0,5
Серый офактуренный бетон, серая, светло-коричневая, желтая, голубая, зеленая краска, светлое дерево	0,4
Розовый силикатный кирпич, темно-голубая, темно-бежевая, светло-коричневая краска, потемневшее дерево, грязный бетон, светлые обои	0,3
Темно-серый мрамор, гранит, темно-коричневая, синяя, темно-зеленая, красная краска	0,2
Черный гранит, мрамор, грязная поверхность (кузницы), темные обои	0,1

Таблица 4.17

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

Отделения цеха	Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
1	2	3	4	5	6
Шихтовой двор и склад формовочных материалов	6x18 6x24	12-18	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	С34ДРЛ, РСР05, С35ДРЛ, РСР14
Стержневое, формовочное и плавно-заливочное отделения, отделение первичной обработки литья	6x9 6x12 6x18 6x24 6x30	8-10 8-12 8-18 8-20	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	РСР08, РСР10, РСР12, РСР13, УПДДРЛ
Смесеподготовительное и смесеприготовительное отделение	6x9 6x12	8-10 8-12	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	С34ДРЛ, РСР05, С35ДРЛ, РСР08, РСР10, РСР13, РСР14, УПДДРЛ
Отделения выбивки, обрубки, очистки литья	6x18 6x24 6x30	8-18 8-20	ДРЛ	Г-3, Г-4	РСР10, РСР12

1	2	3	4	5	6
Отделение вторичной обработки литья	6x9 6x12 6x18 6x24 6x30	8-10 8-12 8-18 8-20	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	С34ДРЛ, РСР05, С35ДРЛ, РСР08, РСР10, РСР13, РСР14, УПДДРЛ

Таблица 4.18

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

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
6x12	6-7,2	ЛЛ	Г-2, Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02, ЛСП13
	3,2-6	ЛЛ	Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02
6x18	4,8-6	ЛЛ	Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02
	6-12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
		ДРЛ	Г-1, Г-2	РСР17, РСР18
12-14,4	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСР10, РСР17, РСР18, С34ДРЛ, С35ДРЛ	
6x24	5,4-6	ЛЛ	Д-1, Г-1	ЛД, ЛСП02
	6-12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
		ДРЛ	Г-1, Г-2	РСР17, РСР18
	12-15	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСР10, РСР17, РСР18, С34ДРЛ, С35ДРЛ
15-18	ДРЛ	К-1, К-2	РСР10, РСР17, РСР18, С34ДРЛ, С35ДРЛ	
6x30	12,6-15	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСР10, РСР17, РСР18, С34ДРЛ, С35ДРЛ
	15-18	ДРЛ	К-1, К-2	РСР10, РСР17, РСР18, С34ДРЛ, С35ДРЛ

Таблица 4.19

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

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
6x9 - 6x18	3,6-6	ЛЛ	Д-2, Г-1	ЛД, ЛСП02, ЛСП06
6x9 - 6x30	6-12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
6x9 - 6x30	6-10	ДРЛ	Г-1	УПДДРЛ, РСР05, РСР08, РСР13, СД2ДРЛ, РСР20, РСР14
6x6 - 6x30	8 и выше	ДРЛ	Г-3	РСР05, РСР08, С34ДРЛ, РСР17
			Г-3, К-2	РСР10, РСР13, С35ДРЛ, РСР18

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

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
Участки мойки, травления, покрытия				
6x6 - 6x18	6-12	ЛЛ	Д-2, Г-1	ЛСП12, ПВЛМ
6x6 - 6x18	6-12	ДРЛ	Д-2, Г-1	УПДДРЛ, РСП11
Участки шлифовки и полировки				
6x6 - 6x18	3-6	ЛЛ	Д-1	ЛСП14, ПВЛП, ПВЛ1

Расчетные задания по теме

Задача 4.1. Определить необходимую площадь световых проемов при одностороннем боковом естественном освещении помещения длиной $L_{п}$, шириной B . Стены в помещении окрашены в светло-коричневый цвет, потолок белого цвета, пол – темно-коричневый. Окна расположены под углом 90° к горизонту. Высота от рабочей поверхности до верха окна h_1 . Расстояние до здания, расположенного напротив окон P . Высота карниза здания над подоконниками окон в рассматриваемом производственном помещении H_k . Расстояние от окна до самого удаленного от него рабочего места l . Средневзвешенный коэффициент отражения света от поверхностей помещения и земли $\rho=0,3$. Светопроникающий материал – стекло оконное листовое, гладкое, двойное. Вид оконного переплета – деревянные двойные раздельные рамы. Светозащитные устройства – горизонтальные стационарные жалюзи. Несущие конструкции – железобетонные фермы.

Необходимые данные для расчета принимаются по табл. 4.21. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 4.21

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$L_{п}$, м	12,0	9	18	10	15	6	20	9	14	8
B , м	6	4,5	8	6	8	4	10	5	6	4
h_1 , м	3,2	3,0	2,7	3,4	3,6	2,8	4	2,6	2,9	3,8
P , м	12	7	16	8	10	6	11	9	15	14
H_k , м	6	5,3	6,1	5,4	6,0	5,7	5,7	5,5	5,9	6,3
l , м	5	4	7	5,5	7	3,5	9	4,5	5,5	3,5
Концентрация пыли в помещении, мг/м ³	0,5	4,3	0,9	2	8	6,4	5	4	2,4	0,8
Разряд зрительной работы	II	III	II	V	VI	IV	II	III	V	VI
Ориентация световых проемов	С	Ю	ЮЗ	З	СВ	В	С	СЗ	Ю	ЮВ
Область	Минская	Брестская	Гомельская	Витебская	Могилевская	Гродненская	Минская	Витебская	Брестская	Гомельская

Порядок расчета

1. По табл. 4.1, зная разряд зрительной работы, определить значение e .
2. Определить коэффициент светового климата m по табл. 4.2.
3. Вычислить нормированное значение e_n по формуле (4.3).
4. Определить отношение длины $L_{п}$ помещения к глубине помещения ($L_{п} / B$), отношение глубины помещения к высоте h_1 от уровня условной рабочей поверхности до верха окон (B / h_1).
5. По табл. 4.5 установить световую характеристику световых проемов η_0 .
5. Определить по табл. 4.6 значение коэффициента $K_{зд}$, учитывающего затенение окон противостоящими зданиями в зависимости от отношения расстояния P между рассматриваемым и противостоящим зданием к высоте H_k расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна.
6. Рассчитать значение τ_0 по формуле (4.4), предварительно определив значения τ_1, τ_2, τ_3 и τ_4 из табл. 4.9, 4.10, 4.11, 4.12.
7. Вычислить площадь ограждающих конструкций всего помещения (стен, пола, потолка), $S_{ст}, S_{пл}, S_{пт}$.
8. По табл. 4.16 принять коэффициенты отражения стен ($\rho_{ст}$), пола ($\rho_{пл}$), потолка ($\rho_{пт}$).
9. Рассчитать средневзвешенный коэффициент отражения стен, пола, потолка по формуле:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_{ст} \cdot S_{ст} + \rho_{пт} \cdot S_{пт} + \rho_{пл} \cdot S_{пл}}{S_{ст} + S_{пт} + S_{пл}},$$

где $S_{ст}, S_{пт}, S_{пл}$ – соответственно площади стены, потолка и пола.

10. По табл. 4.7 установить значение r_1 .
 11. По табл. 4.4 определить коэффициент запаса K_3 , учитывающий загрязнение оконных проемов.
 12. Рассчитать площадь световых проемов для одной стороны помещения по формуле (4.3). Установленные расчетом размеры световых проемов допускается изменять на $\pm 10\%$.
 13. Определить необходимое количество окон, обеспечивающих равномерное освещение площади помещения, предварительно приняв размеры окна по табл. 4.22.
- Количество окон определяется по формуле:

$$n_0 = \frac{\sum S_0}{S_0},$$

где n_0 – количество окон (фонарей), шт;
 S_0 – площадь одного окна (фонаря), m^2 ;
 $\sum S_0$ – общая площадь световых проемов.

Таблица 4.22

Габаритные размеры окон, применяемых в промышленных зданиях

Стальные окна						
Высота, мм	2100	1800	1575	1425	1275	
Ширина, мм	1555	1555	1555	1555	1555	
	1260	1260	1260	1260	1260	
	1060	1060	1060	1060	1060	
	860	860	860	860	860	
	565	565	665	665	665	
	565	565	565	565	565	
Деревянные окна						
Высота, мм	1770	1760	1170	1160	860	570
Ширина, мм	2955	2945	2955	2945	1760	1145
	2390	2360	2390	2360	1743	870
	1790	1785	1790	1785	1170	

Задача 4.2. Рассчитать общее равномерное люминесцентное освещение цеха по следующим исходным данным: размеры помещения цеха, коэффициенты отражения потолка, стен и расчетной поверхности, характеристика зрительной работы, параметры светильников. Рабочие места в цехе расположены у стен. Концентрация пыли в цехе 2 мг/м^3 .

Необходимые данные для расчета принимаются по табл. 4.23. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 4.23

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Размеры помещения, м:										
высота (H)	6	8	6	8	6	8	10	8	10	8
длина (A)	18	24	30	24	24	18	24	30	24	24
ширина (B)	12	18	6	18	12	12	18	6	18	6
Высота рабочей поверхности (H_0), м	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Коэффициент отражения:										
потолка ($\rho_{пт}$)	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7
стен ($\rho_{ст}$)	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5
расчетной поверхности (ρ_p)	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Свес светильников (h_c), м	6	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5
Характеристика зрительной работы	Пв	Шв	Пг	Шб	Шв	Шб	IVб	Шб	IVб	Шб

Порядок расчета

Расчет производится методом коэффициента использования светового потока.

1. Определить расчетную высоту подвеса светильников H_p по формуле (4.8).
2. Определить $\gamma = L/H_p$ (L рекомендуется принимать 5–6 м для производственных помещений). По этому значению выбрать классификационную кривую светильника согласно табл. 4.13.
3. Пользуясь данными табл. 4.14 выбрать светильник.
4. Определить индекс помещения i по формуле (4.7).
5. Определить по табл. 4.15 в зависимости от коэффициентов отражения светового потока от потолка $\rho_{пт}$, стен $\rho_{ст}$ и рабочей поверхности ρ_p , кривой силы света светильников КСС и индекса помещения i показатель освещаемого помещения $\eta_{п}$.
6. Определить по формуле (4.6) коэффициент использования светового потока η .
7. Определить расстояние (a) от стен до первого ряда светильников. При наличии у стен рабочих мест принимается равным $a = 1/3 L$.
8. Определить расстояние (C_1) между крайними рядами светильников, расположенными у противоположных стен по ширине цеха по формуле (4.10).
9. Определить расстояние (C_2) между крайними рядами светильников, расположенными у противоположных стен по длине цеха по формуле (4.11).
10. Определить количество рядов светильников (n_1), которые можно расположить между крайними рядами по ширине цеха по формуле (4.12).
11. Определить количество рядов светильников (n_2), которые можно расположить между крайними рядами по длине цеха по формуле (4.13).
12. Определить общее количество рядов светильников по ширине (n') по формуле (4.14).
13. Определить общее количество рядов светильников по длине (n'') по формуле (4.15).
14. Определить общее число светильников в помещении (N) по формуле (4.16).
15. Выбрать по табл. 4.4 коэффициент запаса (K_3) с учетом концентрации пыли в помещении.

16. Определить нормированную минимальную освещенность E_n по разряду выполняемых работ согласно табл. 4.1.

17. Определить световой поток $F_{л}$ по формуле (4.5).

18. По полученному результату расчета, т.е. требуемому световому потоку, выбрать ближайшую стандартную лампу (табл. 4.14) для выбранного типа светильника. При выборе ближайшей стандартной лампы по полученному в результате расчета световому потоку допускается отклонение светового потока лампы не более чем на $-10...+20\%$. Для этого выполняется проверка по формуле:

$$\Delta = \frac{F_{\text{станд}} - F_{л}}{F_{л}} \cdot 100\%$$

где $F_{\text{станд}}$ – световой поток лампы, принятый по табл. 4.5.

14. При невозможности выбора лампы с таким приближением корректируется количество светильников.

15. Определить мощность системы освещения

$$P = P_{л} \cdot N \cdot n,$$

где $P_{л}$ – мощность лампы, принятая по табл. 4.5.

5. Производственный шум

Источники, характеристика и классификация шума

В зависимости от происхождения шум подразделяется на:

механический (возникает при движении, соударении, трении деталей машин и механизмов);

аэро(гидро)динамический (возникает при движении газа, пара, жидкости в результате пульсации давления из-за турбулентного перемешивания потоков);

термический (возникает при турбулизации потока и флуктуации плотности газов при горении, а также мгновенном изменении интенсивности выделения тепла, приводящего к мгновенному повышению давления при взрыве или разряде);

взрывной (импульсный) при работе двигателей внутреннего сгорания.

При рассмотрении шума используются следующие термины и определения:

шум (звук) – упругие колебания в частотном диапазоне, воспринимаемом органом слуха человека, распространяющиеся в виде волн в газообразных средах или образующие в ограниченных областях этих сред стоячие волны;

допустимый уровень шума – такой уровень шума, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму;

звуковое давление – переменная составляющая давления воздуха или газа, возникающая в результате звуковых колебаний, Па;

максимальный уровень звука – уровень звука, соответствующий максимальному показанию измерительного прибора при визуальном отсчете, или значение уровня звука, превышаемое в течение 1% времени измерения при регистрации автоматическим устройством, дБА;

предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всей трудовой деятельности, не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, дБА;

уровень звука – выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления, скорректированного по стандартизированной

частотной характеристике «А», к стандартизованному исходному значению звукового давления, равному $2 \cdot 10^{-5}$ Па, дБА;

уровень звукового давления – выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления в определенной полосе частот к стандартизованному исходному значению звукового давления, равному $2 \cdot 10^{-5}$ Па, дБА;

эквивалентный по энергии уровень звука непостоянного шума – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение заданного интервала времени, дБА.

С физической стороны шум характеризуется частотой колебаний, звуковым давлением, интенсивностью или силой звука. При распространении звуковой волны происходит перенос энергии. Энергия, переносимая звуковой волной в единицу времени через поверхность, перпендикулярную направлению распространения волны, называется *интенсивностью звука I*.

$$I = P^2 / (\rho \cdot c),$$

где P – звуковое давление;

ρ – плотность среды распространения звука;

c – скорость звука в воздухе.

Ухо человека воспринимает слышимые звуковые колебания воздуха с частотой от 16 до 20000 Гц. Колебания с частотой ниже 16 Гц называются инфразвуковыми, а свыше 20000 Гц – ультразвуковыми. Инфразвук и ультразвук не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое действие на организм человека. Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты (рис. 5.1). Минимальное звуковое давление и минимальная интенсивность звуков, воспринимаемых слуховым аппаратом человека, определяют порог слышимости.

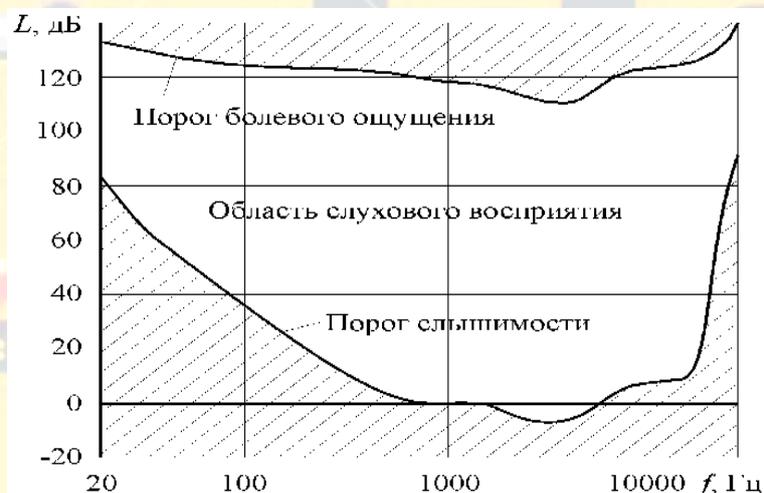


Рис. 5.1. Область слухового восприятия человека

За эталонный принят звук с частотой 1000 Гц. При этой частоте порог слышимости по интенсивности составляет $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², а соответствующее ему звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Верхняя граница воспринимаемых человеком звуков принимается за порог болевого ощущения. При частоте 1000 Гц порог болевого ощущения возникает при $I = 10$ Вт/м² и $P = 2 \cdot 10^2$ Па. Между порогом слышимости и болевым порогом лежит область слышимости.

Ухо человека реагирует не на абсолютное, а на относительное изменение интенсивности звука. По закону Вебера – Фехнера раздражающее действие шума на человека пропорционально не квадрату звукового давления, а логарифму от него. Поэтому для характеристики шума пользуются двумя логарифмическими величинами: уровнем интенсивности L_I и уровнем звукового давления L_P , выражаемыми в децибелах (дБ):

$$L_I = 10 \lg(I/I_0), \text{ дБ},$$

$$L_P = 20 \lg(P/P_0), \text{ дБ},$$

где I – интенсивность звука в данной точке, Вт/м²;

$I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте 1000 Гц;

P – среднее квадратическое значение звукового давления в определенной полосе частот, Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – исходное значение звукового давления в воздухе на частоте 1000 Гц.

1 дБ – едва заметное на слух изменение громкости, соответствующее изменению интенсивности звука на 26% или звукового давления на 12%.

Логарифмическая шкала в децибелах (0...140) позволяет определить чисто физическую характеристику шума независимо от частоты. Наибольшая чувствительность слухового аппарата человека характерна для средних и высоких частот (800...1000 Гц), наименьшая – для низких (20...100 Гц). Поэтому, чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, введено понятие скорректированного уровня звукового давления. Суть коррекции – введение зависящих от частот звука поправок к уровню соответствующей величины. Наиболее употребительна коррекция A . Скорректированный уровень звукового давления ($L_A = L_P - \Delta L_A$) называется уровнем звука и измеряется в дБА.

Весь диапазон частот разбивают на октавные полосы частот и определяют мощность процесса, приходящегося на каждую полосу. Чаще всего используют октавные ($f_2 / f_1 = 2$) и 1/3-октавные ($f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2}$) полосы частот, где f_2 и f_1 – верхняя и нижняя граничные частоты соответственно. При этом в качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота f :

$$f = \sqrt{f_1 \cdot f_2}.$$

Октавную полосу (22,4...45) Гц выражает среднегеометрическая частота 31,5 Гц; (45...90) Гц – 63 Гц; (90...180) Гц – 125 Гц; (180...355) Гц – 250 Гц и т.д. В результате сформирован стандартный ряд из 9 октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003 «Шум. Общие требования безопасности» и Санитарными нормами, правилами и гигиеническим нормативом «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (утв. постановлением Министерства здравоохранения 16.11.2011 г. № 115) шумы классифицируются:

по характеру спектра на:

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

тональный шум – шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие (превышение уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ);

по временным характеристикам на:

постоянный шум – шум, уровень звука которого за 8-часовой день (рабочую смену) или за время измерения изменяется во времени не более чем на 5 дБА;

непостоянный шум – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА.

Непостоянный шум подразделяется на:

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

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

импульсный шум – шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1с.



Воздействие шума на организм человека

Интенсивное шумовое воздействие вызывает в слуховом анализаторе изменения, составляющие специфическую реакцию организма. Процесс адаптации слуховой системы выражается во временном смещении (повышение порогов слуховой чувствительности).

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но и в первую очередь действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм можно выделить снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда и появление шумовой патологии, нарушение координации движений, шум травмоопасен.

Среди многообразных проявлений шумовой патологии ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха по типу кохлеарного неврита. Развитие хронической профессиональной тугоухости – процесс длительный и постепенный. Время протекания этого процесса различно и зависит от интенсивности, спектра, динамики изменения воздействия шума во времени, индивидуальной чувствительности к шуму, а также многих других факторов. Типичная картина акустической кривой на ранних стадиях развития процесса обычно характеризуется максимальной потерей слуха на частоте около 4000 Гц. Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ едва заметно. Только потеря слуха более чем на 20 дБ начинает серьезно мешать человеку. Субъективное ощущение понижения слуха наступает по мере прогрессирования процесса, когда снижение восприятия затрагивает область звуковых частот 500, 1000, 2000 Гц. Оно развивается медленно и постепенно увеличивается со стажем работы.

При действии интенсивного шума изменения со стороны нервной системы значительно более выражены и предшествуют развитию патологии органа слуха. У работающих преобладают жалобы на головные боли, несистематические головокружения, снижение памяти, повышенную утомляемость, нарушение сна, сердцебиения и боли в области сердца, снижение аппетита и др.

Согласно Гигиеническому нормативу «Критерий оценки комбинированного действия шума и вибрации на организм работающих» (утв. постановлением Министерства здравоохранения 12.11.2012 г. № 173) при комбинированном воздействии шума и вибрации с уровнями, превышающими предельно допустимые, в течение более 50 % времени рабочей смены вредность условий труда необходимо устанавливать на 1 степень выше относительно наибольшей степени вредности одного из факторов. Если по одному из факторов (шум или вибрация) установлен класс вредности 3.4, то при их комбинированном воздействии с уровнями, превышающими предельно допустимые, в течение более 50 % времени рабочей смены условия труда необходимо относить к опасным.

Нормирование шума

Нормируемыми параметрами постоянного шума на рабочих местах и в транспортных средствах являются:

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

уровень звука L_A (дБА).

Оценка постоянного шума на рабочих местах на соответствие предельно допустимым уровням должна проводиться как по уровням звукового давления, так и по уровню звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей квалифицируется как несоответствие санитарным нормам.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума на рабочих местах являются:

эквивалентный (по энергии) уровень звука непостоянного шума, определяемый по формуле:

$$L_{A\text{экв}} = 10 \lg \left\{ T^{-1} \int_0^T [P_A(t) / P_0]^2 dt \right\},$$

где $P_A(t)$ – текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па;

P_0 – исходное значение звукового давления (в воздухе $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па);

T – время действия шума, ч;

максимальный уровень звука (дБА) – уровень звука, соответствующий максимальному показанию шумомера при визуальном отсчете, или значение уровня звука, превышаемое в течение 1% времени измерения при регистрации автоматическим устройством.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука постоянного шума, а также эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий тяжести и напряженности труда указаны в табл. 5.1.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с разными условиями тяжести и напряженности труда, не указанные в табл. 5.1, определяются по табл. 5.2.

Для тонального и импульсного шума ПДУ принимается на 5 дБ (дБА) меньше значений, указанных в табл. 5.1 и 5.2. Для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления, ПДУ принимаются на 5 дБ (дБА) меньше значений, указанных в табл. 5.1 и 5.2.

Для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума – 125 дБА.

Пребывание людей в зонах с уровнем звука или уровнем звукового давления в любой октавной полосе свыше 135 дБА (дБ) запрещается.



Таблица 5.1

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука постоянного шума, а также эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий тяжести и напряженности труда

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, обучение и воспитание, медицинская деятельность. Рабочие места проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, для приема пациентов в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля: операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления, без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5. Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий (за исключением работ, перечисленных в пп. 1-4)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Подвижной состав железнодорожного и городского рельсового транспорта										
6. Рабочие места в кабинах машинистов тепловозов, электровозов, поездов метрополитена, дизель-поездов и автомотрис	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7. Рабочие места в кабинах машинистов поездов дальнего следования и пригородных электропоездов, в кабинах водителей и обслуживающего персонала пассажирских помещений трамваев	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
8. Помещения для персонала вагонов поездов дальнего следования, служебные помещения рефрижераторных секций, вагонов-электростанций, помещения для отдыха багажных и почтовых отделений	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
9. Служебные помещения багажных и почтовых вагонов, вагонов-ресторанов, межобластных вагонов	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Морские, речные, рыбопромысловые и другие суда										
10. Рабочая зона в помещениях машинного (энергетического) отделения судов с постоянной вахтой	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
11. Рабочие зоны в центральных постах управления судов	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
12. Рабочие зоны в служебных помещениях судов	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
13. Производственно-технологические помещения на судах рыбной промышленности	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Автобусы, троллейбусы, грузовые, легковые и специальные автомобили, а также грузопассажирские автомобили и другой автомобильный транспорт, предназначенный для перевозки пассажиров										
14. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
15. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала троллейбусов, а также грузопассажирских автомобилей и другого автомобильного транспорта, предназначенного для перевозки пассажиров	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и другие аналогичные виды машин										
16. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Пассажирские и транспортные самолеты и вертолеты										
17. Рабочие места в кабинах и салонах самолетов и вертолетов	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума на рабочих мест с разными условиями тяжести и напряженности труда, не указанных в таблице 5.1

Классы условий по напряженности труда	Уровни звука и эквивалентные по энергии уровни звука на рабочих местах для разных условий тяжести труда, дБА
Класс условий по тяжести труда – оптимальные и допустимые	
Оптимальные, допустимые	80
Вредные 1 степени	65
Вредные 2 степени	50
Класс условий по тяжести труда – вредные 1 степени	
Оптимальные, допустимые	75
Вредные 1 степени	65
Класс условий по тяжести труда – вредные 2 степени	
Оптимальные, допустимые	75

Способы и средства защиты от шума

Мероприятия по борьбе с шумом могут быть техническими, архитектурно-планировочными, организационными и медико-профилактическими. Технические средства борьбы с шумом ведутся по трем основным направлениям – устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике образования за счет конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий; снижение шума на пути его распространения от источника к рабочим местам; непосредственная защита работающих.

Снижение шума в источнике его возникновения. Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные. Однако этот путь борьбы с шумом не всегда возможен, поэтому большое значение имеет снижение его в источнике. Этого можно добиться усовершенствованием конструкции или схемы установки, производящей шум, изменением режима ее работы, использованием в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами, оборудованием на источнике шума звукоизолирующих устройств или ограждений.

Методы снижения шума на пути его распространения. Снижение шума на пути его распространения от источника в значительной степени достигается проведением строительно-акустических мероприятий, требования к которым содержатся в ТКП 45-2.04-154-2009 «Защита от шума» и реализуются применением: кожухов, экранов, кабин наблюдения (при дистанционном управлении), звукоизолирующих перегородок между помещениями, звукопоглощающих облицовок, глушителей шума.

При **звукоизоляции** большая часть звуковой энергии отражается от преграды, часть энергии поглощается самой преградой и лишь незначительная ее часть проникает за ограждение. В качестве звукоизолирующих преград используются акустические экраны, кожухи, кабины. Значительный эффект снижения шума оборудования дает применение *акустических экранов*, отгораживающих шумный механизм или источник шума от рабочего места или зоны обслуживания. Действие акустического экрана основано на отражении звуковых волн и образовании за экраном области звуковой тени. Эффект экранной защиты проявляется наиболее заметно в области высоких и средних частот и менее эффективен в области низких частот из-за значительной дифракции длинных волн, которые соизмеримы или больше линейных размеров экрана. *Звукоизолирующие кожухи* из листового металла с внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом могут снижать шум на 20-30 дБ. В качестве материала для изготовления обшивки кожуха могут быть использованы сталь, алюминиевые сплавы, фанера, ДСП, стеклопластик. Звукоизолирующая способность кожуха определяется физическими параметрами материалов и конструктивными размерами его элементов. *Звукозащитные кабины* устанавливаются на автоматизированных линиях у постов управления там, где возможно на

длительный срок изолировать человека от источника шума. Изготавливают кабины из стали, из ДСП и т.д. Окна с двойными стеклами по всему периметру заделываются резиновой прокладкой, двери выполняются двойными с резиновыми прокладками по периметру.

Звукопоглощение заключается в использовании шумопоглощающих конструкций или материалов, которыми облицовывают потолки и стены помещений. Процесс поглощения звука в материале происходит за счет перехода звуковой энергии в тепловую в результате вязкого трения воздуха в порах материала. Звукопоглощающие материалы по своей структуре являются пористыми (пенопласт, поролон, технический войлок, минеральная вата, керамзит, гипсовые плиты и др.). Применение звукопоглощающих облицовок для отделки потолка и стен шумных помещений приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что даже при относительно небольшом снижении уровня существенно улучшает условия труда (величина снижения уровня шума в зоне отраженного звука достигает 8–10 дБ в области низких и 10–12 дБ в области высоких частот).

Глушители шума – эффективные средства борьбы с шумом, возникающим при заборе воздуха и выбросе отработанных газов в вентиляторах, воздуховодах, пневмоинструменте, газотурбинных, дизельных, компрессорных установках. По принципу действия глушители шума делятся на глушители *активного (диссипативного)* типа и *реактивного (отражающего)* типа. В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем материале, размещенном во внутренних полостях. В глушителях реактивного типа шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой и с объемом воздуховода с помощью труб, щелей и отверстий. Шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн. Камеры могут быть внутри облицованы звукопоглощающим материалом; тогда в низкочастотной области они работают как отражатели, а в высокочастотной – как поглотители звука. Глушители, в которых существенно и поглощение, и отражение, называют комбинированными. В последние годы получил распространение новый вид активных глушителей шума из пористых материалов (поролон, пенопласт, высокопористые металлы и керамика). Уменьшение уровня звуковой мощности в этих глушителях обусловлено большими потерями на трение в порах материала при прохождении через него воздуха. Снижение уровня звуковой мощности в таких глушителях составляет от 15 дБ на низких и средних частотах до 25 – 30 дБ на высоких.

Средства индивидуальной защиты в зависимости от конструктивного исполнения делятся на наушники, вкладыши, шлемы и каски, костюмы. Наушники закрывают ушную раковину снаружи. Вкладыши перекрывают наружный слуховой проход или прилегают к нему. Шлемы и каски закрывают часть головы и ушную раковину. Противошумные костюмы закрывают тело человека и голову (или ее часть). *Вкладыши* изготавливаются из мягких эластичных материалов – резины, пластмасс, различного волокна. Эффективность вкладышей составляет 7 - 15 дБ. *Наушники* обладают большей эффективностью, чем вкладыши, в области средних и высоких частот (30 - 40 дБ). *Шлемы* закрывают большую часть головы и защищают ее не только от шума, но и от ушибов, холода и др. Шлемы применяют для защиты от особо интенсивного шума, когда он воспринимается не только органом слуха, но и проникает в организм вследствие костной проводимости через кости черепа.

Важнейшее значение имеет проведение предварительных и периодических *медицинских осмотров*.

Оценка эффективности мероприятий по снижению шума

Оценка социально-экономической эффективности мероприятий по снижению шума связана со степенью акустической безопасности труда, которая характеризуется вероятностью отсутствия повреждения слуха.

Социальный ущерб от производственного шума определяется числом рабочих, получивших повреждение слуха, а социальная эффективность мероприятий по снижению шума – их оздоровительным эффектом, т.е. уменьшением заболеваемости. Вероятность *P* повреждения слуха в зависимости от эквивалентного уровня звука и продолжительности его

действия на человека приведена в табл. 5.3. При общем числе D работающих в данных производственных условиях число рабочих с поврежденным слухом будет $P \cdot D$.

Социальная эффективность мероприятий по снижению шума, %

$$C = (1 - P_2 \cdot D_2 / (P_1 \cdot D_1)) \cdot 100,$$

где D_1 и D_2 – число работающих;

P_1 и P_2 – вероятность повреждения слуха (табл. 5.3) соответственно до и после изменения интенсивности и продолжительности действия шума.

Таблица 5.3

Вероятность P повреждения слуха					
Эквивалентный уровень звука L_A , дБА	Продолжительность работы t , лет				
	5	10	15	20	25
85	0,01	0,03	0,05	0,06	0,07
90	0,04	0,1	0,14	0,16	0,16
95	0,07	0,17	0,24	0,28	0,29
100	0,12	0,29	0,37	0,42	0,43
105	0,18	0,48	0,53	0,58	0,60
110	0,26	0,55	0,71	0,78	0,78
115	0,36	0,71	0,83	0,87	0,84

Положительному социальному эффекту отвечают значения $C > 0$.

Экономический ущерб вследствие неблагоприятного действия производственного шума характеризуется увеличением затрат труда на производство единицы продукции, обусловленных ростом числа дней временной нетрудоспособности, частичной утратой общей трудоспособности, повышенным утомлением здоровых рабочих, а в некоторых случаях и более ранним выходом на пенсию и дополнительным отпуском.

Полные трудовые потери вследствие профессионально обусловленной заболеваемости составляют:

$$\Delta T_1 = 0,16 (L_A - 85), \%$$

При эквивалентном уровне звука на рабочем месте $L_A < 85$ дБА повышенная заболеваемость рабочих вследствие производственного шума не наблюдается.

Полные трудовые потери вследствие повреждения слуха, вызывающего частичную стойкую утрату общей трудоспособности, и повышенного утомления здоровых рабочих через t_0 лет при действии шума с эквивалентным уровнем звука L_A в течение t лет составит

$$\Delta T_2 = 2 \cdot \left(\Delta T_1 + \frac{t_0 - t}{t} \Delta T_2 \right), \%$$

где $\Delta T_1 = 7,5 \cdot 3^{1/\alpha} \beta^{-1}$ – средняя степень утраты общей трудоспособности вследствие повреждения слуха и повышенного утомления здоровых рабочих, отнесенная ко всем рабочим, через t лет работы в условиях шума;

$\Delta T_2 = 7,5 \cdot 3^{1/\alpha} \beta^{-1} \{1 - [1 - P(t)]^\beta\}$ – средняя степень утраты трудоспособности всех рабочих вследствие повреждения слуха у части из них.

$$\alpha = \lg[1 - P(10)]^{-1} \cdot \lg[1 - P(t)] - 1,$$

$$\beta = 1 + 0,477 / \lg[1 - P(10)],$$

где $P(t)$ и $P(10)$ – вероятность повреждения слуха при заданном эквивалентном уровне звука соответственно через t и 10 лет работы.

Полные трудовые потери вследствие профессионально обусловленной заболеваемости, повреждения слуха и повышенной утомляемости здоровых рабочих

$$\Delta\Pi = \Delta\Pi_1 + \Delta\Pi_2.$$

Ежегодный экономический ущерб в руб./год от вредного воздействия производственного шума через t_0 лет может быть вычислен по формуле:

$$y = \frac{1,5 \cdot \bar{З} \cdot D}{100} \Delta\Pi,$$

где $\bar{З}$ – среднегодовая заработная плата рабочего, руб.;

D – число рабочих, подвергающихся действию шума.

При оценке экономической эффективности применения средств защиты от шума наибольший интерес представляет определение годового экономического эффекта, усредненного за нормативный срок окупаемости капитальных вложений, руб./год

$$\bar{\Xi} = \frac{1,5\bar{З} \cdot D}{100} \cdot (\Delta\bar{\Pi}_1 - \Delta\bar{\Pi}_2) - (KN + C_s),$$

где $\Delta\bar{\Pi}_1$ и $\Delta\bar{\Pi}_2$ – ежегодные полные трудовые потери, %, усредненные за нормативный срок окупаемости, при работе в условиях шума с эквивалентными уровнями звука на рабочих местах до и после применения средств защиты от шума;

$\bar{З}$ – средняя за нормативный срок окупаемости годовая заработная плата рабочего, руб.;

K – капитальные вложения в средства защиты от шума, руб.;

N – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, год;

C_s – среднегодовые эксплуатационные расходы на средства защиты от шума, руб.

Средняя годовая заработная плата приближенно равна

$$\bar{З} = \bar{З}_0 (1 + \alpha \cdot N/200),$$

где $\bar{З}_0$ – среднегодовая заработная плата рабочего в первый год после снижения шума, руб./год;

α – темпы роста заработной платы (производительности труда), %.

Стоимость средств защиты от шума и их эксплуатации, как правило, мало влияет на значение экономического эффекта.

Расчетные задания по теме

Задача 5.1. Определить суммарный уровень шума в производственном помещении при работе пяти станках по данным табл. 5.4. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 5.4

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Уровень шума станков (L), дБА										
первого	89	90	88	93	87	91	86	86	84	92
второго	86	87	86	88	85	89	85	84	81	90
третьего	81	84	80	82	80	85	81	80	79	85
четвертого	79	78	75	77	75	80	76	77	76	81
пятого	76	76	73	74	74	77	73	75	71	78

Порядок расчета

1. Определить разность уровней шума первого и второго станков

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

2. Определить добавку ΔL_{1-2} к большему уровню шума по найденной выше разнице (см. табл. 5.5).

Таблица 5.5

Добавки для энергетического суммирования уровней шума

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

3. Определить суммарный уровень шума первого и второго станков

$$L_{\text{сум1-2}} = L_1 + \Delta L_{1-2}.$$

4. Определить разность уровней суммарного шума первого и второго станка $L_{\text{сум1-2}}$ и третьего станка L_3 и добавку ΔL_{1-2-3} .

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

Задача 5.2. Определить эквивалентный уровень непостоянного (прерывистого) шума по данным табл. 5.6. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 5.6

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Уровень звука по ступеням L_{AI} , дБА:									
I ступень	92	90	90	87	84	90	89	95	91	88
II ступень	88	85	84	81	80	83	84	87	83	83
III ступень	83	80	79	77	75	77	79	78	75	77
	Продолжительность действия шума на ступенях, мин:									
I ступень	40	30	45	120	150	160	180	20	60	90
II ступень	170	160	375	150	150	120	150	250	320	120
III ступень	270	290	60	210	180	200	150	210	100	270

Порядок расчета

1. Определить поправки ΔL_{AI} к значениям уровней звука L_{AI} в зависимости от продолжительности воздействия шума в соответствии с табл. 5.7.

Поправки к уровням звука в зависимости от времени воздействия шума

Продолжительность воздействия прерывистого шума, мин	480	420	360	300	240	180	120	60	30	15	6
Поправка ΔL_{AI} , дБА	0	0,6	1,2	2,0	3,0	4,2	6,0	9,0	12,0	15,1	19,0

2. Вычислить разность $L_{AI} - \Delta L_{AI}$, т.е. уровень звука с учетом поправки для каждой ступени шума. Полученные разности энергетически суммировать, для чего:

- вычислить разность 2-х наиболее высоких складываемых уровней звука;
- определить добавку к более высокому уровню в соответствии с табл. 5.6;
- прибавить добавку к более высокому уровню;
- затем аналогичные действия произвести с полученной суммой и третьим уровнем, потом – с полученной суммой и четвертым уровнем и т.д.

3. После определения значения эквивалентного уровня звука непостоянного шума необходимо сравнить его с допустимым эквивалентным уровнем звука на постоянном рабочем месте, равным 80 дБА, и при превышении данной величины указать защитные средства по снижению воздействия шума на работающих.

Пример расчета.

Определить эквивалентный уровень непостоянного (прерывистого) шума по данным, приведенным в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Исходные данные для расчета

Ступень	Уровень звука по ступеням, L_{AI} , дБ	Продолжительность ступени, мин
I	90	240
II	88	150
III	85	90

1. Определяем поправки ΔL_{AI} (табл. 5.7):

- для I ступени шума $\Delta L_{AI} = 3,0$ дБА;
- для II ступени шума $\Delta L_{AI} = 5,1$ дБА;
- для III ступени шума $\Delta L_{AI} = 7,5$ дБА.

2. Определяем разности $L_{AI} - \Delta L_{AI}$, т.е. уровни звука с учетом поправки:

- для I ступени шума $L_{AI} - \Delta L_{AI} = 90 - 3 = 87,0$ дБА;
- для II ступени шума $L_{AI} - \Delta L_{AI} = 88 - 5,1 = 82,9$ дБА;
- для III ступени шума $L_{AI} - \Delta L_{AI} = 85 - 7,5 = 77,5$ дБА.

3. Разность двух наиболее высоких уровней шума (для I и II ступеней):

$$87,0 - 82,9 = 4,1 \text{ дБА.}$$

Добавка к наиболее высокому уровню 1,5 дБА (табл. 5.5).

4. Суммарный уровень шума для I и II ступеней:

$$87,0 + 1,5 = 88,5 \text{ дБА.}$$

5. Разность суммарного уровня шума на I и II ступенях и уровня шума III ступени:

$$88,5 - 77,5 = 11 \text{ дБА. Добавка} - 0,4 \text{ дБА.}$$

6. Эквивалентный уровень непостоянного шума:

$$88,5 + 0,4 = 88,9, \text{ т.е. } 89 \text{ дБА.}$$

6. Производственная вибрация

Источники, характеристика и классификация вибрации

Вибрация – механические колебания и волны в твердых телах. Вибрация приводит тело или его части в колебательное движение с периодически противоположно направленными смещениями относительно положения равновесия, сопровождающееся затратой на эти перемещения механической энергии, получаемой от источника колебаний в зоне контакта тела с вибрирующей поверхностью.

По *направлению действия* вибрация подразделяется на:

общую, действующую вдоль осей ортогональной системы координат X_0 , Y_0 , Z_0 , где X_0 (от спины к груди) и Y_0 (от правого плеча к левому) – горизонтальные оси, направленные параллельно опорным поверхностям; Z_0 – вертикальная ось, перпендикулярная опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом;

локальную, действующую вдоль осей ортогональной системы координат $X_{л}$, $Y_{л}$, $Z_{л}$, где ось $X_{л}$ совпадает или параллельна оси места охвата источника вибрации (рукоятки, рулевого колеса, рычага управления, удерживаемого в руках обрабатываемого изделия), ось $Z_{л}$ совпадает с местом направления подачи или приложения силы нажатия, а ось $Y_{л}$ перпендикулярна первым двум направлениям.

Общая вибрация в зависимости от источника её возникновения подразделяется на:

общую вибрацию 1 категории – *транспортную вибрацию*, воздействующую на человека на рабочих местах самоходных машин, машин с прицепами и навесными приспособлениями, транспортных средств при движении по местности и дорогам. К источникам транспортной вибрации относятся: тракторы промышленные, грузовые автомобили, подъемное и другое подвижное погрузочно-разгрузочное оборудование;

общую вибрацию 2 категории – *транспортно-технологическую вибрацию*, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок. К источникам транспортно-технологической вибрации относятся: краны промышленные, напольный производственный транспорт, легковые автомобили и автобусы и др.;

общую вибрацию 3 категории – *технологическую вибрацию*, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относятся: кузнечно-прессовое оборудование, вентиляторы, промышленное оборудование.

Общую вибрацию 3 категории по месту действия подразделяют на типы:

3а – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

3б – на рабочих местах на складах, бытовых, дежурных и других производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;

3в – на рабочих местах в помещениях конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров и других помещениях для работников интеллектуального труда.

Локальная вибрация в зависимости от источника возникновения подразделяется на передающуюся от: ручных машин с двигателем или ручного механизированного инструмента;

органов управления автомобилей, автобусов и троллейбусов; органов управления машин и оборудования; ручных инструментов без двигателей и обрабатываемых деталей.

По *характеру спектра* вибрация подразделяется на:

узкополосную вибрацию, для которой уровень контролируемого параметра в одной третьоктавной полосе частот более чем на 15 дБ превышает уровень в соседних третьоктавных полосах;

широкополосную вибрацию с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

По *частотному составу* вибрация подразделяется на:

низкочастотную вибрацию (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1-4 Гц – для общей вибрации, 8-16 Гц – для локальной вибрации);

среднечастотную вибрацию (8-16 Гц – для общей вибрации, 31,5-63 Гц – для локальной вибрации);

высокочастотную вибрацию (31,5-63 Гц – для общей вибрации, 125-1000 Гц – для локальной вибрации).

По *временным характеристикам* вибрация подразделяется на:

постоянную вибрацию, для которой величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (6 дБ) за время наблюдения при измерении с постоянной времени 1 с;

непостоянную вибрацию, для которой величина нормируемых параметров изменяется более чем в 2 раза (6 дБ) за время наблюдения при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:

колеблющуюся во времени, для которой величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

прерывистую, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с;

импульсную вибрацию, состоящую из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с при частоте их следования менее 5,6 Гц.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются: частота (f , Гц), амплитуда (A , м), виброскорость (v , м/с) и виброускорение (a , м/с²), находящиеся в следующей зависимости:

$$v = 2\pi fA, \text{ м/с};$$

$$a = (2\pi f)^2 \cdot A, \text{ м/с}^2.$$

Вибрация может оцениваться также логарифмическими уровнями виброскорости L_v и виброускорения L_a , дБ.

Среднегеометрическая частота – квадратный корень из произведения граничных частот полосы.

Третьоктавная полоса частот – полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней равно $2^{1/3}$.

Октавная полоса частот – полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней равно 2.

Логарифмические уровни виброускорения L_{ai} и виброскорости L_{vi} , дБ, дБ, в i -й октавной или третьоктавной полосе – уровни, непосредственно измеряемые в октавных или третьоктавных полосах частот или определяемые по формулам:

$$L_{ai} = 20\lg(a_i/a_0), \quad L_{vi} = 20\lg(v_i/v_0),$$

где a_i – средние квадратические значения виброускорения в октавных или третьоктавных полосах частот, м/с²; a_0 – исходное значение виброускорения; $a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$ м/с²;

v_i – средние квадратические значения виброскорости в октавных или третьоктавных полосах частот, м/с; v_0 – исходное значение виброскорости; $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Корректированный по частоте уровень параметра вибрации L_w , дБ, – одночисловая характеристика вибрации, измеряемая с применением виброметров с корректирующими

фильтрами или определяемая как результат энергетического суммирования уровней вибрации в октавных (третьоктавных) полосах с учетом октавных (третьоктавных) весовых коэффициентов (поправок) по формуле:

$$L_W = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{Wi} + \Delta L_{Wi})},$$

где L_W – скорректированный по частоте уровень параметра вибрации, дБ;

L_{Wi} – октавные (третьоктавные) уровни параметра вибрации, дБ;

ΔL_{Wi} – октавные (третьоктавные) весовые поправки, дБ;

i – порядковый номер октавной (третьоктавной) полосы;

n – число октавных (третьоктавных) полос.

Эквивалентный по энергии скорректированный по частоте уровень параметра непостоянной вибрации $L_{W_{ЭКВ}}$, дБ, – это скорректированный уровень параметра постоянной вибрации, которая имеет такое же среднее квадратическое скорректированное значение параметра, что и данная непостоянная вибрация, в течение определенного интервала времени (время наблюдения). Эквивалентный скорректированный уровень $L_{W_{ЭКВ}}$ измеряется с применением интегрирующих виброметров или рассчитывается на основании эквивалентных уровней $L_{W_{ЭКВ}i}$, измеренных в октавных (третьоктавных) полосах частот, по формуле:

$$L_{W_{ЭКВ}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{W_{ЭКВ}i} + \Delta L_{Wi})},$$

где $L_{W_{ЭКВ}}$ – эквивалентный по энергии скорректированный по частоте уровень параметра непостоянной вибрации, дБ;

$L_{W_{ЭКВ}i}$ – октавные (третьоктавные) эквивалентные уровни параметра вибрации, дБ.

Эквивалентный по энергии скорректированный по частоте уровень параметра непостоянной вибрации за время оценки $L_{W_{ЭКВ}T}$, дБ, – это скорректированный уровень параметра вибрации с учетом времени воздействия вибрации в течение рабочей смены, определяемый по формуле:

$$L_{W_{ЭКВ}T} = 10 \lg \left[(1/T) \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{W_{ЭКВ}i}} \cdot t_i \right],$$

где $L_{W_{ЭКВ}T}$ – эквивалентный скорректированный по частоте уровень параметра непостоянной вибрации за время оценки (восьмичасовая рабочая смена), дБ;

$L_{W_{ЭКВ}i}$ – эквивалентный скорректированный по частоте уровень параметра вибрации за время t_i , дБ;

t_i – время воздействия вибрации с уровнем $L_{W_{ЭКВ}i}$, ч;

n – общее число интервалов действия вибрации за смену;

$T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$ – суммарное время действия вибрации за смену.

Воздействие вибрации на организм человека

Вибрация относится к факторам, обладающим значительной биологической активностью. Характер, глубина и направленность функциональных сдвигов со стороны различных систем организма определяются уровнями, спектральным составом и продолжительностью вибрационного воздействия. Степень распространения колебаний по телу зависит от их частоты и амплитуды, площади участков тела, соприкасающихся с вибрирующим объектом, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явления резонанса и других условий. При низких частотах вибрация распространяется по телу с весьма малым затуханием, охватывая колебательным движением все туловище и голову.

Резонанс человеческого тела в биодинамике определяется как явление, при котором анатомические структуры, органы и системы под действием внешних вибрационных сил, приложенных к телу, получают колебания большей амплитуды. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20 и 30 Гц, при горизонтальных – 1,5-2 Гц. Для внутренних органов резонансными являются частоты 3-3,5 Гц, для всего тела в положении сидя – на частотах 4-6 Гц.

Длительное влияние вибрации, сочетающееся с комплексом неблагоприятных производственных факторов, может приводить к стойким патологическим нарушениям в организме работников, развитию *вибрационной болезни*.

Наибольшее распространение имеет вибрационная болезнь, обусловленная воздействием локальной вибрации. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, которые начинаются с концевых фаланг пальцев и распространяются на всю кисть, предплечье, захватывают сосуды сердца. Вследствие этого происходит ухудшение снабжения конечностей кровью. Одновременно наблюдается воздействие вибрации на нервные окончания, мышечные и костные ткани, выражающееся в нарушении чувствительности кожи, окостенении сухожилий мышц и отложениях солей в суставах кистей рук и пальцев, что приводит к болям, деформациям и уменьшению подвижности суставов. При локальной вибрации наблюдаются нарушения деятельности центральной нервной системы, как и при общей вибрации.

Сосудистые расстройства являются одним из основных симптомов вибрационной болезни. Чаще всего, они заключаются в нарушении периферического кровообращения, изменении тонуса капилляров. Больные жалуются на внезапно возникающие приступы побеления пальцев, которые чаще появляются при мытье рук холодной водой или при общем охлаждении организма. В развитии вибрационной болезни, вызванной воздействием локальной вибрации, различают 3 степени ее развития (I – начальные проявления; II – умеренно выраженные; III – выраженные).

Вибрационная болезнь, вызванная воздействием общей вибрации и толчками, наблюдается у водителей транспорта и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов. Одним из основных ее синдромов является вестибулопатия (головокружение, головные боли и т. д.). Нередко возникают дисфункции пищеварительных желез, нарушения моторной и секреторной функций желудка. Типичны изменения в позвоночнике, являющиеся причиной нарушения трудоспособности. Систематическое воздействие общих вибраций может быть причиной вибрационной болезни – стойких нарушений физиологических функций организма, обусловленных преимущественно воздействием вибраций на центральную нервную систему. Эти нарушения проявляются в виде головных болей, головокружений, плохого сна, пониженной работоспособности, плохого самочувствия, нарушений сердечной деятельности.

К сопутствующим факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибрации на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, шум высокой интенсивности, неблагоприятные микроклиматические условия.

Нормирование вибрации

В соответствии с Санитарными нормами и правилами «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий» (утв. постановлением Министерства здравоохранения 26.12.2013 г. № 132, с дополнениями, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15 апреля 2016 г. № 57) *гигиеническая оценка* постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, производится следующими методами:

частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;

интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;

интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному по энергии скорректированному по частоте уровню нормируемого параметра.

Основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на человека, является частотный анализ.

Нормируемый диапазон частот измерения вибрации устанавливается:

для общей производственной вибрации – в октавных (широкополосная вибрация) или третьоктавных (узкополосная вибрация) полосах со среднегеометрическими частотами 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц;

для локальной производственной вибрации – в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

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

Нормируемыми параметрами непостоянной производственной вибрации являются эквивалентные по энергии скорректированные по частоте значения виброускорения или их логарифмические уровни.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров общей производственной вибрации на рабочих местах устанавливаются согласно Гигиеническому нормативу «Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров при работах с источниками производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий» (утв. постановлением Министерства здравоохранения 26.12.2013 г. № 132, с дополнениями, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15 апреля 2016 г. № 57) и приведены в табл. 6.1 - 6.4, а локальной производственной вибрации – в табл. 6.5 (при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч)).

Таблица 6.1

Предельно допустимые значения виброускорения общей вибрации
1 категории – транспортной

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения виброускорения							
	м/с ²				дБ			
	1/3 октава		1/1 октава		1/3 октава		1/1 октава	
	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,8	0,71	0,224			67	57		
1,0	0,63	0,224	1,12	0,40	66	57	71	62
1,25	0,56	0,224			65	57		
1,6	0,50	0,224			64	57		
2,0	0,45	0,224	0,80	0,40	63	57	68	62
2,5	0,40	0,280			62	59		
3,15	0,355	0,355			61	61		
4,0	0,315	0,450	0,56	0,80	60	63	65	68
5,0	0,315	0,560			60	65		
6,3	0,315	0,710			60	67		
8,0	0,315	0,900	0,56	1,60	60	69	65	74
10,0	0,40	1,12			62	71		
12,5	0,50	1,40			64	73		
16,0	0,63	1,80	1,12	3,15	66	75	71	80

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20,0	0,80	2,24			68	77		
25,0	1,00	2,80			70	79		
31,5	1,25	3,55	2,24	6,30	72	81	77	86
40,0	1,60	4,50			74	83		
50,0	2,00	5,60	4,50	12,50	76	85	83	92
63,0	2,50	7,10			78	87		
80,0	3,15	9,00			80	89		
Корректированные и эквивалентные корректированные уровни, и их абсолютные значения	–	–	0,56	0,40	–	–	65	62

Таблица 6.2

Предельно допустимые значения виброскорости общей вибрации
1 категории – транспортной

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения виброскорости							
	м/с·10 ⁻²				дБ			
	1/3 октава		1/1 октава		1/3 октава		1/1 октава	
	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀
0,8	14,0	4,5			129	119		
1,0	10,0	3,5	20,0	6,3	126	117	132	122
1,25	7,1	2,8			123	115		
1,6	5,0	2,2			120	113		
2,0	3,5	1,8	7,1	3,5	117	111	123	117
2,5	2,5	1,8			114	111		
3,15	1,8	1,8			111	111		
4,0	1,25	1,8	2,5	3,2	108	111	114	116
5,0	1,0	1,8			106	111		
6,3	0,8	1,8			104	111		
8,0	0,63	1,8	1,3	3,2	102	111	108	116
10,0	0,63	1,8			102	111		
12,5	0,63	1,8			102	111		
16,0	0,63	1,8	1,1	3,2	102	111	107	116
20,0	0,63	1,8			102	111		
25,0	0,63	1,8			102	111		
31,5	0,63	1,8	1,1	3,2	102	111	107	116
40,0	0,63	1,8			102	111		
50,0	0,63	1,8			102	111		
63,0	0,63	1,8	1,1	3,2	102	111	107	116
80,0	0,63	1,8			102	111		

Таблица 6.3

Предельно допустимые значения нормируемых параметров общей
вибрации 2 категории – транспортно-технологической

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_0, Y_0, Z_0							
	виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		м/с·10 ⁻²		дБ	
	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,6	0,25		58		2,50		114	
2,0	0,224	0,40	57	62	1,80	3,50	111	117
2,5	0,20		56		1,25		108	
3,15	0,18		55		0,90		105	
4,0	0,16	0,28	54	59	0,63	1,30	102	108
5,0	0,16		54		0,50		100	
6,3	0,16		54		0,40		98	
8,0	0,16	0,28	54	59	0,32	0,63	96	102
10,0	0,20		56		0,32		96	
12,5	0,25		58		0,32		96	
16,0	0,315	0,56	60	65	0,32	0,56	96	101
20,0	0,40		62		0,32		96	
25,0	0,50		64		0,32		96	
31,5	0,63	1,12	66	71	0,32	0,56	96	101
40,0	0,80		68		0,32		96	
50,0	1,00		70		0,32		96	
63,0	1,25	2,25	72	77	0,32	0,56	96	101
80,0	1,60		74		0,32		96	
Корректированные и эквивалентные корректированные уровни и их абсолютные значения	–	0,28	–	59	–	–	–	–

Таблица 6.4

Предельно допустимые значения нормируемых параметров общей
вибрации 3 категории – технологической типа «а»

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_0, Y_0, Z_0							
	виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		м/с·10 ⁻²		дБ	
	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,6	0,090		49		0,90		105	
2,0	0,080	0,14	48	53	0,63	1,30	102	108
2,5	0,071		47		0,45		99	
3,15	0,063		46		0,32		96	
4,0	0,056	0,10	45	50	0,22	0,45	93	99
5,0	0,056		45		0,18		91	
6,3	0,056		45		0,14		87	
8,0	0,056	0,10	45	50	0,11	0,22	87	93
10,0	0,071		47		0,11		87	
12,5	0,090		49		0,11		87	
16,0	0,112	0,20	51	56	0,11	0,20	87	92

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20,0	0,140		53		0,11		87	
25,0	0,180		55		0,11		87	
31,5	0,224	0,40	57	62	0,11	0,20	87	92
40,0	0,280		59		0,11		87	
50,0	0,355		61		0,11		87	
63,0	0,450	0,80	63	68	0,11	0,20	87	92
80,0	0,560		65		0,11		87	
Корректированные и эквивалентные корректированные уровни и их абсолютные значения	–	0,10	–	50	–	–	–	–

Таблица 6.5

Предельно допустимые значения нормируемых параметров локальной производственной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_0, Y_0, Z_0			
	виброускорение		Виброскорость	
	м/с ²	дБ	м/с·10 ⁻²	дБ
8	1,4	73	2,8	115
16	1,4	73	1,4	109
31,5	2,7	79	1,4	109
63	5,4	85	1,4	109
125	10,7	91	1,4	109
250	21,3	97	1,4	109
500	42,5	103	1,4	109
1000	85,0	109	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные уровни и их абсолютные значения	2,0	76	–	–

Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими нормативные значения более чем на 12 дБ (в 4 раза), не допускается.

Нормируемыми параметрами импульсной локальной вибрации являются пиковый уровень виброускорения и соответствующее ему допустимое количество вибрационных импульсов за рабочую смену и 1 ч работы. Допустимое количество вибрационных импульсов в зависимости от пиковых уровней виброускорения устанавливается согласно табл. 6.6.

Таблица 6.6

Допустимое количество вибрационных импульсов в зависимости от пиковых уровней виброускорения

Диапазон длительности импульсов, мс	Пиковые уровни виброускорения, дБ							
	120	125	130	135	140	145	150	155
	Допустимое количество вибрационных импульсов							
1-30	16000*	150000	50000	16000	5000	1600	500	160
	20000**	18750	6250	2000	625	200	62	20
31-1000	16000*	50000	16000	5000	1600	500	160	50
	20000**	6250	2000	625	200	62	20	6

* Величины соответствуют максимально возможному количеству импульсов за восьмичасовую рабочую смену при частоте следования вибрационных импульсов 5,6 Гц.

** Величины соответствуют допустимому количеству вибрационных импульсов за 1 ч.

Контроль вибрации на рабочих местах производится: при аттестации рабочих мест; периодически; по указанию санитарных служб. Контроль вибрации проводится в типовых условиях эксплуатации в точках, для которых определены санитарные и технические нормы в направлениях координатных осей, установленных стандартом. Периодичность контроля локальной вибрации должна быть не реже 2 раз в год, общей – не реже раза в год

Методы обеспечения вибробезопасных условий труда

В соответствии с ГОСТ 12.4.046 «Вибрация. Методы и средства защиты» методы вибрационной защиты разделены на снижающие параметры вибраций воздействием на источник возбуждения и снижающие параметры вибраций на путях ее распространения от источника. Последние методы включают отстройку от режима резонанса, вибродемпфирование и динамическое гашение колебаний, виброизоляцию, снижение вредного воздействия вибраций на работников путем соответствующей организации труда, а также применением средств индивидуальной защиты и лечебно-профилактических мероприятий.

Борьба с вибрацией воздействием на источник возбуждения. При конструировании машин и проектировании технологических процессов предпочтение должно отдаваться кинематическим и технологическим схемам, при которых динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и т. п., были бы исключены или предельно снижены.

Отстройка от режима резонанса. При работе технологического оборудования вибрацию устраняют двумя путями: либо изменением характеристик системы (массы или жесткости), либо установлением нового рабочего режима.

Вибродемпфирование. Это процесс уменьшения уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний данной колеблющейся системы в тепловую энергию. Для увеличения потерь энергии в системе используются конструкционные материалы с большим внутренним трением, нанесение на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение.

Динамическое гашение вибрации. Чаще всего виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаменты. Массу фундамента подбирают таким образом, чтобы амплитуда колебаний подошвы фундамента в любом случае не превышала 0,1-0,2 дмм, а для особо ответственных сооружений – 0,005 мм. Для небольших объектов между основанием и агрегатом устанавливают массивную опорную плиту. Одним из способов увеличения реактивного сопротивления колебательных систем является установка динамических виброгасителей.

Виброизоляция. Этот способ защиты заключается в уменьшении передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту с помощью устройств, помещаемых между ними. Для виброизоляции стационарных машин с вертикальной вынуждающей силой чаще всего применяют виброизолирующие опоры типа упругих прокладок или пружин.

Средства индивидуальной защиты от вибраций. При работе с ручным механизированным, электрическим и пневматическим инструментом применяют средства индивидуальной защиты рук от воздействия вибрации. К ним относят рукавицы или перчатки с демпфирующими вкладышами, а также виброзащитные прокладки или пластины, которые снабжены креплениями к руке; ботинки с амортизирующими подошвами, нагрудники с вкладышами, пояса, шлемы с фиксированным шейным позвонком.

В целях профилактики вибрационной болезни для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется *специальный режим труда*. Так, при работе с ручными машинами суммарное время работы в контакте с источником вибрации не должно превышать 2/3 рабочей смены при продолжительности одноразового непрерывного воздействия вибрации, не превышающего 15-20 мин. Режим труда должен устанавливаться при показателе превышения вибрационной нагрузки на оператора на 1-12 дБ. При показателе превышения более 12 дБ запрещается проводить работы и применять машины, генерирующие такую вибрацию. При таком режиме труда рекомендуется устанавливать обеденный перерыв не менее 40 мин и два регламентированных перерыва (для отдыха, проведения производственной гимнастики и

физиопрофилактических процедур): 20 мин через 1-2 ч после начала смены и 30 мин через 2 ч после обеденного перерыва.

Лица, занятые на работах с вибрирующими машинами и оборудованием, ежегодно проходят периодические медицинские осмотры. К работе в качестве оператора машин допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр, имеющие соответствующую квалификацию, сдавшие технический минимум по охране труда и ознакомленные с характером воздействия вибрации на организм.

Расчетные задания по теме

Задача 6.1. Рассчитать параметры пружинных виброизоляторов оборудования весом P , Н, если это оборудование установлено на массивном фундаменте, и в результате замеров известно, что на частоте f , Гц обеспечивается снижение уровня виброскорости ΔL , дБ. Для устройства пружинных виброизоляторов используются одиночные цилиндрические пружины или составные пружины сжатия. Необходимые данные для расчета приведены в табл. 6.7. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 6.7

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вес оборудования, P , Н	450	400	450	600	800	850	950	900	500	700
Частота, f , Гц	8	16	10	8	4	8	5	16	4	8
Снижение уровня виброскорости, ΔL , дБ	5	8	6	12	7	10	4	11	7	9
Число пружин для виброизоляции оборудования, n , шт.	4	4	4	6	8	8	8	8	4	6

Порядок расчета

1. Определить частоту собственных колебаний системы f_0 (Гц) по формуле:

$$f_0 = \frac{f}{10^{\frac{\Delta L}{40}}},$$

где f – частота, Гц;

ΔL – снижение уровня виброскорости, дБ.

2. Определить жесткость всех амортизаторов k_z (Н/м) в вертикальном направлении по формуле:

$$k_z = m \cdot (2 \cdot \pi \cdot f_0)^2 = \frac{P}{g} \cdot (2 \cdot \pi \cdot f_0)^2,$$

где m – масса станка, кг;

$g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

3. Определить амплитуду вертикальных колебаний объекта ξ_z (м) на рабочей частоте по формуле:

$$\xi_z = \frac{P}{(P/g) \cdot \omega^2 - k_z} = \frac{P}{(P/g) \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2 - k_z},$$

где $\omega = 2\pi f$ – угловая частота колебаний системы, рад/с.

4. Определить динамическую нагрузку $P_{\text{дин}_1}$ (Н), приходящуюся на одну пружину по формуле:

$$P_{\text{дин}_1} = \xi_z \cdot \frac{k_z}{n},$$

где n – количество пружинных амортизаторов.

5. Определить расчетную нагрузку P_1 (Н) на одну пружину по формуле:

$$P_1 = P_{\text{ст}_1} + 1,5 \cdot P_{\text{дин}_1},$$

где $P_{\text{ст}_1} = P/n$ – статическая нагрузка, приходящаяся на одну пружину, Н.

6. Определить диаметр стального прутка пружины d (мм) по формуле:

$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot P_1 \cdot \varepsilon}{[\tau]}},$$

где k – коэффициент, учитывающий добавочное напряжение среза, возникающее в точках сечения прутка, расположенных ближе всего к оси пружины, определяется по рис.6.1. В расчете принять $k=1,2$;

ε – индекс пружины: $\varepsilon = D/d$, где D – средний диаметр пружины, мм. В расчете принять $\varepsilon=7$;

τ – допускаемое напряжение сдвига при кручении, Н/мм² (табл. 6.8).

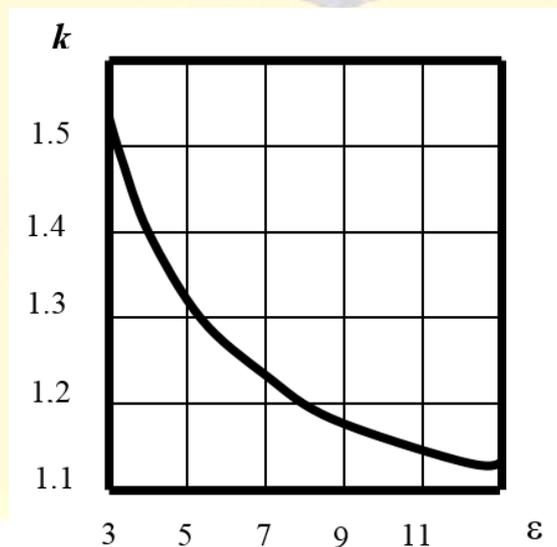


Рис. 6.1. Графическая зависимость для определения коэффициента k

Допускаемые напряжения для пружинных сталей

Сталь		Модуль сдвига, G , $\text{Н/м}^2 \cdot 10^{10}$	Допускаемые напряжения, τ		Назначение
Группа	Марка		Режим работы	$\text{Н/м}^2 \cdot 10^8$	
Углеродистая	70	7,83	Легкий	4,11	Для пружин с относительно низкими напряжениями при диаметре проволоки менее 8 мм
			Средний	3,73	
			Тяжелый	2,47	
Хромованадиевая закаленная в масле	50ХФА	7,7	Легкий	5,49	Для пружин, воспринимающих динамическую нагрузку, при диаметре прутка не менее 12,5 мм
			Средний	4,90	
			Тяжелый	3,92	
Кремнистая	55 С 2 60 С 2 60 С 2 А 63 С 2 А	7,45	Легкий	5,49	Для пружин, воспринимающих динамическую нагрузку, при диаметре прутка более 10 мм, а также для рессор
	Средний		4,41		
	Тяжелый		3,43		

7. Определить число рабочих витков пружины i_1 по формуле:

$$i_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot k_{z1} \cdot \varepsilon^3},$$

где G – модуль сдвига материала пружины, Н/м^2 , определяемый по табл. 6.8.

8. Определить общее количество витков пружины i по формуле:

$$i = i_1 + i_2,$$

где i_2 – число нерабочих витков пружины (при $i_1 > 7$ i_2 принимается равным 2,5; при $i_1 < 7$ i_2 принимается равным 1,5).

9. Определить шаг пружины $h = D/4 \dots D/2$, где $D = \varepsilon \cdot d$.

10. Определить высоту пружины, сжатой до соприкосновения ее витков нагрузкой $P_{\text{пред}}$ (предельная нагрузка принимается равной $(1,1 \dots 1,25) \cdot P$):

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

11. Определить высоту ненагруженной пружины по формуле:

$$H_0 = H + i_1 \cdot (h - d).$$

Задача 6.2. Рассчитать скорректированный уровень общей вибрации по данным, приведенным в табл. 6.9. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Исходные данные для расчета

Частота в октавных полосах f , Гц	Значения уровней виброскорости L_{vi} , дБ									
	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2	115	110	113	106	114	107	105	112	109	108
4	112	109	110	109	110	103	108	108	105	110
8	107	112	108	104	103	96	104	103	100	103
16	101	107	101	98	97	93	100	99	96	99
31,5	96	99	97	96	92	89	95	93	91	94
63	89	90	89	88	91	87	92	88	86	87

Порядок расчета

1. В начале расчета необходимо учесть значения весовых коэффициентов ΔL_{vi} для октавных полос частот по табл. 6.10, для чего их необходимо вычесть из значений уровней виброскорости L_{vi} .

Таблица 6.10

Значения весовых коэффициентов

Среднегеометрические частоты, Гц	Значение весовых коэффициентов							
	Виброускорение				Виброскорость			
	локальная		общая		локальная		общая	
	K^i	ΔL_{vi}	K^i	ΔL_{vi}	K^i	ΔL_{vi}	K^i	ΔL_{vi}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2			0,71	-3			0,16	-16
4			1,0	0			0,45	-7
8	1,0	0	1,0	0	0,5	-6	0,9	-1
16	1,0	0	0,5	-6	1,0	0	1,0	0
31,5	0,5	-6	0,25	-12	1,0	0	1,0	0
63	0,25	-12	0,125	-18	1,0	0	1,0	0
125	0,125	-18			1,0	0		
250	0,063	-24			1,0	0		
500	0,0315	-30			1,0	0		
1000	0,0160	-36			1,0	0		

2. Затем производится расчет скорректированного уровня по формуле либо методом попарного суммирования.

Пример расчета

Рассчитать скорректированный уровень общей вибрации по данным, приведенным в табл. 6.11.

Исходные данные для расчета

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

Расчет по формуле

$$L_v = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{vi} + \Delta L_{vi})} = 10 \lg [10^{0,1(118-16)} + 10^{0,1(118-7)} + 10^{0,1(116-1)} + 10^{0,1(111+0)} + 10^{0,1(104+0)} + 10^{0,1(96+0)}] = 10 \lg [1,58 \cdot 10^{10} + 12,59 \cdot 10^{10} + 31,62 \cdot 10^{10} + 12,59 \cdot 10^{10} + 2,51 \cdot 10^{10} + 0,4 \cdot 10^{10}] = 10 \lg (61,29 \cdot 10^{10}) = 10 \cdot 11,787 = 117,87 \text{ дБ}; L_v = 118 \text{ дБ},$$

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

Расчет методом попарного суммирования

При этом методе по разности двух уровней L_1 и L_2 определяют добавку по табл. 6.12, которую прибавляют к большему уровню, в результате получают уровень (L_1+L_2) .

Таблица 6.12

Значения добавок в зависимости от разности слагаемых уровней

Разность слагаемых уровней L_1-L_2 , дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Добавка к уровню L_i , дБ	3	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Аналогично суммируются уровни L_3 и L_4 , L_5 и L_6 , а затем $L_1 + L_2$ и $L_3 + L_4$ и т.д. Результат вычислений округляют до целого числа.

$$L_1 - L_2 = 111 - 102 = 9 \text{ дБ}; \text{ добавка } 0,5 \text{ дБ}; \text{ сумма } 111 + 0,5 = 111,5 \text{ дБ};$$

$$L_3 - L_4 = 115 - 111 = 4 \text{ дБ}; \text{ добавка } 1,5 \text{ дБ}; \text{ сумма } 115 + 1,5 = 116,5 \text{ дБ};$$

$$L_5 - L_6 = 104 - 96 = 8 \text{ дБ}; \text{ добавка } 0,6 \text{ дБ}; \text{ сумма } 104 + 0,6 = 104,6 \text{ дБ};$$

$$(L_1 - L_2) - (L_3 - L_4) = 116,5 - 111,5 = 5 \text{ дБ}; \text{ добавка } 1,2 \text{ дБ}; \text{ сумма } 116,5 + 1,2 = 117,7 \text{ дБ}.$$

$$117,7 - 104,6 = 13,1 \text{ дБ}; \text{ добавка } 0,4 \text{ дБ}; \text{ сумма } 117,7 + 0,4 = 118,1 \text{ дБ}.$$

$$L_v = 118 \text{ дБ}.$$

В таблице 6.13 приведены данные выше приведенного расчета скорректированного уровня вибрации.

Данные расчета корректированного уровня вибрации

Частота, f , Гц	Уровень виброскорости, L_{vi} , дБ	Значение весовых коэффициентов, ΔL_{vi} , дБ	Корректированные уровни, $L_{vi} + \Delta L_{vi}$, дБ	Корректированн ый уровень, L_v , дБ
2	118	- 16	102	118
4	118	- 7	111	
8	116	- 1	115	
16	111	0	111	
31,5	104	0	104	
63	96	0	96	

По окончании расчета необходимо сравнить полученные значения корректированного уровня общей вибрации с допустимым значением, которое равно 92 дБ.

Задача 6.3. Рассчитать эквивалентный корректированный уровень общей вибрации по данным, приведенным в табл. 6.14. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 6.14

Исходные данные для расчета

Корректированные уровни виброскорости, дБ / Время действия вибрации данного уровня за смену, ч																			
№ варианта																			
1		2		3		4		5		6		7		8		9		0	
97	1,0	94	1,3	99	0,5	93	0,8	95	0,8	99	0,5	93	0,8	94	1,0	96	1,1	98	0,7
93	0,3	90	1,0	94	1,0	89	0,7	91	1,2	89	0,8	91	0,7	90	1,3	92	0,8	95	0,8
91	1,0	88	0,7	93	1,7	88	1,4	90	1,0	88	1,5	89	0,6	86	1,0	90	1,4	93	1,0
89	2,0	86	1,8	90	1,7	85	1,4	89	1,3	85	2,0	84	2,0	81	1,0	87	1,0	90	2,0
87	1,0	85	0,5	87	0,4	86	1,0	84	1,0	86	0,5	85	1,2	79	1,0	84	1,0	86	0,8

Порядок расчета

Если в течение смены корректированный уровень вибрации, воздействующий на оператора, принимает значения $L_{W_{ЭКВ1}}$, $L_{W_{ЭКВ2}}$, ..., $L_{W_{ЭКВn}}$ в течение интервалов времени t_1 , t_2 , ..., t_n соответственно, то необходимо рассчитать эквивалентный корректированный уровень вибрации с учетом времени воздействия за период оценки.

Эквивалентный (по энергии) корректированный уровень параметра вибрации, являющийся одночисловой характеристикой непостоянной вибрации, рассчитывается путем усреднения фактических уровней с учетом времени действия каждого по формуле либо путем попарного энергетического суммирования уровней.

Пример расчета

В табл. 6.15 приведены корректированные уровни виброскорости, воздействующие на оператора в течение определенных интервалов времени. К каждому корректированному уровню виброскорости следует прибавить поправку по табл. 6.16 в зависимости от времени действия.

Исходные данные для расчета

Корректированные уровни виброскорости, дБ	Время действия вибрации данного уровня за смену, ч	Поправка на время действия вибрации данного уровня, дБ	Уровни виброскорости с учетом поправки на время действия вибрации, дБ	Эквивалентный скорректированный уровень виброскорости, $L_{W_{ЭКВТ}}$, дБ
97	1	- 9	88	97
93	0,5	- 12	81	
102	2	- 6	96	
89	3	- 4,2	84,8	
94	1	- 9	85	

Таблица 6.16

Значения поправки к скорректированному уровню на время действия вибрации для расчета эквивалентного уровня

Время действия, ч / мин	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	15 мин	5 мин
Время в % 8-часовой смены	100	88	75	62	60	38	25	12	6	3	1
Поправка, дБ	0	-0,6	-1,2	-2	-3	-4,2	-6	-9	-12	-15	-20

Расчет по формуле

$$\begin{aligned}
 L_{W_{ЭКВТ}} &= 10 \lg \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{W_{ЭКВТ}i}} \cdot t_i \right] = 10 \lg \left[\frac{1}{7,5} (10^{0,1 \cdot 97} \cdot 1 + 10^{0,1 \cdot 93} \cdot 0,5 + \right. \\
 &+ 10^{0,1 \cdot 102} \cdot 2 + 10^{0,1 \cdot 89} \cdot 3 + 10^{0,1 \cdot 94} \cdot 1) \left. \right] = 10 \lg \left[\frac{1}{7,5} (5,012 \cdot 10^9 + 1,995 \cdot 10^9 \cdot 0,5 + \right. \\
 &+ 15,85 \cdot 10^9 \cdot 2 + 0,794 \cdot 10^9 \cdot 3 + 2,512 \cdot 10^9 \cdot 1) \left. \right] = 10 \lg \left[\frac{1}{7,5} (5,012 \cdot 10^9 + \right. \\
 &+ 0,9975 \cdot 10^9 + 31,7 \cdot 10^9 + 2,382 \cdot 10^9 + 2,512 \cdot 10^9) \left. \right] = 10 \lg \left[\frac{1}{7,5} (42,6035 \cdot 10^9) \right] = \\
 &= 10 \lg(5,6805 \cdot 10^9) = 10 \cdot 9,75 = 97,5 \text{ дБ.}
 \end{aligned}$$

Расчет методом попарного суммирования

Проводим попарное энергетическое суммирование уровней с использованием табл. 6.16 по описанной выше методике.

$$88 - 81 = 7 \text{ дБ; добавка } 0,8 \text{ дБ; } 88 + 0,8 = 88,8 \text{ дБ;}$$

$$96 - 84,8 = 11,2 \text{ дБ; добавка } 0,2 \text{ дБ; } 96 + 0,2 = 96,2 \text{ дБ;}$$

$$96,2 - 88,8 = 7,4 \text{ дБ; добавка } 0,8 \text{ дБ; } 96,2 + 0,8 = 97 \text{ дБ;}$$

$$97 - 85 = 12 \text{ дБ; добавка } 0,2 \text{ дБ; } 97 + 0,2 = 97,2 \text{ дБ.}$$

$$L_{W_{ЭКВТ}} = 97 \text{ дБ.}$$

7. Защита от электромагнитных полей

Источники электромагнитных полей и их характеристика

Применяемые в промышленности установки с машинными и ламповыми генераторами для индукционной термической обработки материалов (закалки, плавки, пайки, сварки, отжига и т.п.) создают электромагнитные поля высокой частоты.

На расстоянии от источника излучения, меньшем чем $1/6 \lambda$ (т.е. $\lambda/2\pi$), преобладает поле индукции, на большем – поле излучения. Следовательно, при работе генераторов высоких и ультравысоких частот (при генерировании длинных, средних, коротких и ультракоротких волн) рабочие места находятся в зоне индукции, а при работе генераторов сверхвысоких частот (т.е. при генерировании волн длиной меньше 1 м) – в зоне излучения (волновой зоне). В зоне индукции человек находится в периодически сменяющихся одно другое электрических и магнитных полях. Облучение в этой зоне характеризуется напряженностями электрической (В/м) и магнитной (А/м) составляющих поля. В зоне излучения человек находится в электромагнитном поле, где энергия распространяется в форме бегущих волн разной конфигурации. Для электрической (E) и магнитной (H) составляющих поля справедливо равенство $E = 377H$. Интенсивность облучения в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ) оценивается величиной плотности потока мощности и выражается в ваттах на квадратный метр и его производных (Вт/м², мВт/см², мкВт/см²).

Источниками, создающими электромагнитные поля ВЧ, являются неэкранированные высокочастотные элементы установок: индукторы, трансформаторы, конденсаторы, фидерные линии. Может возникать паразитное излучение, проникающее наружу установок через отверстия и неплотности в ограждениях, смотровые и рабочие окна, линии передачи энергии. Источниками образования поля являются и отдельные элементы генераторов: катушки контура, катушки связи, конденсаторы, питающие линии.

Воздействие электромагнитных полей на организм человека

Биологическая активность электромагнитных полей зависит от длины волны. Наибольшее действие оказывают дециметровые волны, наименьшее – миллиметровые. Волны миллиметрового диапазона поглощаются поверхностными слоями кожи, сантиметрового – кожей и подкожной клетчаткой, дециметровые – внутренними органами. Эффект воздействия зависит от интенсивности поля и продолжительности контакта. При интенсивности до 10 мВт/см² поле СВЧ оказывает нетепловой эффект, при большей интенсивности – термическое воздействие. Воздействие поглощенной энергии организмом тем более выражено, чем больше частота поля. На частотах до 10 МГц размеры тела человека малы по сравнению с длиной волны и поэтому диэлектрические процессы в тканях слабо выражены.

Электромагнитные волны могут вызывать острые и хронические поражения, которые проявляются в нарушениях нервной системы, сердечно-сосудистой системы, системы кроветворения, других органов. Острые поражения встречаются редко. Чаще наблюдаются легкие поражения, переходящие в хронические. Субъективные ощущения при этом – быстрая утомляемость, головные боли и т.п.; возможны также перегрев организма, изменение частоты пульса, сосудистых реакций. Облучение может вызвать катаракту (поражение хрусталика глаз). Это объясняется плохой теплорегуляцией глаза и незащищенностью его от воздействий; поэтому хрусталик перегревается.

Степень и характер воздействия электромагнитных полей на организм человека определяется: длиной волны, интенсивностью излучения, режимом облучения (непрерывный или прерывистый), продолжительностью воздействия, размером облучаемой поверхности тела, индивидуальными особенностями человека, комбинированным действием совместно с другими факторами производственной среды.

Нормирование электромагнитных полей

Санитарными нормами и правилами «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 23 от 05. 03. 2015 г.) установлены требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на человека электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (далее ЭМИ РЧ) 30 кГц-300 ГГц.

С целью защиты работников (лиц, работающих или обучающихся в зонах влияния источников, при условии прохождения этими лицами медицинских осмотров) от ЭМИ РЧ оценка воздействия ЭМИ РЧ осуществляется по энергетической экспозиции (далее – ЭЭ), которая определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека.

С целью защиты населения от ЭМИ РЧ оценка воздействия ЭМИ РЧ осуществляется по интенсивности ЭМИ РЧ для следующих категорий лиц: работа или обучение которых не связана с производственной необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ; не прошедших обязательных медицинских осмотров по данному фактору; работающих или обучающихся, не достигших 18 лет; женщин в периоды беременности и кормления грудью; находящихся в жилых, общественных и производственных зданиях и помещениях, подвергающихся воздействию внешнего ЭМИ РЧ, находящихся на территории жилой застройки и в местах массового отдыха.

В диапазоне частот 30 кГц-300 МГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями напряженности электрического поля (E , В/м) (далее – ЭП) и напряженности магнитного поля (H , А/м) (далее – МП).

В диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями плотности потока энергии (далее – ППЭ, Вт/м²), (дробная величина – мкВт/см²).

Энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) для работников не должна превышать значений, установленных Гигиеническим нормативом «Предельно допустимые уровни электромагнитных излучений радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Предельно допустимые значения энергетической экспозиции электромагнитного излучения радиочастотного диапазона в производственных условиях

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	по электрическому полю, (В/м) ² · ч	по магнитному полю, (А/м) ² · ч	по плотности потока энергии, (мкВт/см ²) · ч
30 кГц - 3 МГц	20000,0	200,0	–
3 -30 МГц	7000,0	–	–
30 - 50 МГц	800,0	0,72	–
50 - 300 МГц	800,0	–	–
300 МГц - 300 ГГц	–	–	200,0

Значения уровней напряженностей ЭП и МП в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ РЧ не должны превышать ПДУ (табл. 7.2).

Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного излучения в диапазоне частот 30 кГц - 300 МГц в производственных условиях в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия, T , ч	$E_{ПДУ}$, В/м			$H_{ПДУ}$, А/м	
	0,03 – 3 МГц	3 – 30 МГц	30 – 300 МГц	0,03 – 3 МГц	30 – 50 МГц
1	2	3	4	5	6
8,0 и более	50	30	10	5,0	0,30
7,5	52	31	10	5,0	0,31
7,0	53	32	11	5,3	0,32
6,5	55	33	11	5,5	0,33
6,0	58	34	12	5,8	0,34
5,5	60	36	12	6,0	0,36
5,0	63	37	13	6,3	0,38
4,5	67	39	13	6,7	0,40
4,0	71	42	14	7,1	0,42
3,5	76	45	15	7,6	0,45
3,0	82	48	16	8,2	0,49
2,5	89	52	18	8,9	0,54
2,0	100	59	20	10,0	0,60
1,5	115	68	23	11,5	0,69
1,0	141	84	28	14,2	0,85
0,5	200	118	40	20,0	1,20
0,25	283	168	57	28,3	1,70
0,125	400	236	80	40,0	2,40
0,08 и менее	500	296	80	50,0	3,00

При продолжительности воздействия менее 0,08 часа дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.

Значения уровней ППЭ в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ РЧ не должны превышать ПДУ (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Предельно допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц в производственных условиях в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия, T , ч	Предельно допустимый уровень плотности потока энергии, ППЭ _{ПДУ} , мкВт/см ²
1	2
8,0 и более	25
7,5	27
7,0	29
6,5	31
6,0	33
5,5	36
5,0	40
4,5	44
4,0	50
3,5	57

1	2
3,0	67
2,5	80
2,0	100
1,5	133
1,0	200
0,5	400
0,25	800
0,20 и менее	1000
0,20 и менее (для случаев локального облучения кистей рук при работе с микрополосковыми сверхвысокочастотными устройствами)	5000
При продолжительности воздействия менее 0,2 часа дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.	

ПДУ ЭМИ РЧ определяются исходя из того, что воздействие имеет место в течение всего рабочего дня (рабочей смены). Сокращение продолжительности воздействия ЭМИ РЧ должно быть подтверждено технологическими, организационно-распорядительными документами и (или) результатами хронометража рабочего дня (рабочей смены).

Нахождение работников без средств индивидуальной защиты в местах, где интенсивность ЭМИ РЧ превышает ПДУ для минимальной продолжительности воздействия, запрещено.

Интенсивность ЭМИ РЧ на территории жилой застройки и местах массового отдыха и пребывания, в жилых, общественных и производственных зданиях (внешнее ЭМИ РЧ, включая вторичное излучение), на рабочих местах лиц, не достигших 18 лет, женщин в периоды беременности и кормления грудью не должна превышать ПДУ, установленных табл. 7.4 Гигиенического норматива.

Таблица 7.4

Предельно допустимые уровни электромагнитного излучения радиочастотного диапазона для населения, рабочих мест лиц, не достигших 18 лет, и женщин в периоды беременности и кормления грудью

Назначение помещений или территории	Диапазон частот				
	30-300 кГц	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	300 МГц-300 ГГц
	Предельно допустимые уровни электромагнитного излучения радиочастотного диапазона				мкВт/см ²
В/м					
Территория жилой застройки и мест массового отдыха; помещения жилых, общественных и производственных зданий (внешнее электромагнитное излучение радиочастотного диапазона, включая вторичное излучение); рабочие места лиц, не достигших 18 лет, и женщин в периоды беременности и кормления грудью	25,0	15,0	10,0	3,0	10,0

Методы измерения и контроля электромагнитных полей на рабочих местах

Измерения интенсивности ЭМИ должны проводиться: не реже одного раза в год в порядке текущего контроля; при внесении в условия и режимы работы источников ЭМИ изменений, влияющих на уровни излучения (изменение технологического процесса, изменение экранировки и средств защиты, увеличение мощности); после ремонта источников ЭМИ.

В производственных условиях измерения проводятся на постоянных рабочих местах персонала. При отсутствии постоянных рабочих мест выбирается несколько точек в пределах рабочей зоны, в которой работник проводит не менее 50 % рабочего времени. Измерения на рабочих местах в каждой точке проводятся на высоте 0,5, 1,0 и 1,7 м от пола (опорной поверхности). Определяющим в данной точке является максимально измеренная интенсивность ЭМИ РЧ. На открытой территории измерения проводятся на высоте 2 м от поверхности земли.

В зависимости от результатов динамического наблюдения за интенсивностью ЭМИ РЧ, создаваемой конкретными источниками, периодичность проведения измерений может быть увеличена по согласованию с соответствующими органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, но не более чем до 3 лет.

Методы защиты работающих от электромагнитных полей

Защита работников от воздействия ЭМИ осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических мероприятий, лечебно-профилактических мероприятий, а также использования средств индивидуальной защиты.

К организационным мероприятиям относятся: выбор рациональных режимов работы источников ЭМИ; ограничение места и времени нахождения работников в зоне воздействия ЭМИ (защита расстоянием и временем); иные организационные мероприятия.

Инженерно-технические мероприятия включают: рациональное размещение источников ЭМИ; использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места (экраны, минимальная необходимая мощность генератора); обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМИ.

К средствам индивидуальной защиты относятся защитные очки, щитки, шлемы, защитная одежда (комбинезоны, халаты и др.).

Способ защиты в каждом конкретном случае определяется с учетом рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, необходимой эффективности защиты.

Экранирование источников ЭМИ или рабочих мест осуществляется с помощью отражающих или поглощающих экранов (стационарных или переносных). Отражающие экраны выполняются из металлических листов, сетки, ткани с микропроводом и другого. В поглощающих экранах используются специальные материалы, обеспечивающие поглощение излучения соответствующей длины волны. В зависимости от излучаемой мощности и взаимного расположения источника ЭМИ и рабочих мест конструктивное решение экрана может быть различным (замкнутая камера, щит, чехол, штора и другое). Экранирование смотровых окон, приборных панелей проводится с помощью радиозащитного стекла. Сплошные металлические экраны надежно экранируют любые источники полей СВЧ. Сетчатые экраны обладают худшими экранирующими свойствами по сравнению со сплошными экранами. Они применяются для ослабления потока мощности СВЧ, а также при необходимости улучшить вентиляцию или визуальное наблюдение за агрегатом. Эластичные экраны (из специальной ткани с вплетенной тонкой металлической сеткой) применяют для экранов штор, спецодежды и т.п. Поглощающие экраны для покрытия экранирующих ограждений изготавливают из прессованных листов резины и других специальных материалов. Смотровые окна камер экранируют мелкоячеистой металлической сеткой или используют оптически прозрачное стекло со специальной экранирующей пленкой.

Средства индивидуальной защиты используются в случаях, когда снижение уровней ЭМИ с помощью общей защиты технически невозможно. Если защитная одежда изготовлена из материала, содержащего в своей структуре металлический провод, она может использоваться только в условиях, исключающих прикосновение к открытым токоведущим частям установок.

При работе внутри экранированных помещений (камер) стены, пол и потолок этих помещений должны быть покрыты радиопоглощающими материалами. В случае направленного излучения ЭМИ РЧ должно применяться поглощающее покрытие на соответствующих участках стен, пола, потолка. В тех случаях, когда уровни ЭМИ РЧ на рабочих местах внутри экранированного помещения превышают ПДУ, работник должен выводиться за пределы камер с организацией дистанционного управления аппаратурой.

Лечебно-профилактические мероприятия. В целях предупреждения, ранней диагностики и лечения нарушений в состоянии здоровья работники, связанные с воздействием ЭМИ должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры. Все лица с начальными проявлениями клинических нарушений, обусловленных воздействием ЭМИ РЧ, а также с общими заболеваниями, течение которых может усугубляться под влиянием неблагоприятных факторов производственной среды должны браться под наблюдение с проведением соответствующих мероприятий, направленных на оздоровление условий труда и восстановление состояния здоровья работников.

Расчетные задания по теме

Задача 7.1. Рассчитать экран плавильной печи. В задаче приняты следующие обозначения:

a – радиус катушки индуктора печи, м;

l – длина катушки индуктора, м;

P – мощность плавильной печи, кВт;

ω – число витков катушки индуктора;

I – сила тока в катушке, А;

f – частота тока, кГц;

r – расстояние от оси катушки до рабочего места, м;

α_c – радиус сердечника (нагреваемого металла, изделия), м;

l_c – длина сердечника (заготовки), м;

$W_{\text{п}}$ – допустимые потери мощности, Вт (обычно $\approx 1\%$ от мощности установки);

ΔH – допустимое ослабление поля внутри катушки в результате экранирования (обычно $\approx 5\%$).

Параметры индуктора и расстояние до рабочего места приведены в табл. 7.5. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 7.5

Исходные данные для расчета

№ варианта	Параметры индуктора плавильной печи								Расстояние до рабочего места, r , м
	a , м	l , м	ω	I , А	f , кГц	α_c , м	l_c , м	P , кВт	
1	0,1	0,15	20	150	150	0,070	0,140	60	0,6
2	0,2	0,3	40	200	100	0,070	0,140	60	1,3
3	0,3	0,4	60	300	60	0,070	0,140	100	2,0
4	0,2	0,4	50	300	150	0,070	0,140	70	1,5
5	0,1	0,3	25	250	70	0,070	0,140	60	0,8
6	0,1	0,2	20	150	200	0,070	0,140	40	0,8
7	0,2	0,2	25	100	400	0,070	0,140	60	0,6
8	0,2	0,4	30	250	30	0,070	0,140	70	1,5
9	0,3	0,3	50	350	350	0,070	0,140	100	2,0
0	0,2	0,3	45	200	50	0,070	0,140	60	1,3

Порядок расчета

Экран рассчитывается методом подбора. Задаваясь материалом экрана, его конструкцией и размерами, определяют по приведенным ниже формулам основные характеристики экрана. Если эти характеристики оказываются неудовлетворительными, изменяют размеры экрана либо выбирают другой материал и вновь повторяют расчет.

Потери энергии в экране рассчитывают в следующем порядке.

Определяют глубину проникновения поля в экран по формуле:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_{\text{Э}} \sigma_{\text{Э}} \pi f}}, \text{ м,}$$

где $\sigma_{\text{Э}}$ – удельная проводимость материала экрана, $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;

$\mu_{\text{Э}}$ – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м ,

$$\mu_{\text{Э}} = \mu_0 \cdot \mu'_{\text{Э}},$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м ;

$\mu'_{\text{Э}}$ – относительная магнитная проницаемость.

Для немагнитных материалов $\mu'_{\text{Э}} = 1$;

для алюминия $\mu'_{\text{Э}} = 1$; $\mu_{\text{Э}} = \mu_0 \cdot \mu'_{\text{Э}} = 4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м ; $\sigma_{\text{Э}} = 3,55 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;

для стали $\mu'_{\text{Э}} \approx 2000$; $\mu_{\text{Э}} = \mu_0 \cdot \mu'_{\text{Э}} = 8\pi \cdot 10^{-4}$, Гн/м ; $\sigma_{\text{Э}} = 1 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$.

Как правило, глубина проникновения поля в экран меньше 1 мм, но исходя из соображений прочности экрана толщину его стенок d следует принимать не менее 1 мм. При этом $d > \delta$.

В этом случае потери энергии W в цилиндрическом экране рассчитывают по следующим формулам:

для катушек без сердечника, удовлетворяющих условию $l > 1,5(A - a)$:

$$W = \frac{2\pi \cdot \omega^2 \cdot I^2 \cdot a^4}{l \cdot A^2 \cdot \sigma_{\text{Э}} \cdot \delta}, \text{ Вт,}$$

где A – радиус экрана, м. Вначале ориентировочно можно принять $A \approx 3a$.

для катушек без сердечника, удовлетворяющих условию $l < 1,5(A - a)$:

$$W = \frac{[3\pi(A - a) + 2a]a^4 I^2 \omega^2}{2A^4(A - a)\sigma_{\text{Э}}\delta}, \text{ Вт;} \quad (7.1)$$

для катушек с сердечником, удовлетворяющих условиям $l > 1,5(A - a)$; $l_{\text{С}} \ll l$:

$$W = \frac{2\pi\omega^2 I^2 a^4}{lA^3 \left[1 + \frac{a_{\text{С}}^2 (A^2 - a^2) l_{\text{С}}}{A^2 (a^2 - a_{\text{С}}^2) l} \right]^2 \sigma_{\text{Э}} \delta}, \text{ Вт.} \quad (7.2)$$

Для катушек с сердечником, удовлетворяющих условию $l < 1,5(A - a)$, следует произвести расчет дважды по формулам (7.1) и (7.2) и принять меньший из полученных результатов. Использование формул в данном случае ведет к некоторому завышению расчетных потерь по сравнению с действительными.

В случае экрана квадратного сечения можно пользоваться теми же формулами, приняв величину A равной половине стороны квадрата. Это приводит к некоторому занижению расчетных потерь мощности по сравнению с действительными.

Найденную величину потерь W следует сравнить с допустимой величиной потерь $W_{\text{п}}$. Если $W < W_{\text{п}}$, то можно уменьшить радиус экрана A , если этому не мешает конструкция самой установки. Если $W > W_{\text{п}}$, следует увеличить радиус экрана A и вновь произвести расчет.

Если для стального экрана приемлемых размеров потери энергии оказываются недопустимыми, следует принять алюминиевый экран.

Расчет по приведенным выше формулам является приближенным, и поэтому необходимо, чтобы условие $W < W_{\text{п}}$ выполнялось с некоторым запасом.

Чтобы избежать дополнительных потерь энергии в торцовых стенках экрана (верхняя, нижняя – дно), расстояние от этих стенок для ближайших витков катушки нужно брать не меньше $1/\gamma_c$, где γ_c – постоянная затухания симметричной волны, распространяющейся вдоль оси экрана:

$$\gamma_c = \frac{3,83}{A} \text{ – для цилиндрического экрана радиусом } A;$$

$$\gamma_c = \frac{3,14}{A_1} \text{ – для экрана квадратного сечения со стороной } 2A_1.$$

Если это условие выполнено, то торцовые стенки практически не вызывают дополнительных потерь энергии в экране. То же условие должно выполняться в отношении расстояния от витка до нижней стенки при открытом сверху экране.

Ослабление экраном поля внутри катушки рассчитывают для цилиндрического экрана радиусом A . При расчете экрана квадратной формы его следует заменить цилиндрическим, полагая, что

$$A = \frac{2A_1}{\sqrt{\pi}},$$

где $2A_1$ – сторона квадрата (при этом площадь квадрата равна площади круга).

Ослабление магнитного поля ΔH (%), обусловленное экранированием, определяют по формулам:

для катушки без сердечника при условии $l > 2a$, $l > 2(A - a)$

$$\Delta H = \frac{a^2}{A^2} 100;$$

то же при условии $l < 2a$

$$\Delta H = \frac{a^3}{A^3} 100;$$

то же при условии $l < 2(A - a)$, $l < 2a$

$$\Delta H = \frac{la^2}{2A^3} 100;$$

для катушек с сердечником при условии $l > 2(a - a_c)$, $l > 2(A - a)$, $l_c = l$

$$\Delta H = \frac{a^2 - a_c^2}{A^2 - a_c^2} 100.$$

Рассчитанное ослабление следует сравнить с допустимым. Если найденное ослабление превышает допустимое, нужно увеличить радиус экрана A .

Проверку экрана катушки на эффективность экранирования проводят следующим образом.

Требуемую эффективность экранирования $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ находят путем деления величины напряженности поля, создаваемого катушкой на рабочем месте при отсутствии экрана (H_p), на величину допустимой напряженности поля (H_n) по санитарным нормам

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \frac{H_p}{H_n}.$$

Значение H_p можно найти по формуле:

$$H_p = \frac{\omega I a^2}{4 p^2},$$

где p – расстояние от катушки до рабочего места, м.

Требуемую величину эффективности экранирования нужно сравнить с фактической.

Для сплошного цилиндрического экрана радиусом A или квадратного со стороной $2A$ эффективность экранирования при $d > \delta$

$$\mathcal{E}' = \frac{A e^{\frac{d}{\delta}}}{2\sqrt{2}\delta\mu'_{\mathcal{E}}},$$

где $\mu'_{\mathcal{E}}$ – относительная магнитная проницаемость материала экрана;

d – толщина материала, м.

Эффективность экрана, имеющего форму трубы, открытой с одного конца, при отсутствии проникновения поля непосредственно сквозь материал экрана определяют по формуле:

$$\mathcal{E}'' = e^{\gamma_n z}, \quad (7.3)$$

где z – расстояние от открытого конца экрана до ближайшего витка катушки вдоль оси экрана, м;

$$\gamma_n = \frac{1,84}{A} \text{ – для цилиндрического экрана радиусом } A; \quad \gamma_n = \frac{1,57}{A} \text{ – для экрана квадратного сечения со стороной } 2A_1.$$

Если экран имеет форму открытой с двух сторон трубы, то также можно пользоваться формулой (7.3), подставляя меньшее из двух значений z .

Фактическая эффективность экранирования равна меньшей из величин \mathcal{E}' и \mathcal{E}'' . Формула (7.3) приближенная. Найденная по ней эффективность всегда больше действительной.

Задача 7.2. Рассчитать экран индукционной печи и определить эффективность экранирования по данным, приведенным в табл. 7.6. Наибольшая температура в рабочем пространстве печи 1823 К.

Исходные данные для расчета

Исходные данные	Типы печей для расчета экрана				
	УИТ-800-1,0-1,0 X 2	ИСТ 0,04	ИПП	ИСТ 0,06	ИСТ 0,4
Мощность печи (максимальная), кВт	800	63	1100	60	400
Напряжение сети, В	400	400	400	400	400
Рабочая частота, f , Гц	2800	2800	500	2400	2400
Сила тока в катушке, I , А	200	200	200	200	2300
Число витков, ω , шт.	10	10	33	12	17
Радиус катушки, a , м	0,16	0,16	0,6	0,16	0,21
Относительная магнитная проницаемость, $\mu'_{\text{Э}}$	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Расстояние от катушки до рабочего места, p , м	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3

Порядок расчета

Конструкция экрана закалочного индуктора не должна мешать проведению работ. Экран можно выполнить в виде открытого по концам цилиндра. Диаметр цилиндра должен составлять не менее двух диаметров катушки. Экран выполняют из металла и со стороны излучателя покрывают поглощающим материалом, чтобы снизить или исключить отражение от него электромагнитной энергии.

1. Определить глубину проникновения поля в экран по формуле:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_{\text{Э}} \sigma_{\text{Э}} \pi f}}, \text{ м,}$$

где $\sigma_{\text{Э}}$ – удельная проводимость материала экрана, $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$; $\sigma_{\text{Э}} = 1 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;
 $\mu_{\text{Э}}$ – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м,
 $\mu_{\text{Э}} = \mu_0 \cdot \mu'_{\text{Э}}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м;
 $\mu'_{\text{Э}}$ – относительная магнитная проницаемость;
 f – рабочая частота, Гц.

2. Исходя из соображений прочности экрана выбрать толщину стенок экрана. Из соображений прочности экрана толщину его стенок d следует принимать не менее 1 мм. При этом $d > \delta$.

3. Определить требуемую эффективность экранирования $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ путем деления величины напряженности поля, создаваемого катушкой на рабочем месте при отсутствии экрана H_p , на величину допустимой напряженности поля $H_n = 25 \text{ А/м}$

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = H_p / H_n.$$

4. Определить значение H_p по формуле:

$$H_p = \omega \cdot I \cdot a^2 / (4 \cdot p^3), \text{ А/м,}$$

где ω – число витков, шт.;
 I – сила тока в катушке, А;
 a – радиус катушки, м;

p – расстояние от катушки до рабочего места, м.

5. Определить требуемую эффективность экранирования:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = 20 \lg (H_p / H_n).$$

6. Определить фактическую величину эффективности экранирования по формуле:

$$\mathcal{E} = 20 \lg \frac{ae^{d/\delta}}{2\sqrt{2}\delta\mu'_\mathcal{E}},$$

где d – толщина стенок экрана, м.

7. Если фактическая величина эффективности экранирования будет превышать требуемую эффективность экранирования, то рассчитанный экран будет обеспечивать необходимую защиту от электромагнитных полей.

8. Электробезопасность

Действие электрического тока на организм человека

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Основные причины несчастных случаев от воздействия электрического тока следующие: случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением; появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции и других причин; появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения оборудования электроустановки; возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания на землю.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие.

Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов и других тканей.

Электролитическое действие проявляется в разложении крови и других органических жидкостей, что вызывает изменения их физико-химических свойств.

Биологическое действие вызывает раздражение и возбуждение живых тканей организма (сопровождается произвольными судорожными сокращениями мышц), а также нарушение внутренних биоэлектрических процессов (прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения). Раздражающее действие тока на ткани организма может быть прямым, когда ток проходит непосредственно по этим тканям, и рефлекторным, т. е. через центральную нервную систему, когда путь тока лежит вне этих тканей.

Многообразие действий электрического тока нередко приводит к различным электротравмам, которые условно можно свести к двум видам: местным и общим (электрический удар).

Местные электротравмы – четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. К ним относятся:

1) *электрические ожоги* могут быть вызваны протеканием тока через тело человека (токовый или контактный ожог), а также воздействием электрической дуги на тело (дуговой ожог);

2) *электрические знаки* – четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета диаметром 1-5 мм на поверхности кожи человека, подвергшегося действию тока;

3) *металлизация кожи* – проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги;

4) *электроофтальмия* – воспаление наружных оболочек глаз, возникающее в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей электрической дуги.

Механические повреждения являются следствием резких произвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, вывихи суставов и даже переломы костей.

К электротравмам общего характера относятся:

1) *электрический удар* – возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся произвольными судорожными сокращениями мышц. Различают четыре степени ударов:

I степень – судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II степень – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца;

III степень – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);

IV степень – клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения;

2) *клиническая («мнимая») смерть* – переходный процесс от жизни к смерти, наступающий с момента прекращения деятельности сердца и легких. У человека отсутствуют все признаки жизни: он не дышит, сердце не работает, болевые раздражения не вызывают никаких реакций, зрачки глаз расширены и не реагируют на свет. Однако почти во всех тканях продолжают обменные процессы на очень низком уровне, но достаточном для поддержания жизнедеятельности. Первыми начинают погибать очень чувствительные к кислородному голоданию клетки коры головного мозга, с деятельностью которых связаны сознание и мышление, поэтому длительность клинической смерти определяется временем с момента прекращения сердечной деятельности и дыхания до начала гибели клеток коры головного мозга и составляет от 4-5 до 7-8 мин. После этого происходит множественный распад клеток коры головного мозга и других органов;

3) *биологическая (истинная) смерть* – необратимое явление, характеризующееся прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма и распадом белковых структур; она наступает по истечении периода клинической смерти.

Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

Исход воздействия электрического тока зависит от следующих факторов: величины тока, длительности протекания электрического тока через тело человека, электрического сопротивления тела человека, рода и частоты тока, пути тока в организме и индивидуальных особенностей человека.

Электрическое сопротивление тела человека определяется сопротивлением кожи и внутренних тканей. Поверхностный слой кожи, называемый эпидермисом, состоящий в основном из мертвых ороговевших клеток, обладает большим сопротивлением, которое и определяет общее сопротивление тела человека. Сопротивление нижних слоев кожи и внутренних тканей человека незначительно. При сухой, чистой и неповрежденной коже сопротивление тела человека колеблется в пределах 2 тыс. - 2 млн Ом. При увлажнении, загрязнении и при повреждении кожи сопротивление тела оказывается равным около 500 Ом (сопротивление внутренних тканей тела). В расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

Величина тока, протекающего через тело человека, является главным фактором, от которого зависит исход поражения. *Ощутимый ток* – человек начинает ощущать протекающий через него ток промышленной частоты 50 Гц относительно малого значения: 0,5-1,5 мА. *Неотпускающий ток* – ток 10-15 мА вызывает сильные и весьма болезненные судороги мышц рук, которые человек самостоятельно преодолеть не в состоянии и оказывается, как бы прикованным к токоведущей части. При 25-50 мА действие тока распространяется и на мышцы грудной клетки, что приводит к затруднению и даже прекращению дыхания. При длительном

воздействии этого тока – в течение нескольких минут – может наступить смерть вследствие прекращения работы легких. *Фибрилляционный ток* – при 100 мА ток оказывает непосредственное влияние и на мышцу сердца; при длительности протекания более 0,5 с такой ток может вызвать остановку или фибрилляцию сердца, т.е. быстрые хаотические и одновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл), при которых сердце перестает работать как насос. В результате в организме прекращается кровообращение и наступает смерть.

Длительность протекания тока через тело человека влияет на исход поражения вследствие того, что со временем резко повышается ток за счет уменьшения сопротивления тела. Кроме того, длительное прохождение переменного тока нарушает ритм сердечной деятельности, вызывая трепетание желудочков сердца в связи с поражением нервов сердечной мышцы.

Род и частота тока в значительной степени определяют исход поражения. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20-100 Гц. При частоте меньше 20 или больше 100 Гц опасность поражения током заметно снижается. Токи частотой свыше 0,5 МГц не оказывают раздражающего действия на ткани и поэтому не вызывают электрического удара. Однако они могут вызвать термические ожоги. При постоянном токе пороговый ощутимый ток повышается до 6-7 мА, пороговый неотпускающий ток – до 50-70 мА, а фибрилляционный при длительности воздействия более 0,5 с – до 300 мА.

Путь прохождения тока через тело человека. Наибольшую опасность представляет прохождение тока через жизненно важные органы (сердце, спинной мозг, органы дыхания и т.д.) по пути «рука – рука» и «рука – ноги», при этом ток проходит по кровеносным и лимфатическим сосудам, оболочкам нервных стволов и т.д. Менее опасен путь тока «нога – нога».

Классификация помещений по опасности поражения электрическим током

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

помещения без повышенной опасности – помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

помещения с повышенной опасностью – характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырости или токопроводящей пыли, токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и др.); высокой температуры (+35 °С и более), возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

особо опасные помещения – характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости (влажность близка к 100%), химически активной или органической среды и одновременных двух и более условий повышенной опасности.

Сырые помещения – относительная влажность воздуха длительно превышает 75%. *Особо сырые помещения* – относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой). *Жаркие помещения* – под воздействием различных тепловых излучений температура воздуха превышает постоянно или периодически (более суток) +35 °С. *Пыльные помещения* – по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что может оседать на проводах, проникать внутрь машин и т.п. Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью. *Помещения с химически активной или органической средой* – постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образующие отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Меры защиты от поражения электрическим током

Для предотвращения опасного воздействия электрического тока на человека в электроустановках применяются следующие меры защиты: защитное заземление; защитное зануление; применение малых напряжений; контроль и профилактика повреждений изоляции; двойная изоляция; защитное отключение; выравнивание потенциалов; защита от случайного прикосновения к токоведущим частям; оградительные устройства; электрозащитные средства и приспособления; предупредительная сигнализация, блокировки, знаки безопасности.

Согласно ТКП 339-2011 «Правила устройства и защитные меры электробезопасности» и ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме применяются по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции применяются по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Меры защиты от поражения электрическим током предусматриваются в электроустановке или ее части либо применяются к отдельным электроприемникам и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях.

Контроль основной изоляции токоведущих частей. Состояние изоляции в значительной мере определяет степень безопасности эксплуатации электроустановок. Чтобы предотвратить замыкание на землю и другие повреждения изоляции, при которых возникает опасность поражения людей электрическим током, а также выходит из строя оборудование, проводят испытания повышенным напряжением и контроль сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции электроустановки производится на отключенной установке. Измеряется сопротивление изоляции каждой фазы относительно земли и между каждой парой фаз на каждом участке между двумя последовательно установленными предохранителями, аппаратами защиты и т. п. или за последним предохранителем. Сопротивление изоляции силовых и осветительных сетей напряжением до 1кВ должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу.

Размещение вне зоны досягаемости. Прикосновение к токоведущим частям всегда может быть опасным даже в сети напряжением до 1кВ с изолированной нейтралью, хорошей изоляцией и малой емкостью, не говоря уже о сетях с заземленной нейтралью и сетях напряжением выше 1кВ. Чтобы исключить возможность прикосновения или опасного приближения к изолированным токоведущим частям, обеспечивают недоступность с помощью ограждений, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступной высоте или в недоступном месте.

Применение малых напряжений. Если номинальное напряжение электроустановки не превышает длительно допустимого значения напряжения прикосновения, то даже одновременный контакт человека с токоведущими частями разных фаз или полюсов будет

безопасен. Наибольшая степень безопасности достигается при напряжениях 6-10 В, так как при таком напряжении ток, проходящий через тело человека, не превысит 1-1,5 мА. При использовании переносных электрических установок и ручного электрифицированного инструмента с целью повышения безопасности применяются напряжения 12, 36 и 42 В. Однако одним применением малых напряжений не достигается достаточная степень безопасности, поэтому дополнительно принимаются другие меры защиты – двойная изоляция, защита от случайных прикосновений и др.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения $U_{пр}$ и тока $I_{ч}$, протекающего через человека. Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения электрическим током в случае прикосновения человека к корпусу электрооборудования или к другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением. Оно служит для превращения замыкания на корпус К в замыкание на землю за счет создания цепи с малым сопротивлением R_3 . При этом необходимо иметь в виду, что сопротивление тела человека $R_{ч}$ может достигать значений порядка 10^4 - 10^6 Ом. Однако в расчетах применяется значение сопротивления тела человека $R_{ч} = 1000$ Ом. Таким образом, при возникновении аварийной ситуации (например, замыкание фазы на корпус), прикосновение человека к корпусу равносильно прикосновению к фазе. При этом через тело человека может пройти ток опасной величины. Опасность поражения при наличии надежного заземления снижается, так как для тока I_3 создается цепь имеющая малое сопротивление заземления R_3 (4 Ом или 10 Ом), и вследствие чего происходит стекание тока по пути наименьшего сопротивления.

На рис. 8.3 показана принципиальная электрическая схема защитного заземления.

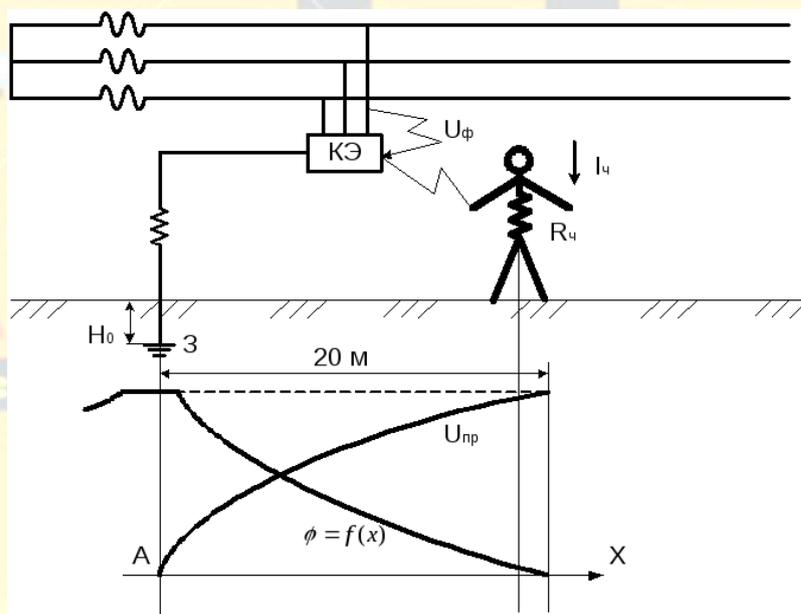


Рис. 8.3. Принципиальная схема защитного заземления:
 К – корпус электроустановки; R_3 – сопротивление заземления;
 $R_{ч}$ – электрическое сопротивление тела человека

ТКП 339-2011 устанавливает значение наибольшего допустимого сопротивления защитного заземляющего устройства в электроустановках напряжением до 1кВ в сетях с изолированной нейтралью при мощности генератора или трансформатора до 100 кВА – 10 Ом, а при мощности более 100 кВА – 4 Ом. К частям, подлежащим заземлению, относятся: корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.п.; приводы

электрических машин; каркасы распределительных щитов, щитов управления и др. Каждое заземляющее устройство должно иметь паспорт, содержащий схему устройства, основные технические и расчетные данные, сведения о проведенных ремонтах, контрольных исследованиях, внесенных изменениях и др.

В соответствии с ТКП 339-2011 заземление или зануление электроустановок следует выполнять: при напряжении 400 В и выше переменного тока (во всех электроустановках); 440 В и выше постоянного тока (во всех электроустановках); номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 400 В переменного тока (только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных электроустановках); выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока (только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных электроустановках).

Защитное зануление – это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (рис. 8.4). *Принцип действия зануления* – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (между фазным и нулевым проводником) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и автоматически отключить поврежденное электрооборудование от питающей сети. При этом необходимо учесть, что с момента возникновения аварии (замыкания на корпус) до момента автоматического отключения поврежденного оборудования от сети имеется небольшой промежуток времени, в течение которого прикосновение к корпусу опасно, так как он находится под напряжением U_{ϕ} . В этот период сказывается защитная функция заземления корпуса оборудования через повторное заземление нулевого защитного проводника R_{Π} .

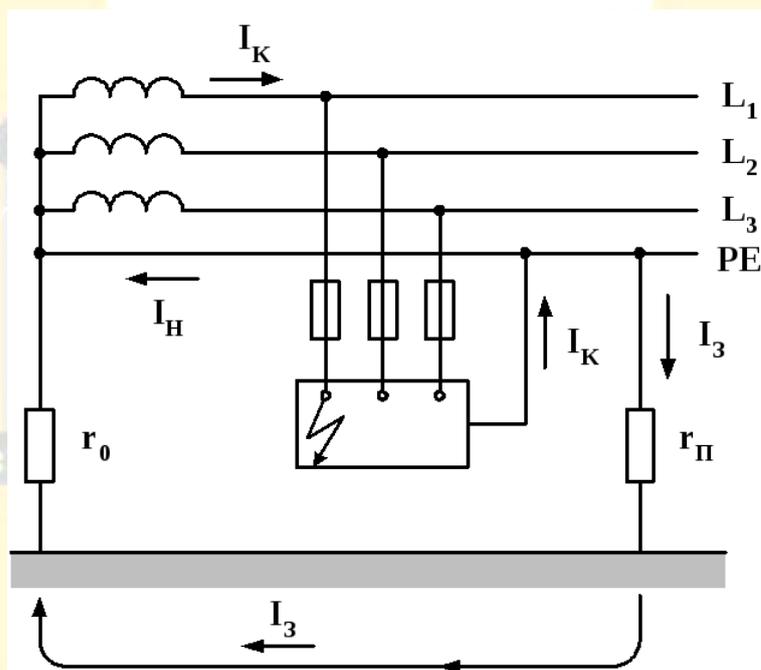


Рис. 8.4. Принципиальная схема зануления:

1 — корпус; 2 — аппараты защиты от токов короткого замыкания (плавкие предохранители, автоматы и т. п.); R_0 — сопротивление заземления нейтрали источника тока; R_{Π} — сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника; I_K — ток короткого замыкания; $I_K = I_H + I_3$, I_H — часть тока короткого замыкания, проходящая по нулевому проводу; I_3 — часть тока короткого замыкания, проходящая через землю

Из рис. 8.4 видно, что схема зануления требует наличия в сети следующих элементов: нулевого защитного проводника; заземления нейтрали источника тока; повторного заземления нулевого защитного проводника.

Область применения зануления – трехфазные четырехпроводные сети напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью. Обычно это сети напряжением 400 (380)/230 (220) В (применяющиеся в машиностроительной и других отраслях), а также сети 230(220)/133(127) В и 690(660)/400(380) В.

Защитное автоматическое отключение (УЗО) – это быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током. Такая опасность может возникнуть при замыкании фазы на корпус электрооборудования; при снижении сопротивления изоляции фаз относительно земли ниже определенного предела; появлении в сети более высокого напряжения; замыкании фазы на корпус. УЗО обеспечивает отключение неисправной электроустановки за время не более 0,2 с. Основными частями УЗО являются прибор защитного отключения и автоматический выключатель.

Прибор защитного отключения – совокупность отдельных элементов, которые реагируют на изменение какого-либо параметра электрической сети и дают сигнал на отключение автоматического выключателя. **Автоматический выключатель** – устройство, служащее для включения и отключения оборудования. Устройство защитного отключения в зависимости от параметра, на который оно реагирует, может быть отнесено к тому или иному типу, в том числе к типам устройств, реагирующих на напряжение корпуса относительно земли, на ток замыкания на землю, на напряжение фазы относительно земли и др.

Двойная изоляция – совокупность двух видов изоляции: *рабочая изоляция* – изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током; *дополнительная изоляция* – изоляция корпуса. Наиболее просто двойная изоляция осуществляется путем покрытия металлических корпусов и рукояток электрооборудования слоем электроизоляционного материала и применением изолирующих ручек. Область применения двойной изоляции ограничивается электрооборудованием небольшой мощности – электрифицированным ручным инструментом, некоторыми переносными устройствами, бытовыми приборами и ручными электролампами.

Электрозашитные средства

В процессе эксплуатации электроустановок могут возникать ситуации, когда конструктивное исполнение установки не обеспечивает безопасность работника. Поэтому наряду со стационарными устройствами защиты от поражения электрическим током требуется применение специальных защитных средств – приборов, аппаратов, переносных и перевозимых приспособлений и устройств, служащих для защиты персонала от поражения электрическим током, воздействия электрической дуги, электрического поля, продуктов горения и т.п. Эти средства не являются конструктивными частями электроустановок: они дополняют защитные функции ограждений, блокировок, защитного заземления, зануления и т.п.

Они называются электрозашитными средствами.

Согласно ТКП 290-2010 «Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках» электрозашитные средства делятся на основные и дополнительные.

Основные электрозашитные средства – средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок, и которые позволяют работать на токоведущих частях, находящихся под напряжением.

Дополнительные электрозашитные средства – средства защиты, дополняющие основные средства, а также служащие для защиты от напряжения прикосновения и напряжения шага, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения электрическим током, а применяются совместно с основными электроизолирующими средствами.

Классификация защитных средств в зависимости от напряжения электроустановки приведена в табл. 8.1 и 8.2.

Электрозащитные средства для работ в электроустановках
напряжением выше 1кВ

Основные	Дополнительные
Электроизолирующие штанги всех видов Электроизолирующие и электроизмерительные клещи Указатели напряжения Устройства и приспособления для обеспечения безопасности труда при проведении испытаний и измерений в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, устройства для прокола и резки кабеля, указатели повреждения кабелей) Электроизолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением в электроустановках (полимерные изоляторы, изолирующие лестницы, накладки)	Электроизолирующие перчатки и боты Электроизолирующие ковры и подставки Электроизолирующие колпаки и накладки Штанги для переноса и выравнивания потенциала Сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные Лестницы приставные, стремянки электроизолирующие стеклопластиковые Заземления переносные Заземления переносные набрасываемые Плакаты и знаки безопасности Оградительные устройства

Таблица 8.2

Электрозащитные средства для работ в электроустановках напряжением до 1 кВ

Основные	Дополнительные
Электроизолирующие штанги всех видов Электроизолирующие и электроизмерительные клещи Указатели напряжения Электроизолирующие перчатки Ручной электроизолирующий инструмент Электроизолирующие средства и приспособления для проведения работ под напряжением на ВЛ 0,4 кВ	Электроизолирующие галоши Электроизолирующие ковры и подставки Электроизолирующие колпаки и накладки Заземления переносные Плакаты и знаки безопасности Оградительные устройства Лестницы приставные, стремянки электроизолирующие стеклопластиковые

Кроме перечисленных средств защиты в электроустановках применяются средства индивидуальной защиты следующих классов: средства защиты головы; средства защиты глаз и лица; средства индивидуальной защиты органов дыхания; средства защиты органов слуха; средства защиты рук; средства защиты от падения с высоты; одежда специальная защитная; обувь специальная защитная.

Расчетные задания по теме

Задача 8.1. Рассчитать заземляющее устройство для заземления электрооборудования. Напряжение питания – 380 В. Заземляющее устройство состоит из вертикальных заземлителей из стальных труб или уголков длиной l и горизонтального заземлителя из стальной полосы 12х4. Вертикальные заземлители расположены с интервалом a . Глубина заложения горизонтального заземлителя $h_0 = 0,7$ м. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Исходные данные для расчета

Исходные данные	№ варианта										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Напряжение э/установок, В	до 1000										
Суммарная мощность э/установок, Р, кВА	150	200	250	120	300	220	250	200	150	300	
Тип вертикального заземлителя и размеры сечения, мм	труба Ø40	уголок 50x50x4	труба Ø32	уголок 60x60x4	труба Ø55	уголок 75x75x8	труба Ø50	уголок 60x60x6	труба Ø32	уголок 50x50x5	
Длина вертикального заземлителя, l, м	3,0	3,0	2,5	2,5	3,0	3,0	2,5	3,0	2,5	2,5	
Грунт	глина	суглинки	песок	супесок	чернозем	супесок	суглинки	глина	песок	чернозем	
Удельное сопротивление грунта, $\rho_{гр}$, Ом·м	70	150	700	400	53	400	150	70	700	53	
Расстояние между вертикальными заземлителями, a, м	6,0	9,0	5,0	5,0	6,0	3,0	5,0	4,5	5,0	5,0	
Отношение расстояния между заземлителями к их длине, a/l	2	3	2	2	2	1	2	1,5	2	2	
Способ заложения заземлителей	в ряд					по контуру					

Порядок расчета

Расчет защитного заземления заключается в определении типа вертикальных стержневых заземлителей, количества, размеров и способа их размещения при условии соответствия расчетного значения сопротивления заземляющего устройства нормам. Для электроустановочного напряжения до 1 кВ расчет выполняется методом коэффициентов использования.

1. Определить допустимое сопротивление заземляющих устройств.

Допустимая величина сопротивления проектируемого заземляющего устройства $R_{доп}$ принимается по заданному напряжению и суммарной мощности электроустановок в соответствии с нормами.

ТКП 339-2011 устанавливает значение наибольшего допустимого сопротивления защитного заземляющего устройства в электроустановках напряжением до 1 кВ: сети с изолированной нейтралью при мощности трансформатора или генератора до 100 кВА – 10 Ом, а при мощности более 100 кВА – 4 Ом.

2. Определить сопротивление растеканию одиночного вертикального заземлителя по формуле:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right) = 0,366 \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \lg \frac{4H+l}{4H-l} \right), \text{ Ом,}$$

где ρ – расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей, Ом·м;

l – длина вертикального заземлителя, м;

d – диаметр стержня вертикального заземлителя – трубы или круга (если в качестве одиночного заземлителя принят электрод с профилем в виде уголка, то $d = 0,95 b$, где b – ширина полки уголка), м;

H – расстояние от середины заземлителя до поверхности грунта, м

$$H = h_0 + l/2;$$

h_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя, м.

Расчет можно вести по приближенной формуле (погрешность 5-10%)

$$R_B = 0,366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{d}.$$

Схема расположения одиночного электрода в грунте приведена на рис. 8.7.

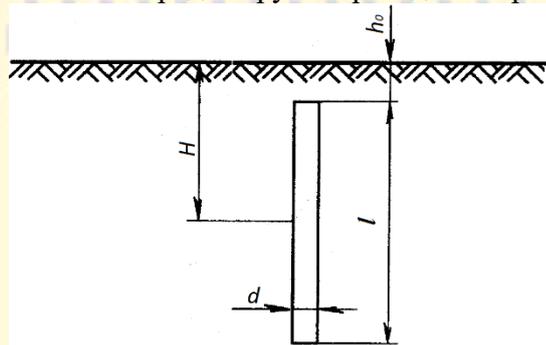


Рис.8.7. Одиночный стержневой заземлитель

3. Определить ориентировочное количество вертикальных заземлителей по формуле:

$$n_{в.о} = R_B / R_{доп.}$$

4. Определить коэффициент использования вертикальных заземлителей η_v (табл.8.5).

Таблица 8.5

Коэффициент использования η_v вертикальных стержневых заземлителей

Число стержней	Способ заложения заземлителей					
	в ряд			по контуру		
	Отношение расстояний между заземлителями к их длине a/l					
	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,80

1	2	3	4	5	6	7
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,55	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,55	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

5. Определить число вертикальных заземлителей с учетом коэффициента использования по формуле:

$$n_B = \frac{R_B}{\eta_B \cdot R_{\text{доп}}} \cdot$$

Полученное значение n_B следует округлить и принять несколько меньшим, так как горизонтальная металлическая полоса одновременно работает как заземлитель.

6. Определить длину горизонтального полосового заземлителя:

при расположении стержней:

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

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

где a – расстояние между вертикальными заземлителями, м;

n – количество стержней – заземлителей.

7. Определить сопротивление растеканию горизонтального заземлителя по формуле:

$$R_r = \frac{\rho}{2\pi l_{\text{пол}}} \ln \frac{2l_{\text{пол}}^2}{b \cdot h_0} = 0,366 \frac{\rho}{l_{\text{пол}}} \lg \frac{2l_{\text{пол}}^2}{b \cdot h_0}, \text{ Ом,}$$

где b – ширина полосы, м (рис.8.8).

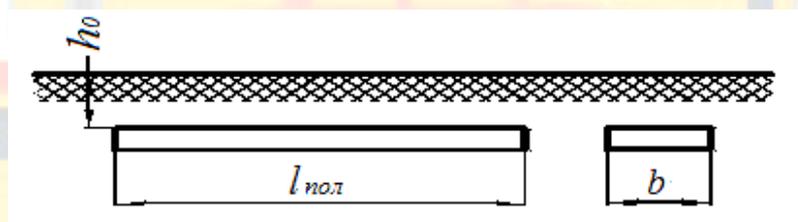


Рис. 8.8. Горизонтальный полосовый заземлитель

Расчет можно вести по приближенной формуле (погрешность 25%)

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

8. Определить коэффициент использования горизонтального полосового заземлителя η_r (табл.8.6).

Коэффициент использования η_r горизонтального полосового заземлителя, соединяющего вертикальные стержни

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

9. Определить общее расчетное сопротивление заземляющего устройства по формуле:

$$R = \frac{R_B \cdot R_r}{R_r \cdot \eta_B \cdot n_B + R_B \cdot \eta_r}, \text{ Ом.}$$

10. Правильное рассчитанное заземляющее устройство должно отвечать условию $R \leq R_{\text{доп}}$.

Если $R > R_{\text{доп}}$, то необходимо увеличить число вертикальных заземлителей и выполнить перерасчет заземляющего устройства.

Задача 8.2. Выполнить расчет зануления электродвигателя на отключающую способность.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 8.7. Номер варианта следует выбирать по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 8.7

Исходные данные для расчета зануления

Исходные данные	№ варианта										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Напряжение сети, питающей электродвигатель, В	400	400	400	230	230	230	400	400	400	230	
Фазное напряжение в сети, $U_{\text{ф}}$, В	230	230	230	133	133	133	230	220	230	133	
Номинальный ток плавких вставок предохранителей, автоматических выключателей, защищающих электродвигатель, $I_{\text{ном}}$, А	125	125	80	80	125	80	125	80	125	125	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Коэффициент кратности тока, К	Автом. выкл. 1,25	Плавк. предохранитель р. 3	Автом. выкл. 1,4	Автом. выкл. 1,4	Плавк. предохранитель 3	Автом. выкл. 1,4	Плавк. предохранитель р. 3	Автом. выкл. 1,4	Автом. выкл. 1,25	Плавк. предохранитель 3
Полное сопротивление трансформатора, Z_T , Ом	0,487	0,12	1,237	0,799	0,12	1,1	1,237	0,799	1,1	0,12
Мощность трансформатора, S, кВА	160	100	63	25	100	160	25	63	25	160
Активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников:										
R_{ϕ} , Ом	Алюм. 2,8	Алюм. 1,4	Медь 0,9	Алюм. 2,8	Медь 1,8	Алюм. 1,4	Медь 1,8	Алюм. 1,4	Медь 1,8	Алюм. 2,8
$R_{н.з.}$, Ом	Сталь 0,308	Сталь 0,154	Сталь 0,308	Сталь 0,308	Сталь 0,154	Сталь 0,154	Сталь 0,154	Сталь 0,154	Сталь 0,154	Сталь 0,308
Индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников:										
X_{ϕ} , Ом	0,033	0,015	0,033	0,033	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,033
$X_{н.з.}$, Ом	0,308	0,154	0,308	0,308	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,308

Порядок расчета

Решение сводится к проверке соблюдения следующего условия:

$$I_{к.з.} \geq I_{сраб.защ.}$$

1. Определить величину тока срабатывания защиты по формуле:

$$I_{сраб.защ.} = K \cdot I_{ном},$$

где $I_{ном}$ – номинальный ток плавкой вставки предохранителя, автоматического выключателя электродвигателя;

K – коэффициент кратности тока.

2. Определить полное сопротивление петли «фаза-нуль» по формуле:

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

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

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

X_{π} – внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль» (0,02 Ом).

3. Определить действительное значение тока однофазного короткого замыкания, проходящего в схеме в аварийном режиме, по формуле:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\pi}},$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В;

Z_{π} – полное сопротивление петли «фаза-нуль», Ом;

Z_T – полное сопротивление трансформатора, Ом.

4. Сравнить вычисленное значение тока однофазного короткого замыкания $I_{к.з.}$ с наименьшим допустимым значением по условиям срабатывания защиты, т.е. током $I_{сраб.защ.}$.

Если $I_{к.з.} \geq I_{сраб.защ.}$, то отключающая способность зануления обеспечена.

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Предмет курса «Охрана труда» и его основные разделы.
2. Правила и нормы в области охраны труда. Система стандартов безопасности труда.
3. Органы контроля (надзора) за соблюдением законодательства об охране труда.
4. Организация охраны труда на предприятии.
5. Права и обязанности работодателя в области охраны труда.
6. Ответственность должностных лиц предприятий за нарушение законодательства об охране труда.
7. Обучение работающих безопасности труда. Виды инструктажа персонала.
8. Инструкции по охране труда.
9. Планирование и финансирование мероприятий по охране труда.
10. Классификация опасных и вредных производственных факторов.
11. Аттестация рабочих мест по условиям труда.
12. Расследование и учет несчастных случаев и профзаболеваний на производстве.
13. Методы анализа производственного травматизма.
14. Специальное расследование несчастных случаев.
15. Микроклимат рабочих мест. Действие параметров микроклимата на организм человека.
16. Нормирование параметров микроклимата. Мероприятия по оздоровлению воздушной среды и оптимизации параметров микроклимата.
17. Тепловые излучения, их воздействие на человека. Меры защиты от тепловых излучений.
18. Производственная пыль, ее свойства. Действие пыли на организм человека. Меры борьбы с пылью.
19. Вредные вещества. Классификация вредных веществ. Их действие на организм человека.
20. Нормирование содержания вредных веществ. Меры защиты от вредных веществ.
21. Классификация систем вентиляции. Требования к системам вентиляции.
22. Естественная вентиляция.
23. Механическая вентиляция.
24. Системы отопления промышленных зданий.
25. Классификация производственного освещения. Основные требования к производственному освещению.
26. Естественное и совмещенное освещение производственных помещений и их нормирование.
27. Искусственное освещение производственных помещений и его нормирование
28. Понятие «шум». Классификация шумов. Источники шума.
29. Воздействие шума на организм человека. Нормирование шума.
30. Способы и средства защиты от шума.
31. Ультразвук, его воздействие на организм человека. Нормирование ультразвука. Меры защиты от ультразвука.

32. Вибрация. Источники вибрации. Классификация вибрации. Действие вибрации на организм человека.
33. Нормирование вибрации. Методы обеспечения вибробезопасных условий труда.
34. Электромагнитные излучения, их воздействие на организм человека. Нормирование ЭМП и меры защиты.
35. Электростатические поля, их воздействие на организм человека. Нормирование ЭСП и меры защиты.
36. Действие электрического тока на организм человека. Виды поражений электрическим током.
37. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током.
38. Причины поражения электрическим током и меры защиты от поражения.
39. Классификация производственных помещений по опасности поражения электрическим током.
40. Защитное заземление.
41. Защитное зануление.
42. Защитное отключение.
43. Средства индивидуальной защиты, применяемые в электроустановках с напряжением до 1000 В.
44. Первая доврачебная помощь при поражении человека электрическим током.
45. Безопасность устройства и эксплуатации машин и механизмов. Опасные зоны. Устройства безопасности в машинах и механизмах.
46. Требования безопасности при эксплуатации и освидетельствовании подъемно-транспортного оборудования.
47. Требования безопасности к газовым баллонам.
48. Требования безопасности к эксплуатации компрессорных установок.
49. Санитарная классификация предприятий. Санитарно-защитная зона.
50. Требования охраны труда к территории предприятий и размещению зданий на ней.
51. Требования безопасности к устройству зданий и помещений.
52. Общие требования безопасности к технологическим процессам (видам работ).
53. Организация пожарной охраны предприятий.
54. Государственный пожарный надзор.
55. Условия возникновения горения. Показатели взрывопожарной и пожарной опасности веществ и материалов.
56. Классификация помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
57. Огнестойкость зданий и сооружений.
58. Предотвращение распространения пожаров и взрывов в зданиях.
59. Спринклерная система.
60. Дренчерная система.
61. Эвакуационные пути и выходы.
62. Огнегасящие вещества.
63. Огнетушители.
64. Пеногенераторные установки.

65. Пожарная сигнализация.
66. Безопасность труда при работе с ПЭВМ.
67. Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию литейного производства.
68. Требования безопасности к вагранкам.
69. Требования безопасности к дуговым печам.
70. Требования безопасности к индукционным печам.
71. Требования безопасности при приготовлении стержневых и формовочных смесей.
72. Требования безопасности при изготовлении литейных стержней и форм.
73. Требования безопасности при разливке металла и заливке форм.
74. Требования безопасности при выбивке, очистке и обрубке отливок.
75. Требования безопасности к литью по выплавляемым моделям.
76. Требования безопасности к литью в оболочковые формы.
77. Требования безопасности к литью под давлением.
78. Требования безопасности к центробежному литью.
79. Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию металлургического производства.
80. Безопасность труда в прокатном производстве.
81. Требования безопасности к станам.
82. Требования безопасности к сортопрокатным и проволочным станам.
83. Требования безопасности к листопрокатным станам.
84. Требования безопасности технологических процессов производства проволоки методом волочения.
85. Требования безопасности при производстве стальных канатов и металлокорда.
86. Требования безопасности при травлении металлов.
87. Требования безопасности при термообработке металлов и нанесении защитных и специальных покрытий.
88. Требования безопасности в труболитейном производстве.
89. Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию сварочного производства.
90. Требования безопасности к технологическим процессам и производственному оборудованию обработки металлов давлением.
91. Требования безопасности к прессам для холодной штамповки металлов.
92. Требования безопасности к ножницам для резки листового металла.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Об охране труда: Закон Республики Беларусь от 23.06.2008 г. № 356-З (в ред. от 12.07.2013) // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. — 2008. — № 2.
2. Трудовой кодекс Республики Беларусь. — Минск: Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 1999. — 192 с. (в ред. от 31.11.2017 № 68-З).
3. Директива Президента Республики Беларусь от 11.03.2004 г № 1 «О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины» (в редакции Указа от 12.10.2015 г. № 420
4. Лазаренков, А. М. Охрана труда в металлургии: учебное пособие / А.М. Лазаренков — Минск: ИВЦ Минфина, 2019. — 376 с.
5. Лазаренков, А.М. Пожарная безопасность [Электронный ресурс]: учебное пособие по дисциплине "Охрана труда" / А.М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Охрана труда". – Минск: БНТУ, 2019. – 125с.
6. Лазаренков, А.М. Учебно-практическое пособие по расчетам в охране труда [Электронный ресурс] // А.М. Лазаренков, Т.П. Кот, Е.В. Мордик и др. – Минск: БНТУ, 2018.
7. Лазаренков, А.М., Фасевич Ю.Н. Курс лекций: учебное пособие по дисциплине "Охрана труда" [Электронный ресурс] / А.М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Охрана труда". – Минск: БНТУ, 2019. – 174с.
8. Санитарные нормы и правила «Требования к условиям труда женщин» (утв. постановлением Министерства здравоохранения 12.12.2012 г. № 194, с изм., утв. постановлением МЗ РБ от 30.06.2014 г. № 51).
9. ГОСТ 12.1.005 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
10. Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и Гигиеническим нормативом «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» (утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 30.04.2013 г. № 33 с изменениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2015 г. № 136).
11. Санитарные нормы и правила «Требования к условиям труда работающих и содержанию производственных объектов», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8.07.2016 г. № 85.
12. Санитарные нормы и правила «Требования к контролю воздуха рабочей зоны», Гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» (пост. Министерства здравоохранения от 10.10.2017 г. № 92 с дополнением, утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 22 декабря 2017 г. № 112).
13. ТКП 45-2.04-153-2009 Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования.

14. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования»
15. ГОСТ 12.4.046 «Вибрация. Методы и средства защиты»
16. Санитарные нормы и правила «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий» (утв. постановлением Министерства здравоохранения 26.12.2013 г. № 132, с дополнениями, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15 апреля 2016 г. № 57).
17. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ «Шум. Общие требования безопасности»
18. Санитарные нормы, правила и гигиенический норматив «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (утв. пост. Министерства здравоохранения 16.11.2011 г. № 115).
19. Гигиенический норматив «Критерий оценки комбинированного действия шума и вибрации на организм работающих» (утв. постановлением Министерства здравоохранения 12.11.2012г. № 173)
20. ТКП 45-2.04-154-2009 Защита от шума. Строительные нормы проектирования.
21. ГОСТ 12.1.001 «Ультразвук. Общие требования безопасности»
22. Санитарные нормы и правила «Требования к источникам воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения при работах с ними» и Гигиенический норматив «Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения» (утв. пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 6 июня 2013 г. № 45).
23. Санитарные нормы и правила «Требования к инфразвуку на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» и Гигиенический норматив «Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» (утв. пост. Министерства здравоохранения 6.12.2013 г. № 121).
24. Санитарные нормы и правила «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» (пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 23 от 05.03.2015 г.).
25. Санитарные нормы, правила и гигиенический норматив «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях» (утв. пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 69 от 21.06.2010 г.).
26. СанПиН 2.2.4-13-2-2006 «Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий» (с изм., утв. пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 5.03.2015 г. № 23).
27. Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на работников производственных источников ультрафиолетового излучения» и Гигиенический норматив «Допустимые значения показателей ультрафиолетового излучения производственных источников» (утв. пост. Министерства здравоохранения 14.12.2012 г. № 198, с изм. на 1.01.2015 г.).
28. ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

29. ТКП 339-2011 Правила устройства и защитные меры электробезопасности.
30. ТКП 290-2010 Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках (утв. Постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 27.12.2010 г. № 74).
31. ГОСТ 12.2.003 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
32. Межотраслевые правила по охране труда при проведении погрузочно-разгрузочных работ (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 26.01.2018 г. № 12)
33. Правила по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов, утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 22.12.2018 г. № 66.
34. Правила по обеспечению безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением, утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28.01.2016 г. № 7.
35. Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов. – Мн.: УП «ДИЭКОС», 2000. – 28 с.
36. Санитарные нормы и правила «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» и Гигиенический норматив «Предельно-допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» (утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.06.2013 г. № 59) и Типовой инструкцией по охране труда при работе с персональными электронными вычислительными машинами (утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 24.12.2013 г. № 130).
37. Санитарные нормы и правила «Требования к санитарно-защитным зонам организаций, сооружений и иных объектов, оказывающих воздействие на здоровье человека и окружающую среду» (пост. Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11.10.2017 г. № 91).
38. ТКП 45-3.02-325-2018 «Общественные здания. Строительные нормы проектирования».
39. ТКП 45-1.03-40-2006 «Безопасность труда в строительстве. Общие требования» (с изм. № 1 Министерства архитектуры и строительства от 04.07.2012 №215).
40. Санитарные нормы и правила «Требования к условиям труда работающих и содержанию производственных объектов» (пост. Минздрава от 8.07.2016 № 85).
41. Закон Республики Беларусь «О промышленной безопасности» (от 05.01.2016 №354-3).
42. ГОСТ 12.2.017 «Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности».
43. ГОСТ 12.2.062 «Оборудование производственное. Ограждения защитные».
44. ГОСТ 12.1.029 «Приспособления станочные Требования безопасности».
45. ГОСТ 12.2.046.0-2004 «Оборудование технологическое для литейного производства. Технические требования безопасности».
46. ГОСТ 12.3.027-2004 «Работы литейные. Требования безопасности».

47. Правила безопасности и охраны труда металлургических производств (утв. пост. Министерства промышленности Республики Беларусь от 22.05.2007г. № 8).

48. Правила по обеспечению промышленной безопасности при получении, транспортировании, использовании расплавов черных и (или) цветных металлов и сплавов на основе этих расплавов (утв. пост. Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 27.05.2017г. №19).

49. Межотраслевые правила по охране труда при термической обработке металлов (утв. пост. Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства промышленности Республики Беларусь от 29.07.2005г. №99/9).

50. Межотраслевые правила по охране труда при холодной обработке металлов (утв. пост. Министерства промышленности Республики Беларусь и Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28.07.2004г. №7/92).

51. ТКП 563-2014 Требования безопасности при выполнении сварочных работ (введен в действие с 01.06.2015г.).

52. Закон Республики Беларусь «О пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями №2/2332 от 01.01.2016 г.)

53. ГОСТ 12.1.044-2018 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»

54. ТКП 45-2.02-315-2018 Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования.

55. ТКП 474-2013 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (с изм. №2 от 16.03.2016 г. № 50).

56. ППБ Беларуси 01-2014. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь, утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 14.03.2014 г. № 3 (в ред. Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 14.02.2017 г. № 5).

57. ТКП 295-2011 Пожарная техника. Огнетушители. Требования к выбору и эксплуатации.

58. ТКП 45-2.02-317-2018 Пожарная автоматика зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования.