



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита
окружающей среды»

Учебно-методическое пособие по дисциплине

«Безопасность жизнедея- тельности»

Авторы

Лоскутникова И. Н.,
Богданова И. В.,
Холодова С. Н.,
Дымникова О. В.

Ростов-на-Дону, 2018

Аннотация

Учебно-методическое пособие предназначен для студентов очно-заочной формы обучения всех специальностей.

В пособии изложен материал по вопросам Безопасности жизнедеятельности. Приводятся алгоритмы решения практических задач по основным темам дисциплины.

Учебное пособие предназначено для студентов всех специальностей, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности», а также может быть использовано для проведения практических занятий, выполнения расчетно-графических работ, курсового и дипломного проектирования.

В учебном пособии приведены общие сведения о средствах коллективной защиты, принцип их действия, методики и примеры расчетов, а также рекомендации по выбору средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Авторы

к.х.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»
Лоскутникова И.Н.,



Безопасность жизнедеятельности

к.х.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Дымникова О. В.

к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Богданова И.В.,

к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Холодова С.Н.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. Основные понятия и определения дисциплины Безопасность жизнедеятельности	5
2. Идентификация опасных и вредных факторов	8
3. Основные положения теории риска	11
4. Общие вопросы охраны труда (ОТ)	13
5. Метеорологические условия производственной среды	27
6. Производственное освещение	43
7. Защита от шума, ультразвука, инфразвука	48
8. Защита от вибраций	51
9. Защита от электромагнитных полей	58
10. Защита от ионизирующего излучения	79
11. Опасные зоны оборудования и средства защиты	81
12. Электробезопасность.	83
13. Защита окружающей среды	109
14. Классификация и общая характеристика чрезвычайных ситуаций	120
15. Пожаро – и взрывобезопасность	126
Рекомендуемая литература	140

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы в высших учебных заведениях Российской Федерации введена общетехническая дисциплина "Безопасность жизнедеятельности". В общем случае дисциплина охватывает область знаний, изучающих опасности и защиту от них.

В структуре безопасности жизнедеятельности различают технологическо-технические, медико-биологические, экологические и социальные аспекты. Безопасность производства охватывает все названные аспекты, однако основная роль здесь принадлежит медико-биологическим аспектам, суммирующим знания промышленной гигиены и санитарии, как базиса профилактики профессиональных заболеваний, и технологическим, направленным на обеспечение безаварийности и снижения до уровня приемлемого риска производственного травматизма.

В организации и управлении безопасностью труда на производстве особое место занимает анализ производственного травматизма и аварийности, а также прогнозирование безопасности труда. Поскольку главным в работе по безопасности труда является профилактическая направленность, основными аспектами аналитической работы является оценка производственных опасностей и вредностей, а также анализ состояния безопасности труда как на предприятии в целом, так и в его подразделениях. Это тем более важно, что на каждом предприятии необходимо обеспечивать прогрессирующие улучшение условий труда.

Инженер должен в совершенстве владеть методикой и уметь оперативно реализовать ее в практической деятельности как на предварительной стадии подготовки к обследованию состояния безопасности, так и в процессе проведения обследования и разработки конкретных организационных и технических решений по улучшению состояния безопасности труда и профилактики производственных аварий

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) - это область зна-

ний, в которой изучаются опасности, угрожающие человеку (природе), закономерности их проявления и способы защиты от них.

Любая деятельность человека потенциально опасна, а, следовательно, всегда существует некоторый риск, который не может быть равен нулю.

Опасность - это явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить непосредственный или косвенный ущерб здоровью человека, т.е. вызывать нежелательные последствия.

Безопасность – это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключено причинение ущерба здоровью человека.

По характеру неблагоприятного воздействия на организм человека воздействующие факторы называют вредными и опасными. К вредным относят такие факторы, которые становятся в определенных условиях причинами заболеваний или снижения работоспособности. Опасные - это факторы которые приводят в определенных условиях к травматическим повреждениям или другим внезапным и резким нарушениям здоровья, (т.е. нарушение тканей организма и нарушение его функций).

Цель БЖД - обеспечение комфортных условий деятельности человека на всех стадиях его жизненного цикла и нормативно допустимых уровней воздействия негативных факторов на человека и природную среду.

Задачи БЖД сводятся к теоретическому анализу и разработке методов идентификации (распознавание и количественная оценка) опасных и вредных факторов, генерируемых элементами среды обитания (технические средства, технологические процессы, материалы, здания и сооружения, элементы техносферы, природные явления).

В круг научных задач также входят:

- комплексная оценка многофакторного влияния негативных условий обитания на работоспособность и здоровье человека;
- оптимизация условий деятельности и отдыха;
- реализация новых методов защиты; моделирование чрезвычайных ситуаций.

Круг практических задач обусловлен разработкой и рациональным использованием средств защиты человека и природной среды (биосферы) от негативного воздействия техногенных источников и стихийных явлений, а также средств, обеспечивающих комфортное состояние среды жизнедеятельности.

БЖД состоит из четырех разделов:

- теоретические основы БЖД;
- БЖД в условиях производства (охрана труда);
- природные аспекты БЖД (защита окружающей среды);
- БЖД в условиях чрезвычайных ситуаций.

Объектом изучения БЖД как науки является среда или условия обитания человека. Эту среду по генезису (происхождению) можно классифицировать на производственную и непроизводственную. Основным элементом производственной среды является труд, который в свою очередь состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (рис.1.1), составляющих структуру труда:

С – субъектов труда, М – "машины" – средств и предметов труда, ПТ – процессов труда, состоящих из действующих как субъектов, так и машин, ПрТ – продуктов труда как целевых, так и побочных в виде образующихся вредных и опасных примесей к воздушной среде и т.п., ПО – производственных отношений (организационных, экономических, социально-психологических, правовых по труду: отношений, связанных с культурой труда, профессиональной культурой, эстетической и т.д.).

Природная среда в виде географо-ландшафтных (Г-Л), геофизических (Г), климатических (К) элементов; стихийных бедствий (СБ), в том числе пожаров от молний и других природных источников; природных процессов (ПП) в виде газовыделений из горных пород и т.п. может проявляться как в непроизводственной сфере, так и в производственной, особенно в таких отраслях народного хозяйства, как строительство, горная промышленность, геология, геодезия и другие. Общую культуру составляют такие элементы, как нравственная культура (НК), общеобразовательная (ОК), правовая (ПК), культура общения (КО).



Рис.1.1. Элементы среды обитания человека

Все элементы, составляющие среду обитания человека, в действии становятся факторами, влияющими на БЖД. Поэтому, изучая среду обитания, БЖД обязана рассматривать влияние этих факторов на человека как в отдельности, так и в совокупности. Только при таком системном подходе можно в комплексе нетрадиционно реализовывать конечную цель БЖД.

Труд, природная среда, общая культура субъектов как элемент среды обитания человека в отдельности являются объектом исследования многих естественных и общественных наук: политэкономии, философии, гигиены труда, эргономики, социологии, инженерной психологии и других. Отличаются эти науки друг от друга предметом изучения, целью и задачами.

Свои предметы изучения имеет и БЖД. К ним можно отнести физиологические и психофизиологические возможности человека с точки зрения БЖД, формирование безопасных условий и их оптимизации и т.д.

2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

Успешному обеспечению БЖД больше всего способствует заблаговременная идентификация опасностей, т.е. их заблаговременное опознание, предвидение, оценка и уменьшение вред-

ного влияния на человека и среду обитания. Изучение обстоятельств аварийности и травматизма в конкретной области показало, что наибольший вклад приносят такие источники опасности, как электросиловое оборудование, средства хранения сжатых газов, токсичных и легковоспламеняющихся жидкостей, подвижное технологическое оборудование. Общей чертой практически всех рассматриваемых происшествий явилось то, что для их возникновения потребовалось несколько предпосылок, образующих в совокупности причинную цепь.

Наиболее типичной причинной целью происшествия оказалась последовательность событий - предпосылок следующего вида:

- ошибка человека, или отказ технологического оборудования, или недопустимое внешнее воздействие;

- случайное появление опасного фактора в произвольной части пространства;

- неисправность (отсутствие) предусмотренных средств защиты или неточных действий людей в данных условиях;

- воздействие опасных факторов на защищаемые элементы оборудования, человека или окружающую среду.

Доля предпосылок, вызванных ошибочными действиями человека, составляет 50 – 80 %, тогда как технические предпосылки – 15 – 25 %. Дополнительные факторы аварийности и травматизма:

- недостаточная эргономичность и низкая надежность технологического оборудования;

- несовершенство профотбора и подготовки работающих к эксплуатации такого оборудования;

- плохая организация работ;

- дискомфорт технологических процессов для людей и техники и т.д.

Пожалуй, уже общепризнанна преобладающая роль человеческого фактора в формировании первичных предпосылок аварийности и травматизма; происшествия вызваны обычно не единственной причиной, а рядом иногда взаимно обусловленных предпосылок. Так, Чернобыльская трагедия стала возможной вследствие наложения целого ряда предпосылок – несанкционированных (умышленно направленных) действий персонала АЭС, несовершенства принципиальной схемы и конструктивного исполнения реактора РБМК-1000, некачественной процедуры проведения и контроля испытаний турбогенератора.

Резюмируя анализ, отметим следующие основные закономерности, причины и факторы аварийности и травматизма на

производстве и транспорте:

– при массовом проведении работ аварийность и травматизм можно рассматривать как потоки случайных событий, количество которых на ограниченных интервалах времени распределено по закону Пуассона;

– появление конкретного происшествия обусловлено не отдельно взятой причиной, а результатом возникновения и развития причинной цепи предпосылок.

Инициаторами и составными звеньями причинной цепи происшествия служат ошибочные и несанкционированные действия людей, не исправности и отказы используемой ими техники, а также нерасчетные воздействия на них внешних факторов среды обитания. Ошибочные и несанкционированные действия человека обусловлены его недостаточной дисциплинированностью и подготовленностью к работам, потенциально опасной технологией и конструктивным несовершенством используемой им техники.

Отказы и неисправности техники вызваны ее низкой надежностью, а также несанкционированными или ошибочными действиями людей. Нерасчетные (неожиданные или превышающие допустимые пределы) внешние воздействия связаны с недостаточной комфортностью условий рабочей среды для человека, ее вредными воздействиями на технологическое оборудование и технику.

Опасные и вредные факторы среды обитания

Перечень реально действующих негативных факторов значителен и насчитывает более 100 видов.

Вредные факторы:

- запыленность и загазованность воздуха;
- шум;
- вибрации;
- электромагнитные поля;
- ионизирующие излучения;
- повышенные и пониженные атмосферные параметры (температура, влажность, подвижность воздуха, давление);
- недостаточное и неправильное освещение;
- монотонность деятельности;
- тяжелый физический труд;
- токсичные вещества;
- загрязненная вода и продукты питания и др.

Опасные факторы:

- огонь, ударная волна, горячие и переохлажденные поверх-

ности; электрический ток;
 транспортные средства и подвижные части машин;
 отравляющие вещества;
 острые и падающие предметы;
 лазерное излучение;
 острое ионизирующее облучение и др.
 Негативные факторы в быту:
 воздух, загрязненный продуктами сгорания природного газа, выбросами ТЭЦ, промышленных предприятий, автотранспорта и мусоросжигающих устройств;
 вода с избыточным содержанием вредных примесей; недоброкачественная пища;
 шум;
 инфразвук;
 вибрации;
 электромагнитные поля от синтетических материалов, бытовых приборов, телевизоров, дисплеев, ЛЭП;
 медикаменты при избыточном и неправильном их применении; алкоголь;
 табачный дым;
 бактерии;
 естественный фон и другие факторы.
 Опасные и вредные факторы, обусловленные деятельностью человека и продуктами его труда, называются антропогенными.

3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ РИСКА

Количественная оценка опасностей называется риском.
 Риск - это отношение числа тех или иных неблагоприятных проявлений опасностей к их возможному числу за определенный период времени (год, месяц, час и т.д.).
 Подсчитаем риск $R_{пр}$ гибели человека на производстве за 1 год, если известно, что ежегодно погибает около $n = 40$ чел., а численность работающих составляет примерно $N = 78 \times 10^6$ чел.

$$R_{пр} = \frac{n}{N} = \frac{40}{78 \times 10^6} = 5 \times 10^{-5}$$

Второй пример. Ежегодно в нашей стране вследствие несчастных случаев, аварий и других происшествий погибает око-

ло 360 000 человек. Принимая численность населения страны 140×10^6 чел., определим риск гибели RCTP жителя страны от опасностей:

$$R_{\text{пр}} = \frac{n}{N} = \frac{36 \times 10^4}{14 \times 10^7} = 25 \times 10^{-3}$$

Следовательно, необходимо нормирование уровня безопасности на основе понятия риска. В мировой практике нормированный риск называется приемлемым. Для обычных общих условий деятельности приемлемый риск гибели человека принимается равным 10^{-6} . Различают индивидуальный и социальный риск.

Индивидуальный риск характеризует опасность определенного вида для отдельного индивидуума.

Социальный (групповой) - это риск для группы людей, т.е. - это зависимость между частотой и числом пораженных людей.

Выделяют 4 методических подхода к определению риска.

Инженерный - опирающийся на статистику, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение деревьев опасности.

Модельный - основанный на построении моделей воздействия вредных факторов на отдельного человека, социальные, профессиональные группы и т.п.

Экспертный - определяющий вероятность различных событий на основе опроса опытных специалистов, т.е. экспертов.

Социологический - основанный на опросе населения.

Все эти методы необходимо применять в комплексе.

Для управления риском используют 3 уровня:

- совершенствование технических систем и объектов;
- подготовка персонала;
- ликвидация чрезвычайных ситуаций.

К техническим, организационным, административным добавляются экономические методы управления риском (страхование, денежная компенсация ущерба, платежи за риск и др.). В основе управления риском лежит методика сравнения затрат и получаемых выгод от снижения риска.

Последовательность изучения опасностей

Осуществляется:

Выявление источников опасности.

Определение части системы, которые могут вызвать эти опасности.

Введение ограничения на анализ, т.е. исключить опасности, которые не будут изучаться.

Выявление последовательности опасных ситуаций, построение дерева событий и опасностей, и анализ последствий.

Любая опасность реализуется, принося ущерб, благодаря какой-либо причине или нескольким причинам. Без причин нет реальных опасностей. Следовательно, предотвращение опасностей или защита от них базируется на знании причин; опасность есть следствие некоторой причины (причин), которая, в свою очередь, является следствием другой причины и т.д.

Таким образом, причины и опасности образуют цепные структуры или системы. Графическое изображение таких зависимостей напоминает ветвящееся дерево.

4. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА (ОТ)

Охрана труда - система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда. Задачей ОТ является сведение к минимальной вероятности нарушения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда и высоком качестве выпускаемой продукции.

Курс ОТ состоит из трех частей:

техника безопасности (ТБ);

производственная санитария (ПС);

законодательство по ОТ.

Техника безопасности – система организационных технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Производственная санитария – система организационных, гигиенических и санитарно - технических мероприятий и средств , предотвращающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Трудовое законодательство – совокупность норм и правил, направленных на создание безопасных и здоровых условий труда; регулирует трудовые отношения на промышленных предприятиях между администрацией, рабочими и служащими.

Организация работы по охране труда

Организация работы по ОТ осуществляется в соответствии

со статьей 8-й Основ законодательства РФ.

Службу ОТ организуют как отдельное структурное подразделение предприятия с непосредственным подчинением работодателю.

На должность инженера по ОТ следует назначать инженера с дипломом по ОТ. Лиц с высшим образованием рекомендуется направлять в высшие учебные заведения на специальные факультеты по переподготовке кадров, по окончании которых им присваивается квалификация "инженер по ОТ".

Работодателю рекомендуется организовывать для работников службы ОТ повышение квалификации не реже одного раза в 5 лет.

Структуру и численность службы ОТ предприятия необходимо определять в соответствии с межотраслевыми нормативами численности работников службы ОТ на предприятии, утвержденными Министерством труда РФ.

Если на предприятии получается менее 1чел. по ОТ, работодатель может приказом по предприятию возложить обязанности инженера по ОТ на специалиста (с его согласия и после соответствующего обучения) или пригласить на договорной основе специалиста соответствующей квалификации.

Служба ОТ осуществляет свою деятельность во взаимодействии с другими службами предприятия, комитетом (комиссией) по ОТ, уполномоченными (доверенными) лицами по ОТ профсоюзов или трудового коллектива, а также с органами государственного управления ОТ, надзора и контроля за ОТ.

За состояние ОТ на предприятии отвечает работодатель. Ответственность не снимается и с руководителей структурных подразделений и самого рабочего.

Обязанности отдела ОТ:

контроль за соблюдением руководителями цехов и других участков действующих законодательств, норм и правил по ОТ;

организация и проведение вводных инструктажей по ОТ рабочих и ИТР, контроль за проведением инструктажа на рабочих местах;

контроль за обучением рабочих правилам ОТ для участков с повышенной опасностью;

контроль за расходованием средств, отпускаемых на ОТ, обеспеченностью рабочих спецодеждой и средствами защиты;

участие в рассмотрении аварий и несчастных случаев, составление отчетов об авариях и несчастных случаях;

участие в рассмотрении проектов реконструкции производ-

ства;

разработка совместно с комиссией по ОТ завкома плана мероприятий по ОТ для включения их в коллективный договор;
внедрение стандартов безопасности труда и другой научно-технической информации по ОТ.

Права отдела ОТ:

давать ответственным руководителям подразделений обязательные для исполнения предписания об устранении выявленных нарушений, которые могут быть отменены только руководителем предприятия;

запрещать эксплуатацию оборудования и производство работ на отдельных участках, если это угрожает жизни и здоровью работающих;

привлекать по согласованию с руководителем предприятия соответствующих специалистов других подразделений к проверкам состояния охраны труда;

запрашивать и получать от подразделений предприятия материалы по вопросам охраны труда, требовать письменные объяснения от лиц, допустивших нарушение правил и норм охраны труда и инструкций по безопасности труда;

требовать от руководителей подразделений отстранения от работы лиц, не имеющих допуска к выполнению данной работы или грубо нарушающих правила и нормы охраны труда и инструкции по безопасности труда. Эти требования являются обязательными для исполнения;

предъявлять руководству предприятия предложения о премировании отдельных работников за активную работу в создании здоровых и безопасных условий труда и вносить предложения о привлечении к дисциплинарной ответственности в установленном порядке лиц, виновных в нарушении правил и норм охраны труда;

представительствовать по указанию руководства предприятия в государственных и общественных организациях при обсуждении вопросов по охране труда;

изымать с рабочего места неисправный рабочий инструмент, приспособления и другие предметы труда с последующим извещением руководителя структурного подразделения.

Обязанности работодателя:

- обеспечение безопасности;
- обеспечение соблюдения законодательства по ОТ;
- обеспечение санитарно - бытового состояния помещений, рабочих мест и т.д.;
- обеспечение спецодеждой;

- установление режима работы ;
- контроль за вредными и опасными факторами ;
- доведение содержания контрактной системы до уровня полного обеспечения здоровья работающих. Контракт должен учитывать все условия труда с полной сертификацией рабочего места и т.д.

Обязанности рабочего:

- соблюдать инструкции;
- работать в положенной спецодежде;
- сообщать руководству о наличии несчастных случаев, о неисправности оборудования и т.д.;
- соблюдать трудовую дисциплину.

Государственный и административно – общественный надзор за состоянием ОТ

По указу Президента при Министерстве труда организована Роструд-инспекция. Технические государственные инспекторы независимые. В работу инспекторов вмешиваться никому не позволено, только через суд.

Другими государственным органами надзора являются: госгортехнадзор, госэнергонадзор, госсаннадзор, ГАИ, органы прокуратуры, госпроматомнадзор, госкомприрода и др.

Инспектора госнадзора могут посещать предприятия в любое время суток, давать предписания, штрафовать, останавливать неисправное оборудование и т.д.

Профсоюзы оказались несостоятельными содержать технических инспекторов, а там, где они сохранились, их права ограничены. Они проверяют состояние ОТ и докладывают в областную техническую трудовую инспекцию.

На предприятиях необходимо восстановить и усилить административный – общественный контроль:

- трехступенчатый контроль;
- целевые проверки;
- комплексные проверки (местные, ведомственные и т.д.);
- обследование врачебно-инженерными бригадами.

Трехступенчатый контроль за состоянием ОТ заключается в следующем.

Первая ступень – мастер совместно с уполномоченным по ОТ от рабочего коллектива ежедневно перед началом работ проверяет состояние оборудования, инструмента, оградительных устройств и т.д.

Вторая ступень – начальник цеха совместно с приглашаемыми специалистами проводит осмотр производства на соответствующих участках. Результат осмотра - заседание, принятие решений по устранению нарушений по ОТ.

Третья ступень – работодатель совместно с главным инженером, начальником отдела ОТ, главным механиком, главным энергетиком и другими специалистами проводят осмотр производства на соответствующих участках. Результат – заседание, принятие решений по устранению нарушений по ОТ.

Сроки проведения контроля работодатель устанавливает приказом по предприятию.

Организация обучения, инструктирования и проверки знаний по ОХРАНЕ ТРУДА рабочих, служащих, специалистов

Обучение по вопросам ОТ руководителей и специалистов предприятий проводится по программам, разработанным и утвержденным предприятиями и учебными центрами, имеющими разрешение органов управления от субъектов РФ на проведение обучения и проверку знаний по ОТ.

Проверка знаний по ОТ руководителей и специалистов проводится периодически не реже 1раза в три года, а поступивших на работу - не позднее 1 месяца после назначения на должность.

Ответственность за организацию обучения и проверки знаний по ОТ на предприятии возлагается на его руководителя.

Для проведения проверки знаний по ОТ на предприятиях приказом (распоряжением) их руководителей создаются комиссии по проверке знаний.

Проверку знаний по ОТ на предприятиях проходят: руководители и специалисты структурных подразделений; инженеры и педагогические работники проф.-тех. училищ.

Руководители и специалисты (директора, гл. инженеры, начальники служб ОТ и др.) проходят проверку знаний по ОТ в комиссиях вышестоящих организаций (если они имеются) или в комиссиях учебных заведений, имеющих разрешение на проведение обучения и проверку знаний по ОТ, или в областной комиссии по организации обучения и проверке знаний по ОТ.

Внеочередная проверка знаний по ОТ руководителей и специалистов предприятий проводится независимо от сроков прохождения предыдущей проверки знаний в следующих случаях:

при назначении или переводе, если новые обязанности

требуют дополнительных знаний по ОТ;

по требованию должностных лиц, органов госконтроля (Рострудинспекция, госгортехнадзор) при выявлении нарушении ими правил и норм ОТ.

Перед началом очередной (внеочередной) проверки знаний организовывается специальная подготовка с привлечением должностных лиц соответствующих органов государственного управления, надзора и контроля. Дата, место проведения проверки знаний не позднее 15 дней.

Комиссии всех уровней состоят из председателя, заместителя (в случае необходимости) и членов комиссии.

В состав комиссии по проверке знаний в случаях проверки знаний совместно с другими надзорными органами включаются представители этих органов. Комиссии должны включать не менее 3 человек.

Проверка знаний руководителей и специалистов структурных подразделений проводится с учетом их должностных обязанностей и характера производственной деятельности. Результатом проверки является протокол в 2 экземплярах и удостоверение. Не сдавшие проходят повторную проверку знаний в срок не более месяца.

Ответственность за нарушение законов по охране труда

Для должностных лиц, допускающих нарушение законодательств о труде, норм и правил по ОТ, предусматриваются различные виды ответственности: дисциплинарная, административная, материальная, уголовная.

Дисциплинарная ответственность заключается в наложении взысканий на виновных вплоть до смещения с должности. Дисциплинарное взыскание накладывается администрацией предприятия.

Административная ответственность заключается в наложении штрафов на должностных лиц, ответственных за выполнение законов, норм и правил по ОТ. Вопрос об административном взыскании (штрафе) решается органами, осуществляющими государственный надзор по охране труда.

За нарушение трудового законодательства государственный инспектор имеет право привлекать к административной ответственности до 50 минимальных окладов. При наличии несчастных случаев или других тяжких последствий размер штрафа может

быть увеличен судом до 500 минимальных окладов. Виновный может быть наказан лишением свободы. Если не заключен коллективный договор или не выполняются в нем мероприятия по ОТ, работодатель может быть оштрафован до 100 минимальных окладов.

Материальную ответственность несут предприятия за ущерб, причиненный рабочим и служащим в связи с несчастным случаем или ухудшением здоровья, связанными с их работой и происшедшими либо на территории предприятия, либо вне территории при выполнении ими своих трудовых обязанностей, а также во время следования к месту работы и с работы на транспорте предприятия.

Предприятие возмещает ущерб рабочим и служащим в потере или уменьшении заработка, а также расходы на уход за ним, дополнительное питание, протезирование, курортное лечение и т.д.

Инструктажи по безопасности труда

Существует несколько видов инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый, целевой.

Вводный инструктаж обязаны пройти все вновь поступающие на предприятие, а также командированные и учащиеся, прибывшие на практику. Вводный инструктаж проводится в целях ознакомления с общими правилами ТБ и ПС, основными законами об охране труда и правилами внутреннего распорядка. Его проводит инженер по охране труда по программе, утвержденной главным инженером.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят со всеми вновь принятыми на предприятие, переводимыми из одного подразделения в другое, командированными и т.д. Цель - ознакомление с действующими инструкциями по ОТ для данной профессии руководителем участка, показ безопасных приемов работы и т.д.

Повторный инструктаж проводится не реже чем через шесть месяцев. Цель – восстановить в памяти рабочих правила по охране труда, а также разобрать конкретные нарушения из практики цеха или предприятия.

Внеплановый инструктаж проводят в случаях изменения технологического процесса, оборудования, приспособлений и т.п.; введения новых инструкций по ОТ; при наличии случаев травматизма в цехе и т.д.

Целевой инструктаж проводят с работниками перед нача-

лом работ, на которые оформляется наряд - допуск (работа с электроустановками, в колодцах, траншеях; ремонт газопроводов, работа на высоте и т.д.). Все лица, обслуживающие электроустановки, подвергаются проверке знаний с присвоением квалификационной группы по ТБ при эксплуатации электроустановок потребителей:

оперативный персонал - 1 раз в год;

административный - 1 раз в 3 года.

Если работник совмещает дополнительную работу с основной, то должен быть приказ работодателя на проведение первичного инструктажа по совмещаемой работе.

Порядок разработки и утверждения правил и инструкций по ОТ

Координация проведения работ по разработке правил по ОТ осуществляется Министерством труда РФ. Межотраслевые правила разрабатываются Министерством труда РФ, отраслевые – соответствующими центральными органами федеральной и исполнительной власти. Правила по ОТ утверждаются на определенный срок действия или без ограничения этого срока. Типовые инструкции утверждаются центральным органом федеральной исполнительной власти с предварительной консультацией с профсоюзными органами с учетом срока действия соответствующих правил. Инструкции по ОТ должны разрабатываться на основе межотраслевых и отраслевых правил по ОТ и не противоречить им. Учет и систематизацию межотраслевых и отраслевых правил ведет Министерство труда РФ, а типовых инструкций - органы федеральной исполнительной власти. Утверждение инструкций для работников учитывается службой ОТ в журнале учета.

Министерство труда РФ издает и распространяет утвержденные им правила по ОТ межотраслевого применения. Центральные органы федеральной исполнительной власти издают правила ОТ отраслевого применения.

Действия отраслевых правил по ОТ могут распространяться на другую отрасль с согласия центрального органа федеральной исполнительной власти, утвердившего указанные правила. Информацию об отмене межотраслевых и отраслевых правил по ОТ Министерство труда РФ помещает в «Бюллетене Министерства труда РФ» и в журнале «Человек и труд» не позднее чем за 3 месяца до окончания действия или отмены указанных правил.

Надзор и контроль за соблюдением межотраслевых правил по ОТ осуществляют специальные уполномоченные на то госу-

дарственные органы и инспекции, не зависящие в своей деятельности от руководителей предприятий и их высших органов.

Центральные органы федеральной исполнительной власти осуществляют контроль за соблюдением отраслевых правил и типовых инструкций по ОТ в отношении подчиненных им предприятий.

Контроль за выполнением инструкций для работников возлагается на руководителей предприятия и их структурных подразделений, руководителей цехов (участков), бригадиров.

Выполнение инструкций проверяется при всех видах контроля.

Инструкции для работников цехов на основании приказа (распоряжения) руководителя предприятия разрабатываются руководителями цехов, отделов, лабораторий.

Контроль и помощь в разработке инструкций осуществляет служба ОТ. Инструкции для работников утверждаются руководителем предприятия после проведения предварительных консультаций с профсоюзными органами, службой ОТ и с другими службами по усмотрению отдела ОТ.

Каждая инструкция должна иметь номер и наименование. Типовая инструкция и инструкция для работников должны содержать следующие разделы (с учетом технологического процесса и с учетом условий, в которых выполняется данная работа):

- а) общие требования безопасности;
- б) требования безопасности перед началом работы;
- в) требования безопасности во время работы;
- г) требования безопасности в аварийных ситуациях;
- д) требования безопасности по окончании работы;

Проверка инструкций должна проводиться не реже 1 раза в 5 лет, а при работах с повышенной опасностью не реже 1 раза в 3 года. Если правила не изменились, то должен быть соответствующий приказ о продлении на титульном листе.

У руководителя подразделения предприятия должен постоянно храниться комплект действующих инструкций работников всех профессий, а также перечень этих инструкций, утвержденных руководителем предприятия.

Инструкции работникам могут выдаваться на руки под расписку в личной карточке инструктажа для изучения при первичном инструктаже, либо вывешиваться на рабочих местах или участках, либо храниться в доступном месте. Место хранения инструкций определяет руководитель подразделения. Кроме приведенных правил и инструкций необходимо пользоваться СНИПами,

нормативными документами, техническими условиями, стандартами безопасности труда (ССБТ) и т.д.

ССБТ – комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасных условий труда, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

ССБТ состоит из 9 подсистем (0,1,...9).

0 – организационно - методические положения (стандарты);

1 – стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов;

2 – стандарты требований безопасности к производственному оборудованию;

3 – стандарты требований безопасности к производственным процессам и т.д.

Стандарты ССБТ систем 0, 2, 3, 4, 5 могут быть государственными, отраслевыми и республиканскими, подсистема 0 – также и стандартами предприятий (объединений), а стандарты подсистемы 1 должны быть государственными.

Отраслевые и республиканские стандарты должны устанавливать требования, нормы и правила в соответствии с государственными стандартами с учетом особенностей безопасности труда в отрасли, республике.

Допускается разработка отраслевых стандартов ССБТ подсистемы 1 только на методы контроля нормируемых параметров опасных и вредных производственных факторов при наличии специфики методов контроля для данной отрасли.

Пример обозначения: ГОСТ 12.2.001-94 обозначает: 12-ГОСТ ССБТ, 2-требования безопасности к производственному оборудованию, 001-номер ГОСТа в подсистеме, утвержден в 1994 г.

Расследование несчастных случаев

О каждом несчастном случае (н.с.) на производстве (не групповые н.с., не со смертельным исходом) пострадавший или очевидец должен сообщить непосредственно руководителю, который обязан:

срочно организовать первую помощь пострадавшему и его доставку в медсанчасть (здравпункт) или другое лечебное учреждение;

сообщить о случившемся руководителю подразделения;

сохранить до начала работы комиссии по расследованию обстановку на рабочем месте и состояние оборудования таким,

каким они были в момент происшествия (если это не угрожает жизни и здоровью окружающих работников и не приведет к аварии).

Руководитель подразделения, где произошел н.с., обязан немедленно сообщить о случившемся руководителю и председателю профсоюзного комитета предприятия. Каждый н.с. должен быть тщательно расследован комиссией (не менее трех человек), в которую входят: представитель работодателя; профсоюзного органа; инженера по охране труда и др. Результаты расследования оформляются актом по форме Н — 1. Расследование должно быть проведено не позднее трех суток с момента происшедшего н.с.

В акте указываются: дата и время н.с.; место; сведения о пострадавшем; описание обстоятельств н.с.; очевидцы н.с.; причины травм; лица, допустившие нарушение норм по ОТ; медицинское заключение о диагнозе повреждения здоровья и т.д.

Очень важным пунктом является перечень мероприятий по устранению причин н.с. Акт составляется в двух экземплярах и хранится 45 лет. По окончании срока нетрудоспособности в сообщении о последствии н.с. отмечается число нетрудоспособных дней.

Специальному расследованию подлежат групповые (два и более человек) н.с., а также со смертельным исходом. В этом случае начальник цеха должен сообщить о случившемся руководителю предприятия, который сообщает об этом в государственную инспекцию труда, министерство, прокуратуру района, профсоюзный орган, орган государственного надзора, если н.с. произошел в организации, подконтрольной этому органу.

Расследование проводится комиссией: государственный инспектор по ОТ; представители работодателя, министерства, государственного надзора, профсоюзного органа и др.

Расследование не позднее 15 суток с момента несчастного случая, оформляется актом по форме Н 1.

Практическое занятие по теме: «Управление безопасностью жизнедеятельности на промышленном предприятии»

Понятие «Охрана труда». Нормативно – правовые основы Охраны труда»

ЗАДАЧА 1

Рассчитайте коэффициент частоты и тяжести

несчастных случаев, а также показатель нетрудоспособности на предприятии.

Исходные данные:

а) среднесписочный состав работающих на предприятии равен

P человек;

б) за отчетный период произошло H несчастных случаев;

в) общее число дней нетрудоспособности – D .

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P , человек	20	60	100	150	300	120	200	250	400	80
H , случаев	3	4	6	5	8	7	10	7	10	3
D , дней	21	16	12	30	18	20	20	14	50	12

Указания к решению задачи

1. Показатели частоты ($K_{ч}$), тяжести ($K_{т}$) и нетрудоспособности ($K_{н}$), характеризующие состояние безопасности труда на предприятиях одной и той же отрасли промышленности определяют соответственно по формулам :

$$K_{ч} = \frac{H \cdot 1000}{P} ; \quad K_{т} = \frac{D}{H} ; \quad K_{н} = K_{ч} \times K_{т} = \frac{D \cdot 1000}{P} ,$$

где: H – число несчастных случаев с потерей трудоспособности на один и более дней, произошедших на предприятии ; P – среднесписочное число работающих на предприятии ; D – суммарное число дней нетрудоспособности из-за несчастных случаев на предприятии за отчетный период (учитывая только дни нетрудоспособности по закрытым листам нетрудоспособности).

ЗАДАЧА 2

Определите, на каком производственном объединении работа по профилактике травматизма за последние 5 лет была организована лучше. В первом объединении среднесписочный состав в течение пятилетки был равен P_1 человек, произошло H_1 несчастных случаев с общим числом D_1 дней нетрудоспособности, а для второго объединения эти показатели соответственно равны P_2 , H_2 и D_2 . Оценку

провести на основе сопоставления среднегодового значения показателей несчастных случаев за пятилетку.

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P_1	100 0	10 0	500	50	15 0	900	12 0	550	70	17 0
H_1	25	20	15	10	15	20	21	17	12	20
D_1	600	45 0	350	25 0	50 0	600	45 0	350	25 0	50 0
P_2	200 0	20 0	100 0	10 0	30 0	150 0	24 0	110 0	15 0	35 0
H_2	30	23	20	15	25	35	28	24	21	27
D_2	680	55 0	400	35 0	30 0	700	58 0	370	36 0	25 0

Указания к решению задачи

Методика расчета изложена в задаче 1.

ЗАДАЧА 3

Определите годовой экономический эффект ($E_{год}$) в прессовом цехе, который был достигнут за счет уплотнения рабочего дня. Если известно, что среднесписочное число основных производственных рабочих в цехе – R человек; среднемесячная зарплата одного рабочего – $Z_{ср}$, тыс.руб; доля ручного труда – K ; средний коэффициент эргономичности рабочего места – $K_{эб} = 0,87$. Предложенные рекомендации позволили достичь коэффициент эргономичности по проекту $K_{эп} = 0,92$, при этом затраты запланированных мероприятий – ZT , тыс.руб.

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R	20 0	15 0	16 5	25 0	12 0	30 0	40 0	17 0	35 0	50 0
$Z_{ср}$, тыс.руб	1,5	1,7	1,8	2,0	1,5	1,7	1,5	2,0	2,3	2,4
K	0,2	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,4	0,2
ZT , тыс.руб	30	20	20	40	25	35	28	30	50	25

Указания к решению задачи

1. Ликвидируемые нерациональные потери (%) рабочего времени на выполнение лишних движений и перемещений определяются по формуле:

$$V = (K_{\text{ЭП}} - K_{\text{ЭБ}}) \cdot 100, \%$$

где: $K_{\text{ЭП}}$ – коэффициент эргономичности по проекту;
 $K_{\text{ЭБ}}$ – коэффициент эргономичности по базе.

2. Коэффициент уплотнения рабочего дня составляет:

$$K_y = B \cdot K, \%$$

где K – доля затрат ручного труда в общем времени работы оборудования.

3. Рост производительности труда за счет сокращения лишних движений и перемещений определяется по формуле:

$$\Delta\Pi = \frac{K_y \cdot 100}{100 - K_y}, \%$$

4. Годовой экономический эффект за счет уплотнения дня:

$$\frac{K_y}{100}$$

$$\text{Э}_{\text{год}} = 100 \cdot Z_{\text{ср}} \cdot R \cdot 12 - \text{ЗТ}, \text{ тыс. руб.}$$

где $Z_{\text{ср}}$ – среднемесячная зарплата одного рабочего тыс.руб;

R – среднесписочное число основных производственных рабочих в цехе;

ЗТ – затраты на проведение запланированных мероприятий, тыс.руб.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что изучает БЖД, каковы цели, задачи и научное содержание дисциплины. Какое место занимает БЖД в системе наук, в чем заключается комплексный характер дисциплины.
2. Что такое опасность, как классифицируются опасности по происхождению и видам. Что является количественной мерой опасности. С какой целью вводится концепция приемлемого риска.
3. Факторы, воздействующие на формирование условий труда. Производственные факторы. Вредные и опасные производственные факторы. Оптимальные, комфортные, экстремальные и сверх экстремальные производственные факто-

- ры.
4. В чем суть основных положений теории БЖД. На какие группы и классы подразделяются принципы, методы и средства обеспечения безопасности. Раскрыть их содержание.
 5. Что изучает физиология труда. Что такое утомление и переутомление? Причины утомления и переутомления. Каким образом можно оптимизировать режим труда и отдыха, наилучшим образом организовать рабочее место, провести профилактику утомления.
 6. Охарактеризовать психологию безопасности деятельности и психологического состояния при ЧС.
 7. Какие законы составляют основу российского природо- и трудо-охранного законодательства и в чем их основное содержание. Каковы основные нормативные и нормативно-технические документы в области охраны труда.
 8. Понятие производственной травмы и производственного травматизма. Охарактеризуйте методы анализа причин производственного травматизма.
 9. Аттестация рабочих мест по условиям труда. Классификация условий труда по травматизму. Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве. Формы Федерального Государственного статистического наблюдения за травматизмом на производстве и инструкции по их заполнению.
 10. В чем заключаются основные задачи службы охраны труда на предприятии. Планирование мероприятий по охране труда. Виды и содержание инструктажей, а также другие формы обучения работников по технике безопасности. Контроль за охраной труда.
 11. Какие законодательно-правовые акты обеспечивают защиту населения и территории в ЧС природного и техногенного характера.
 12. В чем заключаются общие санитарно-технические требования к производственным мощностям и рабочим местам на машиностроительных предприятиях (согласно специальности студента).
 13. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести, напряженности трудового процесса.

5. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Метеорологические условия на рабочих местах определяются интенсивностью теплового облучения, температурой воздуха, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, температурой поверхности.

Эти параметры воздушной среды во многом влияют на самочувствие человека. Организм человека обладает свойствами терморегуляции. Температура тела постоянна, т.к. излишнее тепло отдается окружающей среде с помощью конвекции, излучения или испарения выделяющего пота при перегревах.

Нарушение терморегуляции приводит к головокружениям, тошноте, потере сознания и тепловому удару.

При температуре воздуха до +30 °С отдача тепла с тела осуществляется за счет конвекции и излучения. При $T > 30$ °С большая часть тепла отдается путем испарения. Повышенная влажность (>75 %) затрудняет терморегуляцию, т.к. уменьшает испарение.

Особо опасна высокая температура при повышенной влажности. Наступает утомление, расслабление, потеря внимания.

Движение воздуха улучшает терморегуляцию при работе, т.к. увеличивается отдача тепла конвекцией, но при низкой температуре это уже неблагоприятный фактор.

Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на рабочем месте.

Оптимальные метеоусловия:

влажность воздуха – 40 - 60 %;

скорость воздуха 0,1 – 0,5 м/с зимой и в два раза выше летом;

давление воздуха – 760 мм ртутного столба;

оптимальное значение температуры +20 °С (зависит от сезона и тяжести работы).

Мероприятия по оздоровлению воздушной среды - механизация и автоматизация, герметизация, вентиляция, кондиционирование, тепловые экраны, воздушные и водяные завесы, отопление, индивидуальные средства защиты, организация рационального отдыха, в горячих цехах снабжение рабочих подсоленной питьевой или газированной водой.

Вентиляция

Вентиляция является важнейшим средством, обеспечивающим нормальные санитарно - технические условия в производственных помещениях. Вентиляция достигается удалением за-

грязненного или нагретого воздуха из помещения и подачи в него свежего воздуха. По способу перемещения воздуха вентиляция бывает естественная и механическая. Возможно сочетание естественной и механической вентиляции. По назначению вентиляция может быть приточной, вытяжной, приточно-вытяжной; по месту действия – общеобменной, местной. Приток воздуха в помещение и вытяжка по объему не должны отличаться более чем на $\pm 10\%$. Необходимое количество воздуха при общеобменной вентиляции определяют следующим образом.

1. При выделении паров или газов в помещении G (мг/ч) необходимое количество воздуха L (м³/ч) определяют исходя из разбавления до допустимых концентраций q (мг/м³).

Количество приточного или удаляемого воздуха равно:

$$L = G / (q_{\text{выт}} - q_{\text{пр}}),$$

где $q_{\text{пр}}$, $q_{\text{выт}}$ – концентрация вредных веществ в приточном и удаляемом воздухе.

Если наружный воздух не содержит вредных веществ, то $Q = G / q_{\text{выт}}$.

По санитарным нормам $q_{\text{пр}} \leq 0,3 q_{\text{пдк}}$,

где $q_{\text{пдк}}$ – санитарная норма предельно допустимой концентрации вредных веществ в воздухе.

2. Для ориентировочных расчетов, когда неизвестны виды и количество выделяющихся вредных веществ, необходимое количество воздуха определяется по кратности воздухообмена. Кратность воздухообмена K (1/ч) показывает, сколько раз в час меняется воздух в помещении.

Количество воздуха $L = K V$, где V – объем помещения, м³, $K = 1 - 10$.

Естественная вентиляция осуществляется за счет разности плотностей теплого воздуха, находящегося в помещении, и более холодного воздуха, находящегося снаружи. Регулируемый воздухообмен (аэрация) осуществляется с помощью фрауг, через которые поступает наружный воздух, а внутренний, более теплый воздух, выходит через вытяжные фонари, устанавливаемые на крыше здания. Бесканальная аэрация может осуществляться при помощи отверстий в стенах и потолке. Канальная аэрация осуществляется при помощи каналов, сооружаемых в стенах здания. Для усиления движения воздуха на крыше здания устанавливают камеры – патрубки (дефлекторы), располагаемые на верхней части вытяжной трубы или шахты (в которых под действием ветра возникает тяга воздуха).

Достоинство аэрации – отсутствие механических вентиля-

торов, значительно дешевле механических систем вентиляции.

Недостаток аэрации – снижается эффективность в летнее время, не происходит очистки воздуха, возможны сквозняки.

Для очистки воздуха применяют пылеуловители (циклоны, электрофильтры, фильтры из пористого фильтрующего материала, туманоуловители, адсорберы, каталитическое дожигание и т.д.).

Практическое занятие по теме: «Воздушная среда и метеорологические условия в производственном помещении. Пути оздоровления воздушной среды на производственной участке. Обеспечение экологичности технических систем»

ЗАДАЧА 1

В производственном помещении был пролит бензин А-76. Определить время, в течение которого испарится бензин и образуется взрывоопасная концентрация паров бензина и воздуха.

Исходные данные:

- а) количество пролитого бензина Q , л;
- б) температура в помещении $t = 20^\circ \text{C}$;
- в) радиус лужи бензина r , см;
- г) атмосферное давление в помещении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.);
- д) объем помещения V , м³.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q , л	2,00	3,00	2,50	3,30	1,50	2,70	1,75	2,30	2,75	2,90
r , см	200	300	250	230	150	270	175	230	275	290
V , м ³	20	30	25	33	10	27	2	25	28	30

Указания к решению задачи

1. Интенсивность испарения бензина определяется по формуле:

$$m = 4rD_t \frac{M \cdot P_{нас}}{V_t \cdot P_{атм}}, \text{ г/с}$$

где: D_t - коэффициент диффузии паров бензина, см²/с;
 $M=96\text{г}$ - молекулярная масса бензина; V_t - объем грамм-молекулы паров бензина при температуре $t = 20^\circ \text{C}$, см³; $P_{атм} = 0,1 \text{ МПа}$ - атмосферное давление; $P_{нас} = 0,014$ – давление насыщенного па-

ра бензина, МПа.

Определение коэффициента диффузии паров бензина:

$$D_t = D_0 \left[\frac{T}{T_0} \right]^n \cdot \frac{P_{атм}}{P_{нас}} \text{, см}^2/\text{с}$$

где: D_0 - коэффициент диффузии паров бензина при $T_0 = 273 \text{ K}$ и давлении $0,1 \text{ МПа}$, $\text{см}^2/\text{с}$, определяется по формуле: $D_0 = 0,8/\sqrt{M}$; T —абсолютная температура паров бензина в помещении, K ; $n = 1,75 \div 2,0$ – показатель степени.

3. Определение объема грамм-молекулы паров бензина при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$V_t = [V_0 \cdot T] / T_0, \text{ см}^3,$$

где $V_0 = 22,4 \text{ л}$ - объем грамм-молекулы паров бензина при давлении $0,1 \text{ МПа}$.

4. Определение продолжительности испарения бензина:

$$\tau = \frac{Q \cdot \rho}{m}, \text{ ч}$$

где: ρ —плотность бензина, равная $0,73 \text{ г/см}^3$; m – интенсивность испарения бензина, г/ч ; Q —количество пролитого бензина, см^3 .

5. Определение весовой концентрации:

$$K_{вес} = (K_{об} \cdot M) / V_t, \text{ мг/л},$$

где: $K_{об} = 0,76\%$ - нижний предел взрываемости паров бензина при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; V_t —объем грамм-молекулы паров бензина в литрах.

6. Определение объема воздуха, в котором образуется взрывоопасная концентрация:

$$V_{вк} = Q / K_{вес} \text{ м}^3,$$

где: Q – количество пролитого бензина в граммах; $K_{вес}$ – весовая концентрация, г/м^3 .

7. Время, в течение которого испарится бензин и образуется взрывоопасная концентрация паров бензина и воздуха определяется по формуле:

$$\tau_v = (V \cdot \tau \cdot 60) / V_{вк}, \text{ мин.}$$

ЗАДАЧА 2

На балансе автотранспортного предприятия находятся 4 группы автомобилей. Рассчитать количество окиси углерода, выбрасываемой автотранспортом в атмосферу ежегодно. Если известно, что в 1^{ой} группе –10 автомобилей, во 2^{ой} –5 автомоби-

лей, в 3^{ей} – 5 автомобилей и

4^{ой} – 2 автомо-
биля.

Исходные данные:

1. М – масса вредного вещества, выбрасываемого автомобилями, т/год;
2. q – удельный выброс на 1 км пробега одним средним автомобилем, г/км;
3. k₁ – коэффициент влияния среднего возраста парка;
4. k₂ – коэффициент влияния уровня технического состояния;
5. П – средний пробег на единицу транспорта, км/год.

П, тыс.км/год группам автомобилей	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1,5	2,8	3,6	2,9	6,1	5,3	2,9	3,7	9,6	4,8
2	1,8	3,6	9,1	8,3	5,0	6,7	4,9	7,2	1,8	3,4
3	6,3	7,7	2,9	1,2	3,5	4,2	2,6	7,1	1,2	2,6
4	9,0	4,3	5,6	3,8	4,5	6,6	7,3	8,1	4,7	7,2

группа автомобилей	q, г/км	k ₁	k ₂
1	55,5	1,33	1,69
2	15,0	1,33	1,80
3	51,5	1,32	1,69
4	15,0	1,27	1,80

Указания к решению задачи

1. Масса окиси углерода, выбрасываемого автомобилями, определяется по формуле:

$$M = P \cdot q \cdot k_1 \cdot k_2, \text{ т/год}$$

2. Суммарное количество окиси углерода, которое выбрасывается в атмосферу автотранспортом ежегодно:

$$M_{\text{общ}} = M_1 \cdot n_1 + M_2 \cdot n_2 + M_3 \cdot n_3 + M_4 \cdot n_4, \text{ т/год}$$

где M₁, M₂, M₃, M₄ – масса окиси углерода, выбрасываемой одним автомобилем по группам, т/год; n₁, n₂, n₃, n₄ – количество автомобилей в каждой группе соответственно.

ЗАДАЧА 3

В процессе выплавки свинца из руды PbS образуется SO₂. Какая масса двуокиси серы при этом выделяется в атмосферу, если предположить, что ежегодно получают n млн.т свинца и степень улавливания ПГУ составляет η % ?

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
n млн.т	1,6	0,8	1,0	0,5	1,2	0,9	2,0	1,5	1,3	0,6
η %	50	90	98	75	80	85	65	95	84	92

Указания к решению задачи

1. Количество SO_2 , выделяющегося при реакции обжига (первая стадия выплавки), определяется по формуле:

$$2PbS + 3O_2 \rightarrow 2PbO + 2SO_2\uparrow$$

$$m_{SO_2} = \frac{n \cdot 2M_{SO_2}}{2M_{PbS}}, \text{ г}$$

где M_{SO_2} –молекулярная масса SO_2 , г;

M_{PbS} –молекулярная масса PbS , г;

2. Количество окиси серы, которое улавливается в ПГУ:

$$m_{SO_2}^{y\lambda} = m_{SO_2} \cdot \eta, \text{ г}$$

3. Количество окиси серы, которое выделится в атмосферу, определяется по формуле:

$$m_{SO_2}^{6ыd} = m_{SO_2} - m_{SO_2}^{y\lambda}, \text{ г}$$

ЗАДАЧА 4

Рассчитайте кратность воздухообмена n в производственном помещении объемом V_n , m^3 , если известны: предельно допустимая концентрация вещества K п.д.к., mg/m^3 , содержание вредных веществ в подаваемом воздухе, K_0 mg/m^3 ; потери герметичности оборудования в течение часа η %; коэффициент запаса соответствует значению K_3 , рабочее давление в аппарате P , H/m^2 ; давление в помещении принять $P_0 = 1 \times 10^5$, H/m^2 внутренний суммарный объём всей аппаратуры и коммуникаций в цехе V_{ap} , m^3 , плотность паров или газов, выделяющихся из аппаратуры ρ , kg/m^3 .

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
K п.д.к., mg/m^3	10	0,2	6,0	4,0	20,0	5,0	10,0	15,0	7,0	0,1

K_0 , мг/м ³	2,0	0,0	1,0	0,5	6,0	1,0	4,0	7,0	2,0	0,0
η %	0,2 5	0,1 5	0,5 0	0,2 0	0,3 0	0,2 5	0,3 0	0,1 5	0,5	0,2
$K_з$	1,0	0,5	1,2	1,0	1,1	1,0	0,5	1,2	1,0	1,1
$P \times 10^{-5}$, Н/м ²	2,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,5	2,0	1,7	1,3	1,0
$V_{ап}$, м ³	10, 0	17, 0	6,0	3,5	4,0	8,0	10, 0	5,0	6,0	16, 0
ρ , кг/ м ³	0,7 9	0,8 8	1,2 6	0,7 1	1,5 2	1,3 0	0,8 1	1,5 2	1,2 6	0,8 5
V_n , м ³	160 0	100 0	120 0	80 0	200 0	150 0	90 0	110 0	70 0	130 0

Указания к решению задачи

1. Минимальное количество воздуха, которое необходимо заменить в производственном помещении общеобменной вентиляцией, при выделении пыли и газа в воздух рабочей зоны определяют по формуле:

$$L = \frac{M}{K_{пдж} - K_0}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где: M – количество пыли или газа, выделяющихся через неплотности оборудования в воздух рабочей зоны, кг/ч; $K_{пдж}$ – предельно допустимая концентрация газа или пыли, кг/м³; $K_{пр}$ – количество пыли или газа в приточном воздухе, кг/м³.

2. Количество вредного вещества, выделяющегося через неплотности аппаратуры, рассчитывают по формуле:

$$M = \left(\frac{\eta \cdot K_з \cdot P}{100 \cdot P_0} \right) \cdot V_{ап} \cdot \rho, \text{ кг/ч}$$

где: η – потери герметичности в течение часа, % ;
 $K_з$ – коэффициент запаса, принимается в зависимости от состояния оборудования;

P – рабочее давление в аппарате, Н/м² ; P_0 – давление в помещении, Н/м² ;

$V_{ап}$ – внутренний суммарный объем всей аппаратуры и коммуникаций в цехе, м³ ; ρ – плотность паров или газов, выделяющихся из аппаратуры, кг/м³ ;

3. Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n = \frac{L}{V_n}, \text{ ч}^{-1}$$

где V_n – объем вентилируемого помещения, м^3 .

ЗАДАЧА 5

Определите количество выделяющейся в производственное помещение избыточной влаги и необходимый воздухообмен для создания нормальной относительной влажности воздуха рабочей зоны.

Исходные данные:

- а) объем помещения – $V_n, \text{м}^3$;
- б) площадь поверхности испарения – $F, \text{м}^2$;
- в) скорость движения воздуха над источником испарения $v, \text{м/с}$ (в горячих цехах $v = 0,5 \div 0,8 \text{ м/с}$;
- г) давление водяных паров, насыщающих воздух помещения $P_2, \text{мм.рт.ст.}$;
- д) температура воды (эмульсии), равная температуре воздуха в месте расположения установки – $t_b, ^\circ\text{C}$; температура поверхности воды – $t_{пв}, ^\circ\text{C}$;
- е) фактор гравитационной подвижности окружающей среды a ;
- ж) количество водяных паров в воздухе при допустимой относительной влажности $d_d \text{ г/кг с.в.}$; количество водяных паров в воздухе, поступающем в помещение $d_n \text{ г/кг с.в.}$

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$F, \text{м}^2$	25	20	6,0	10	8	30	23	8	12	15
$v, \text{м/с}$	0,6	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6
$t_b, ^\circ\text{C}$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
$t_{пв}, ^\circ\text{C}$	18	23	38	33	37	41	45	48	51	58
$P_2, \text{мм.рт.ст.}$	15,5	21,1	28,3	37,7	47,1	57,9	60,4	60,4	60,4	60,4
$d_d, \text{г/кг с.в.}$	18,2	20,1	17,25	22,6	16,3	18,2	20,1	17,25	22,6	16,3

d_n , г/кг с.в.	12,8	17,2	13,8	17,2	12,8	12,8	17,4	14,0	17,5	13,1
V_n , м ³	300	500	400	600	450	250	520	440	630	480

Указания к решению задачи

1. Количество выделяющейся в помещении влаги W определяют по формуле:

$$W = F (\alpha + 0,017v) \cdot (P_2 - P_1), \text{ кг/ч},$$

где: F – площадь поверхности испарения, м²;

α – фактор гравитационной подвижности окружающей среды, который зависит от температуры уходящего воздуха:

$$\text{при } t_{\text{ув}} = 40 \text{ }^\circ\text{C} \quad \alpha = 0,028,$$

$$t_{\text{ув}} = 30 \text{ }^\circ\text{C} \quad \alpha = 0,02,$$

$$t_{\text{ув}} = 100 \text{ }^\circ\text{C} \quad \alpha = 0,06;$$

v – скорость движения воздуха над источником испарения, м/с;

P_2 – давление водяного пара, соответствующее полному насыщению воздуха при температуре, равной температуре поверхности воды, мм.рт.ст.;

P_1 – давление водяного пара в окружающем воздухе, мм.рт.ст., определяется по формуле:

$$P_1 = P_2 - 0,5 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{нв}}) \cdot \frac{B}{760}, \text{ мм.рт.ст.},$$

где: $B = 745$ мм.рт.ст. – барометрическое давление в данной местности в теплый период года;

2. Объем воздуха, необходимый для удаления паров из производственного помещения, рассчитывают по формуле:

$$Z = \frac{W \cdot 10^3}{(d_{\text{д}} - d_{\text{н}}) \cdot \gamma}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где: W – количество выделяющейся в помещении влаги, кг/ч;

$d_{\text{д}}$ – количество водяных паров в воздухе при допустимой относительной влажности его в рабочей зоне, г/кг с.в.;

$d_{\text{н}}$ – количество водяных паров в воздухе, поступающем в помещение, г/кг с.в.;

γ – удельная плотность воздуха, поступающего в помещение ($\gamma = 1,19$ кг/м³ для стандартного воздуха).

3. Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n = \frac{Z}{V_n \cdot \chi^{-1}}$$

где V_n – объем вентилируемого помещения, м^3 .

ЗАДАЧА 6

Определите количество избыточной теплоты, выделяющейся в производственное помещение, если в нем установлено оборудование с теплоотдающей поверхностью. Коэффициент, учитывающий неравномерность остывания массы $\beta=1,4$. Общая установленная мощность электродвигателей P кВт; К.П.Д. электродвигателей принять равным $0,62$; расходуемая теплота $\Sigma Q_p=900$ Вт.

Какие инженерные мероприятия могут обеспечить условия микроклимата рабочей зоны в соответствии с нормативными требованиями?

Исходные данные:

- а) площадь теплоотдающей поверхностью F , м^2 ;
- б) коэффициент теплоотдачи поверхности оборудования α , $\text{Вт}/\text{м}^2 \times \text{К}$;
- в) температура нагретой поверхности $t_{\text{пов}}$, $^{\circ}\text{C}$;
- г) допустимая температура воздуха в помещении $t_{\text{норм}}$, $^{\circ}\text{C}$;
- д) масса нагретой продукции M , кг;
- е) удельная теплоемкость нагретой массы C_m , $\text{Дж}/\text{кг} \times \text{К}$;
- ж) температура массы по фактическому замеру t_m , $^{\circ}\text{C}$;

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F , м^2	20	10	8	12	6	15	11	7	14	8
$t_{\text{пов}}$, $^{\circ}\text{C}$	45	40	35	43	30	47	42	37	41	33
$t_{\text{норм}}$, $^{\circ}\text{C}$	23	24	22	20	21	24	22	23	19	22
M , кг	25	20	15	30	10	27	22	18	31	11
C_m , $\text{Дж}/\text{кг} \times \text{К}$	0,1 9	0,2 5	0,2 0	0,1 7	0,1 8	0,1 9	0,2 5	0,2 0	0,1 7	0,1 8

$t_m, ^\circ\text{C}$	10 0	90	80	11 0	75	11 0	85	70	12 0	80
$P, \text{кВт}$	30	40	25	50	55	32	39	27	53	58
$\alpha, \text{Вт/м}^2 \times \text{К}$	3	2	4	5	6	4	2	3	6	5

Указания к решению задачи

1. Количество избыточной теплоты, подлежащей удалению из помещения, рассчитывают по формуле:

$$\Sigma \Theta_{\text{изб}} = \Sigma \Theta_{\text{nm}} - \Sigma \Theta_{\text{p}}, \text{ Вт},$$

где: $\Sigma \Theta_{\text{nm}}$ – теплота, поступающая в помещение от различных источников в течение часа, Вт; $\Sigma \Theta_{\text{p}}$ – расходуемая теплота, теряемая стенами здания, уходящая через оконные проемы и т.п. в течение одного часа, Вт;

2. Суммарное количество теплоты, поступающей в помещение, определяют по формуле:

$$\Sigma \Theta_{\text{nm}} = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 = \sum_{i=1}^{i=n} \Theta_i, \text{ Вт}$$

где Θ_1 – количество теплоты, выделяемое горячими поверхностями оборудования, трубопроводов и т.п. за один час, Вт:

$$\Theta_1 = F \cdot \alpha \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{норм}}), \text{ Вт},$$

где: F – площадь теплоотдающей поверхности, м^2 ;

α – коэффициент теплоотдачи. $\text{Вт/м}^2 \times \text{К}$;

$t_{\text{пов}}$ – температура горячей поверхности, К ;

$t_{\text{норм}}$ – нормально допустимая температура воздуха в производственном помещении, К ;

Θ_2 – количество теплоты, выделяемой горячей продукцией в течение часа, Вт:

$$\Theta_2 = M \cdot C_m \cdot (t_m - t_{\text{норм}}) \cdot \beta, \text{ Вт},$$

где: M – масса нагретой продукции, кг ;

C_m – теплоемкость нагретой массы, $\text{Дж/кг} \times \text{К}$;

t_m – температура массы по фактическому замеру, К ;

$t_{\text{норм}}$ – нормально допустимая температура воздуха в производственном помещении, К ;

β – коэффициент, учитывающий неравномерность остывания массы;

Θ_3 – количество теплоты, выделяющейся в ре-

зультате перехода электрической энергии в тепловую в течение часа, Вт:

$$\Theta_3 = 995 \cdot P \cdot \eta \cdot \lambda \cdot Z, \text{ Вт}$$

где: P – общая установочная мощность электродвигателей, кВт;

995 – тепловой эквивалент электричества, Вт/кВт ч;

η – коэффициент перехода электроэнергии в тепловую (0,58 ÷ 0,65)

λ – коэффициент использования электроэнергии (загрузка установочной мощности), принимают 0,8 ÷ 0,9;

Z – коэффициент, учитывающий одновременную работу оборудования (0,8 ÷ 0,9).

ЗАДАЧА 7

Определите загрязнение атмосферного воздуха производственными выбросами K_2 мг/м³, если в воздухоочиститель поступает на очистку Q м³ воздуха, содержащего M кг производственной пыли; коэффициент полезного действия воздухоочистителя КПД %.

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q м ³	120 00	200 00	100 00	900 0	150 00	110 00	180 00	130 00	800 0	170 00
M кг	8,0	10,0	5,5	4,0	7,5	9,0	8,5	9,5	5,0	8,0
КПД %.	85	75	80	88	90	90	80	85	92	95

Указания к решению задачи

1. Концентрация пыли в воздухе K_2 , выбрасываемом в атмосферу после воздухоочистителя, определяют по формуле:

$$K_1 \cdot (100 - \text{КПД})$$

$$K_2 = \frac{100}{M}, \text{ мг/м}^3,$$

где K_1 – концентрация пыли в воздухе, поступающем в

M

батарею циклонов, мг/м³: $K_1 = \frac{Q}{M}, \text{ мг/м}^3,$

где: M – содержание пыли в вентиляционном воздухе, мг;

Q – количество воздуха, поступающего в воздухоочиститель, m^3 ;

КПД – эффективность воздухоочистителя, %.

ЗАДАЧА 8

Определить максимальный разовый выброс оксидов азота G_{NO_2} , г/с от кузнечного горна за смену (8 часов). В качестве топлива используется природный газ с удельным выделением оксида азота $q=2,15$ кг/т. Горн работает n число дней в году, сжигая при этом определенное количество топлива B , т.

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
B , т	40	30	50	100	200	45	57	38	120	35
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
n , дней	25	25	15	288	270	15	28	27	260	24
	2	0	0			0	0	5		0

Указания к решению задачи

1. Валовые выбросы оксидов азота определяются по формуле:

$$M_{NO_2} = q \cdot B \cdot 10^{-3}, \text{ т/год},$$

где: q – количество оксидов азота, выделяющееся при сжигании топлива, кг/т;

B – количество сжигаемого топлива в кузнечном горне в год, т.

2. Максимально разовый выброс определяется по формуле:

$$G_{NO_2} = \frac{M_{NO_2}}{n \cdot \tau}, \text{ г/с}$$

где M_{NO_2} – валовые выбросы оксидов азота, т/год;

n – количество дней работы горна в год;

τ – время работы горна в день, сек.

ЗАДАЧА 9

Присутствие в воздухе паров серной кислоты H_2SO_4 способствует разъеданию слизистых оболочек и разрушению легочной ткани у человека и животных.

При транспортировке в помещении произошел разлив серной кислоты. Цех имеет длину A (м), ширину B (м) и высоту H (м). Необходимо рассчитать концентрацию паров серной кислоты в цехе и сравнить ее величину с максимально разовой предельно допустимой концентрацией H_2SO_4 (ПДК_{м.р.} = 0,3 мг/м³), учитывая, что масса серной кислоты составляет M (г), а ее испарившаяся часть равна ω (%).

Исходные данные:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M, г	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
A, м	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B, м	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H, м	3	2,5	2,5	2,5	3	3	3	2,5	3	3,5
ω, %	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2

Указания к решению задачи

1. Объем помещения (цеха) V (м³):

$$V = A \cdot B \cdot H$$

2. Масса испарившейся серной кислоты m (г):

$$m = \frac{\omega \cdot M}{100\%}$$

3. Концентрация паров H_2SO_4 в цехе C (мг/м³):

$$C = \frac{m \cdot 1000}{V}$$

4. Сравнение фактической и предельно допустимой концентрации паров H_2SO_4 производится делением этих величин друг на друга:

$$C / \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$$

откуда делается вывод о соответствии содержания паров серной кислоты в воздухе помещения санитарно-гигиеническим нормативам.

ЗАДАЧА 10

Наличие в воздухе высокой концентрации угарного газа

СО приводит к кислородному голоданию организма, замедляет рефлексы, вызывает сонливость и может стать причиной потери сознания и смерти.

Водитель в гараже при закрытых воротах решил проверить работу двигателя. Гараж имеет длину A (м), ширину B (м) и высоту H (м). Необходимо рассчитать, через какое количество времени после включения двигателя концентрация угарного газа в гараже станет равной его максимально разовой предельно допустимой концентрации (ПДК_{м.р.} = 5 мг/м³), если скорость заполнения гаража угарным газом равна Q (мг/мин).

Исходные данные:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, г/мин	20	25	35	40	45	50	55	60	65	70
A, м	2,5	3	2,5	3	4	4	5	6	6	8
B, м	4	4,5	5	5	6	5	7	5,5	6	7
H, м	2	2	2,5	2,5	2,5	2	2,5	2,5	2,5	3

Указания к решению задачи

1. Объем гаража V (м³):

$$V = A \cdot B \cdot H$$

2. Масса выделившегося угарного газа m (мг), соответствующая заполнению им гаража до уровня ПДК_{м.р.}:

$$m = V \cdot \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$$

3. Время t (мин) с момента включения двигателя, по прошествии которого концентрация угарного газа в гараже становится равной его ПДК_{м.р.}:

$$t = m / Q$$

Вопросы для самоконтроля:

1. Микроклимат. Параметры микроклимата. Как осуществляется нормирование параметров микроклимата. Каким образом можно нормализовать его параметры.
2. Воздействие температуры, влажности на организм человека. Принцип нормирования параметров микроклимата в зависимости от условий работы.
3. Классификация систем вентиляции. Выбор системы вентиляции. Конструктивные особенности локальной системы вентиляции.
4. Мероприятия по улучшению параметров микроклимата. Ме-

- тоды расчета воздухообмена рабочей зоны.
5. Принцип нормирования ПДК. Расчет воздухообмена по видам загрязнения воздуха рабочей зоны.
 6. Классы опасности вредных веществ. Расчет воздухообмена по загазованности при наличии в воздухе рабочей зоны веществ всех классов опасностей.

6. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Сохранение зрения человека, состояния его центральной нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения зависят также производительность труда и качество выпускаемой продукции. Для оценки условий освещения пользуются понятием освещенности E , лк. Освещенность измеряют люксметрами. На производстве применяют естественное и искусственное освещение.

Естественное освещение разделяется на боковое (световые проемы в стенах), верхнее (прозрачные перекрытия или световые фонари), комбинированное, когда к верхнему освещению добавляется боковое.

Естественное освещение характеризуется коэффициентом естественной освещенности e %

$$e\% = \frac{E_{в}}{E_{н}} \cdot 100,$$

где $E_{в}$ – освещенность внутри помещения, лк;

$E_{н}$ – одновременная освещенность рассеянным светом снаружи, лк.

Нормированное значение e % определяется по СН и П 23-05-95 с учетом характера зрительной работы, системы освещения, района расположения здания на территории РФ и ориентации здания к солнцу. Чистку стекол световых проемов необходимо проводить не реже 2 - 4 раз в год в зависимости от характера загрязненности производственного помещения.

Искусственное освещение, осуществляемое газоразрядными и электрическими лампами, по конструктивному исполнению может быть двух систем – общее освещение и комбинированное (общее и местное). Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10 % нормируемой для комбинированного освещения. Общее освещение подразделяется на общее равномерное, общее локализованное. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается. По функциональному назначению искусственное освещение делится на

следующие виды: рабочее, охранное, дежурное.

Аварийное освещение бывает двух видов: освещение безопасности, эвакуационное освещение.

Освещение безопасности должно быть предусмотрено во всех случаях, если действия людей в темноте могут явиться причиной взрыва, пожара, травматизма, привести к длительному расстройству технологического процесса. Светильники такого освещения должны создавать на рабочих поверхностях не менее 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения.

Аварийное освещение для эвакуации людей устраивается при наличии опасности возникновения травматизма. Светильники такого освещения должны обеспечивать по линии основных проходов в помещениях освещенность не менее 0,5 лк.

Светильники освещения безопасности присоединяются к независимому источнику питания (генератор; аккумуляторные батареи; трансформаторы, питаемые от разных электрических сетей), а светильники для эвакуации людей – к сети, независимой от рабочего освещения, начиная от щита подстанции. В соответствии со СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение для освещения помещений следует предусматривать газоразрядные лампы (люминесцентные, натриевые и т.д.). В случае невозможности применения газоразрядных источников света допускается использование ламп накаливания.

Люминесцентные лампы по сравнению с лампами накаливания имеют преимущества: по спектральному составу света они близки к естественному освещению, обладают более высоким КПД, повышенной светоотдачей и большим сроком службы (до 8 – 12 тыс. часов).

Искусственное освещение нормируется исходя из характеристики работ, при этом задаются как количественные (минимальная освещенность, допустимая яркость), так и качественные характеристики (показатель ослепленности, коэффициент пульсации освещенности, спектр излучения).

Минимальная освещенность устанавливается согласно условиям зрительной работы, которые определяются наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном (большой, средний, малый) и характеристикой фона (темный, средний, светлый).

Расчет искусственного общего равномерного освещения производится методом светового потока (коэффициента использования).

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп, объединенных в один светильник, определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_H \times S \times Z \times K}{N \times \gamma_{св} \times \gamma_{пом}},$$

где E_H – нормированная минимальная освещенность, лк;
 S – площадь освещаемого помещения, м²;
 Z – коэффициент минимальной освещенности (1,1 ÷ 1,5);
 K – коэффициент запаса (1,3 ÷ 1,8);
 N – число светильников в помещении, определенное предварительно исходя из наиболее выгодного их расположения;

$\gamma_{пом}$ – коэффициент использования светового потока, определяемый по таблицам в зависимости от коэффициентов отражения светового потока от потолка, стен;

$\gamma_{св}$ – КПД светильника.

Далее выбирается стандартная лампа из условия: $\Phi_{л ст} \geq \Phi$.
 Для расчета освещения наклонных поверхностей, местного и локализованного освещения применяется точечный метод, а для приближенных расчетов применяют метод удельной мощности, Вт/м².

Для создания средней освещенности 100 лк на каждый квадратный метр освещаемой площади при светлых потолках и стенах требуется:

удельная мощность 16 – 20 Вт/м² при прямом освещении лампами накаливания и 6 – 10 Вт/м² при прямом освещении люминесцентными лампами. Можно пользоваться данными специальных таблиц.

Чистку светильников проводят 4 – 12 раз в год в зависимости от запыленности помещения. Замену ламп обычно производят индивидуально и групповым методом (через определенный срок работы). На крупных предприятиях при установленной общей мощности на освещение (свыше 250 кВт) должно быть специально выделенное лицо, ведающее эксплуатацией освещения (инженер или техник). Освещенность проверяется не реже 1 раза в год, после очередной чистки светильников и замены перегоревших ламп.

Практическое занятие по теме: «Организация производственного освещения»

ЗАДАЧА 1

Рассчитать общее люминесцентное освещение цеха, исходя из норм по разряду зрительной работы и безопасности труда по следующим исходным данным: высота цеха $H=6$ м; размеры цеха $A \cdot B$, м; напряжение осветительной сети 220 В; коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{п}} = 30\%$; стен $\rho_{\text{с}} = 10\%$; $\rho_{\text{д}} = 10\%$, светильник с люминесцентными лампами ЛБ80, имеющими световой поток $\Phi=4320$ лм и длину $l_{\text{св}} = 1534$ мм.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
А, м	65	55	50	70	70	110	50	70	80	25
В, м	18	18	30	15	10	18	30	35	10	15
Разряд работы	IV а	III б	IV г	II в	III а	IV а	II г	III г	II в	II в
Е, лк	300	300	150	500	500	300	300	200	500	500

Указания к решению задачи

1. Определение расчетной высоты подвеса светильника: $h = H - h_{\text{р}} - h_{\text{с}}$, где $h_{\text{р}} = 0,8$ м, высота рабочей поверхности над полом; $h_{\text{с}} = 0,25 \cdot (H - h_{\text{р}})$, м – расстояние светового центра светильника от потолка (свес).

2. Оптимальное расстояние между светильниками при многорядном расположении определяется: $L = \lambda \cdot h$, м., где $\lambda = 1,4$.

3. Определение индекса площади помещения: $i = (A \cdot B) / [h \cdot (A + B)]$.

4. Необходимое количество ламп определяется по формуле:

$$N = E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z / (\Phi \cdot \eta), \text{ шт.}, \text{ число светильников } N_{\text{св}} = N/2;$$

где: E – определяется по разряду и подразряду работы; K_3 – принять согласно СНиП 23-05-95 равным 1,5; $S = A \cdot B$ – площадь цеха, м²; Z – коэффициент неравномерности освещения, для люминесцентных ламп равен 1,1; $\eta = 0,56$ – коэффициент использования светового потока.

Число рядов светильников по ширине помещения: $n_{\text{ш}} = B/L$;

$$\text{количество светильников в ряду: } n_{\text{св/р}} = \frac{A - l_{\text{св}}}{l_{\text{св}}}.$$

5. Составить эскиз плана цеха в поперечном разрезе и

указать расположение светильников.

ЗАДАЧА 2

Определите коэффициент естественной освещенности (КЕО) и проверьте, соответствуют ли условия естественного освещения нормам для R разряда работы. Объясните: какое практическое значение имеет нормирование КЕО при проектировании промышленных предприятий и каким образом можно предупредить образование стробоскопического эффекта как опасного производственного фактора?

Исходные данные:

а) освещенность рабочего места при боковом освещении составляет $E_{вн}$, лк;

б) наружное освещение примите $E_{нар}=5000$ лк на 1 м^2 освещаемой поверхности;

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$E_{вн}$ лк	50	30 0	15 0	20 0	10 0	25 0	80	20 0	30 0	15 0
КЕО _{норм} , %	0,3	2	1	1,5	0,5	2,5	1	2	2,5	1,5
R	VII I	III	V	IV	VI	II	VI I	III	II	IV

Указания к решению задачи

1. Коэффициент естественной освещенности определяют по формуле :

$$K.E.O. =$$

$$\frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100\%,$$

где: $E_{вн}$ – освещенность внутри помещения, лк ;

$E_{нар}$ – наружная освещенность, лк.

Вопросы для самоконтроля:

1. С помощью каких качественных и количественных величин можно охарактеризовать освещение, их определение и единицы измерения.
2. Каковы основные виды, типы и системы освещения. Их преимущества и недостатки. Производственное освещение.

- Классификация.
3. В чем заключается влияние освещения на условия деятельности человека. Разряды зрительных работ. Разряды и подразряды зрительных работ. Принцип нормирования освещенности.
 4. Естественное освещение. Нормирование естественного освещения. Расчет естественного освещения.
 5. Искусственное освещение. Выбор системы производственного освещения. Источники света. Характеристика источников света. Светильники. Классификация светильников. Компоновка светильников.
 6. Каков алгоритм расчета искусственного освещения.

7. ЗАЩИТА ОТ ШУМА, УЛЬТРАЗВУКА, ИНФРАЗВУКА

Шум – беспорядочное сочетание различных по уровню и частоте звуков. Шум не только действует на слуховой аппарат, но может вызвать расстройства сердечно-сосудистой и нервной систем, пищеварительного тракта, гипертоническую болезнь, головкружение, ослабление внимания, замедление психических реакций, повышенную склонность к различным заболеваниям и т.д. Ухо человека воспринимает звуковые колебания с частотой от 16 до 20000 Гц. Звуки с частотой ниже 16 Гц называют инфразвуками, а выше 20000 Гц - ультразвуками. Инфразвуки и ультразвуки также воздействуют на человека, но он их не слышит.

Основными физическими параметрами шума являются: звуковое давление P и уровень звукового давления L_p , частота f , интенсивность звука I и уровень интенсивности L_i .

Уровень звукового давления в децибелах (дБ) определяют по формуле

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0},$$

где P – звуковое давление в точке наблюдения, Па;
 $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Па – пороговая величина звукового давления, являющаяся порогом слышимости человека с нормальным слуховым аппаратом при частоте 1000 Гц.

Уровень интенсивности звука (дБ) определяется по формуле

$$L_i = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0},$$

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

I_0 – пороговое значение интенсивности;

$I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Некоторые данные по шуму:

3 – 20 дБ - практически безвредно для человека, это естественный шумовой фон;

70 дБ - громкая речь;

80 дБ - допустимая граница звуков на производстве по шкале «А» шумомера;

80 – 100 дБ - шум мотоцикла, автобуса, грузовика;

95 дБ - токарный станок при точении;

130 дБ - вызывает у человека болевое ощущение;

190 дБ - вырывает заклепки из металла.

Зрительная реакция при шуме 90 дБ уменьшается на 25 %.

При совместном воздействии двух источников шума с различными уровнями интенсивности L_1 и L_2 суммарный уровень интенсивности шума $L = L_1 + \Delta I$, дБ,

где L_1 – больший из двух суммированных уровней шума,

ΔI – поправка, определяемая по табл. 7.1.

Таблица 7.1 - таблица поправок по шуму

Разность двух складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
ΔI , дБ	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

Уровень интенсивности звука на дистанции L от источника шума можно определить по формуле

$$L = L_{\text{ист}} - 20 \lg l - 8,$$

где $L_{\text{ист}}$ – уровень интенсивности звука источника шума, дБ;

L – уровень интенсивности звука на расстоянии l от источника шума, дБ;

l – расстояние до источника шума, м.

В зависимости от условий работы уровень звукового давления оценивается по двум методам:

- 1) нормированию по предельному спектру шума;
- 2) нормированию уровня звука.

Первый метод нормирования является основным для постоянных шумов и выражается в децибелах среднеквадратичных давлений в девяти октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Второй метод нормирования общего шума, измеряемого по шкале А шумомера, называемого уровнем звука, в дБА, используется для ориентировочной оценки постоянного и непостоянного шума.

Шкала А имеет частотную коррекцию, соответствующую чувствительности человеческого уха.

Постоянный шум – уровень звука за 8-часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБА. Непостоянный шум – уровень звука за 8-часовой рабочий день изменяется не менее чем на 5 дБА.

Непостоянный шум подразделяется на колеблющийся во времени, прерывистый, импульсный.

Гигиенические нормы допускаемых уровней звукового давления и уровня звука на рабочих местах приводятся в Сан ПИН 2.2.4 548–96.

Основными методами борьбы с шумом являются:

1. Уменьшение шума в источнике его возникновения (точность изготовления узлов, замена стальных шестерен пластмассовыми и т.д.).
2. Звукопоглощение (применение материалов из минерального войлока, стекловаты, поролона и т.д.).
3. Звукоизоляция. Звукоизолирующие конструкции изготавливаются из плотного материала (металл, дерево, пластмасса).
4. Установка глушителей шума.
5. Рациональное размещение цехов и оборудования, имеющих интенсивные источники шума.
6. Зеленые насаждения (уменьшают шум на 10 – 15 дБ).
7. Индивидуальные средства защиты (вкладыши, наушники, шлемы).

Защита от ультразвука

1. Использование в оборудовании более высоких рабочих частот, для которых допустимые уровни звукового давления выше.
2. Изготовление оборудования, излучающего ультразвук, в звукоизолирующем исполнении.
3. Устройство экранов (из листовой стали или дюралюминия, оргстекла).

4. Размещение ультразвуковых установок в специальных помещениях.

5. Загрузка и выгрузка деталей при выключенном источнике ультразвука.

6. Применение индивидуальных защитных средств.

Защита от инфразвука

Основными источниками инфразвука являются двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели, вентиляторы, поршневые компрессоры; машины, работающие с числом работающих циклов менее 20 в секунду.

Под действием инфразвука возникают головные боли, осязаемое движение барабанных перепонки, вибрации внутренних органов, появление чувства страха, нарушение функции вестибулярного аппарата и т.д.

Мероприятия по борьбе с инфразвуком: повышение скорости машин, что обеспечивает перевод максимума излучения в область слышимых частот; повышение жесткости конструкций; устранение низкочастотных вибраций; установка глушителей реактивного типа (резонансных, камерных).

8. ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИЙ

Вибрация – механические колебания упругих тел при низких частотах (1 – 100 Гц), передаются на человека через конструкцию машин, фундамент, пол.

Систематическое воздействие вибраций вызывает вибрационную болезнь с потерей трудоспособности. Эта болезнь возникает постепенно, сопровождается головными болями, раздражительностью, плохим сон. Появляются боли в суставах, судороги пальцев, спазмы сосудов и нарушение питания тканей тела. Особенно опасны вибрации с частотой 6 – 9 Гц, близкие к колебаниям внутренних органов.

Согласно санитарным нормам определяются предельно допустимые параметры вибраций на рабочем месте в зависимости от частоты. К этим параметрам относятся: скорость колебаний, амплитуда перемещения. Измерение вибраций производится виброметрами.

1. Уменьшение вибраций в источнике его возникновения (замена ударных механизмов безударными, применение шестерен со специальными видами зацеплений, повышение класса точности обработки, балансировка и т.д.).

2. Отстройка от режима резонанса путем рационального

выбора массы или жесткости колеблющейся системы.

3. Виброизоляция (применение прокладок из резины, пружины и т.д.).

4. Вибропоглощающие покрытия из фетра, войлока, резины, пластмассы, мастики и т.д.

5. Динамическое гашение колебаний – присоединение к защищаемому объекту дополнительно колеблющейся массы, работающей в противофазе с основной возмущающей силой.

6. Организационные мероприятия.

7. Индивидуальные средства защиты (виброзащитные перчатки, обувь).

8. Медико-профилактические мероприятия.

Практическое занятие по теме: «Защита персонала от акустических и механических колебаний»

ЗАДАЧА 1

В качестве виброизоляторов используются стальные пружины со средним диаметром D , см; диаметром прутка d , см; высотой ненагруженной пружины H_0 , см и с числом рабочих витков i . Определить количество n стальных виброизоляторов для нормальной работы двигателя массой Q , кг.

Исходные данные:

а) средний диаметр пружины $D = 13,2$ см;

б) диаметр прутка $d = 1,6$ см;

в) модуль упругости на сдвиг G для всех пружинных сталей принимается равным 8×10^6 Н/см²;

г) коэффициент K , учитывающий повышение напряжений в средних точках

сечения прутка вследствие деформаций сдвига (для $C = 8,25$ $K = 1,18$);

д) допустимое напряжение при кручении $\tau = 40000$ Н/см².

Дополит.исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$Q \cdot 10^{-3}$, кг	10	15	11	14	15	16	12	13	10	11
H_0 , см	21,2	22,3	23,4	26,4	25,4	19,0	25,4	26,4	22,3	21,2
i	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4

Указания к решению задачи

1. Индекс пружины C определяется по формуле:

$$C = D/d$$

2. Жесткость одной пружины в продольном (вертикальном)

направлении:

$$K'_Z = \frac{G \cdot d}{8 \cdot C^3 \cdot i}, \text{ Н/см.}$$

(если отношение $H_0/D \leq 2$, при $C = 8,25$ $K = 1,18$)

3. Статическая нагрузка P_{CT} определяется по формуле:

$$P_{CT} = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot r}{8 \cdot K \cdot D}, \text{ Н.}$$

4. Необходимое количество пружин:

$$n = \frac{Q}{P_{CT}}$$

5. Общая жесткость стальных виброизоляторов:

$$K_{\text{общ}} = n \cdot K'_Z, \text{ Н/см.}$$

ЗАДАЧА 2

Определить количество резиновых виброизоляторов n_r для ротора массой – Q , кг при условии, что значение возмущающих сил должно быть уменьшено до допустимого значения $P_{\text{доп}}=200$ Н.

Исходные данные:

а) виброизолятор изготовлен из резины сорта 4049 в форме куба со стороной a , см, площадью поперечного сечения F , см².

б) динамический модуль упругости $E_g=1100$ Н/см².

в) замеренная частота возмущающей силы $f_0=24$ Гц.

г) вертикальная возмущающая сила, действующая на ротор

P_Z , Н.

Дополнит. исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$Q \cdot 10^{-3}$, кг	10	15	11	14	15	16	12	13	10	11
a , см	15	10	11	12	13	19	14	15	16	17
$P_Z \cdot 10^{-3}$, Н.	10	11	12	10	15	12	11	14	13	15

Указания к решению задачи

1. Определим отношение h/a , где h – высота куба.

2. Жесткость одного резинового виброизолятора в вертикальном направлении определяется по формуле:

$$K_Z = \frac{F \cdot E_g}{h - a/8}, \text{ Н/см.}$$

3. Минимальное отношение частоты возмущающей силы к частоте собственных колебаний виброизолирующего ротора:

$$\alpha_{z \min} = \sqrt{\frac{P_Z + P_{\text{дон}}}{P_{\text{дон}}}}$$

4. Частоту собственных вертикальных колебаний виброизолятора f_z определяет по формуле:

$$f_z = f_0 / \alpha_{z \min}, \text{ Гц.}$$

5. Максимальная вертикальная жесткость виброизолятора $K_{z \max}$:

$$K_{z \max} = \frac{9,8 \cdot Q}{g} \cdot (2\pi f_z)^2, \text{ Н/см.}$$

6. Количество резиновых виброизоляторов для ротора:

$$n_p = K_{z \max} / K_z$$

7. Модуль упругости на сдвиг (G , Н/см²) определяется по формуле:

$$G = E_g / n_p, \text{ Н/см}^2.$$

8. Горизонтальная жесткость резинового виброизолятора

$$K_x = \frac{F \cdot G}{h}, \text{ Н/см.}$$

ЗАДАЧА 3

Определить эффективность (G , дБ) звукоизолирующего кожуха, изготовленного из стального листа толщиной 2 мм с внутренней облицовкой из звукопоглощающего материала для различных среднегеометрических частот f , Гц. Если известно, что согласно СН 2.2.4/2 1.8 582-96, допустимый уровень звука на рабочем месте в цехе механической обработки материалов резанием не должен превышать 85 дБ.

Исходные данные:

а) масса 1 м² материала кожуха – $M = 15,7$ кг;

б) коэффициент звукопоглощения материалов – α ;

в) допустимые уровни звукового давления – $L_{\text{доп}}$, дБ;

г) уровень шума в механическом цехе при различных частотах – L , дБ.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
f , Гц	1000	125	250	500	1000	2000	4000	8000	125	500
$L_{\text{доп}}$, дБ	80	92	86	83	80	78	76	74	92	83
α	0,88	0,93	0,76	0,54	0,25	0,19	0,19	0,11	0,93	0,63
L , дБ	110	100	105	105	110	105	118	104	102	104

Указания к решению задачи

1. Величину ослабления шума G , дБ звукоизолирующего кожуха можно определить по формуле:

$$G = R + 10 \lg \alpha, \text{ дБ},$$

где: α – коэффициент звукопоглощения внутренней поверхности кожуха;

R – звукоизоляция стенок кожуха, которая зависит от веса материала. Для приближенного расчета средней звукоизолирующей способности пользуются формулой:

$$R = 20 \lg (M \cdot f) - 47,5, \text{ дБ}$$

В случае, если звукоизолирующий кожух не уменьшает уровень шума в цехе до $L_{\text{доп}}$, то предложите свои варианты улучшения звукоизоляции стенок кожуха.

ЗАДАЧА 4

Определите коэффициент передачи (КП), характеризующий эффективность виброизоляции и сделайте вывод, при каких условиях возможно возникновение чрезвычайной ситуации на предприятии в результате аварии оборудования из-за усиления вибрации.

Исходные данные:

- а) частота собственных колебаний оборудования на амортизаторах f_0 ,

Гц

- б) частота возмущающей силы f , Гц

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
f_0 , Гц	5	4	10	6	8	7	5	10	4	8
f , Гц	20	16	10	18	8	16	13	15	17	14

Указания к решению задачи

1. Коэффициент передачи определяют по формуле:

$$КП = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1},$$

где: f – частота возбуждающей силы, Гц;

f_0 – частота силы на виброизоляторах, Гц.

ЗАДАЧА 5

Определите суммарный уровень шума от агрегатов с уровнями звукового давления L_1, L_2, \dots, L_n дБ. Преимущественная частота в спектре шума f Гц. Сравните с допустимым уровнем звука на данной частоте $L_{\text{доп}}$ дБ и объясните практическую необходимость данного расчета при проектировании промышленного предприятия.

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L_1 , дБ	60	75	60	75	80	65	70	—	65	82
L_2 , дБ	70	78	73	75	68	72	75	75	60	70
L_3 , дБ	75	70	75	75	75	70	65	75	65	75
L_4 , дБ	—	65	75	65	60	60	60	75	70	65
f , Гц	4000	500	2000	1000	250	4000	500	2000	1000	1000
$L_{\text{доп}}$, дБ	71	78	73	75	81	71	75	75	70	80

Указания к решению задачи

- Суммарный уровень шума от нескольких источников не равен арифметической сумме уровней звукового давления каждого источника, а определяется в логарифмической зависимости. Суммарный уровень шума от источников, имеющих разный уровень звукового давления, определяют по формуле:

$$\sum_{i=1}^{i=n} L = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0.1 L_i}, \text{ дБ}$$

где: n – количество источников шума; L_i – уровень звукового давления каждого источника, дБ.

- Для упрощения математических расчетов суммарный уровень шума от различных источников можно определить по выражению:

$$\sum_{i=1}^{i=n} L = L_{\text{max}} + \Delta L, \text{ дБ}$$

где: L_{max} – больший из суммарных уровней шума, дБ ;
 ΔL – добавка к максимальной величине уровня звукового давления, дБ (см.табл. 5.1).

Табличное значение определяют по разности двух складываемых уровней шума.

таблица 5.1.

Разность двух складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому значению уровня, ΔL , дБ	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

При пользовании таблицей надо последовательно складывать уровни звукового давления, начиная с максимального. Сначала определяют разность двух складываемых уровней, затем определяют добавку к более высокому из складываемых уровней звукового давления.

3. При одновременной работе агрегатов равной интенсивности общий уровень звукового давления в помещении определяют по формуле:

$$\sum_{i=1}^{i=n} L = L_1 + 10 \lg n, \text{ дБ}$$

где: L_1 – уровень звука одного агрегата, дБ; n – количество одновременно работающих агрегатов.

ЗАДАЧА 6

Определите уровень шума в октавной полосе f в санитарно-защитной зоне на границе жилого района, если уровень звукового давления источника производственного шума L_p дБ. Сделайте вывод об экологической чистоте акустической среды на границе жилого района и дайте рекомендации по применению средств для уменьшения производственного шума. Примите допустимый уровень звукового давления 60 дБ.

Исходные данные:

а) кратчайшее расстояние от центра источника шума до расчетной

точки r , м;

б) фактор направленности источника шума (безразмерная величина)

$\Phi=5;6;7;$

в) затухание звука в атмосфере Δ , дБ/км.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L_p , дБ	108	98	80	75	85	100	95	78	70	80
r , м	60	50	90	80	40	70	55	85	90	37
f , Гц	1000	500	2000	250	4000	1000	500	2000	250	4000
Δ , дБ/км	6	3	12	1,5	24	6	3	12	1,5	24

Указания к решению задачи

1. Уровень звукового давления на территории предприятия или на границе жилого района определяется по формуле:

$$L_i = L_p - 20 \lg r_1 - \Delta \cdot r_1 - 8 + \Phi, \text{ дБ},$$

где: L_p – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

r_1 – кратчайшее расстояние от центра источника шума до расчетной точки, м;

Φ – фактор направленности источника шума (безразмерная величина);

Δ – затухание звука в атмосфере, дБ/м.

Величину Δ принимают в зависимости от среднегеометрической частоты октавных полос.

f , Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Δ , дБ/км	0	0,7	1,5	3,0	6,0	12	24	48

Вопросы для самоконтроля:

1. Вибрация. Величины, характеризующие вибрацию, влияние на человека.
2. Каким образом нормируется вибрация. Методы и средства защиты от вибрации.
3. Шум. Физические характеристики шума. Воздействие шума на человека. Методы измерения уровней шума.
4. Методы защиты от шума. Принцип нормирования параметров шума в производственных и общественных помещениях.
5. Расчет уровня шума в производственных помещениях.
6. Характеристика инфра- и ультразвука. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.
7. Шумопоглощающие материалы. Акустический расчет.
8. Расчет виброизолирующих прокладок.

9. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Источниками электромагнитных полей в природе являются

магнитные бури, во время которых напряженность магнитного поля земли может возрастать в тысячи, а иногда в десятки тысяч раз.

Источниками электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц являются электроустановки промышленных предприятий, шины высоковольтных электрических подстанций и токонесущие провода воздушных линий электропередачи.

Источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона являются антенны радиовещательных и телепередающих станций, специальных средств связи и радиолокационных станций.

Действие электромагнитных полей на организм человека проявляется в повышенной утомляемости, чувстве апатии или, наоборот, повышенного беспокойства, т.е. происходит воздействие на центральную нервную систему; возникают гипертония, боли в области сердца; нарушается обмен веществ в организме и т.д. Люди, подвергающиеся воздействию электромагнитного поля (особенно электротехнический персонал), заболевают раковыми болезнями на 15 % чаще, чем работники других профессий.

Защита от полей магнитных бурь

1. Предупреждать людей о днях магнитных бурь (неблагоприятные дни).
2. Ограничивать физическую нагрузку в неблагоприятные дни.
3. Принимать успокоительные лекарства, на работе и в быту быть спокойными, не портить настроение своими действиями.
4. Принимать лекарства по назначению врача.

Защита от электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц.

Известно, что в промышленных установках с частотой тока 50 Гц тело человека поглощает энергию электрического поля примерно в 50 раз больше, чем энергию магнитного поля. Кроме того, существующие установки не создают напряженности 150 – 200 А/ч, при которой начинает сказываться вредное воздействие магнитного поля. Поэтому воздействием магнитного поля в практике обычно пренебрегают.

Воздействие электрического поля на человека принято оценивать величиной тока, протекающего через человека в землю (мкА):

$$I_{\text{ч}} = 12 E,$$

где E - напряженность электрического поля на высоте человека среднего роста, кВ/м.

Допустимое значение тока, длительно проходящего через человека при воздействии электрического поля составляет примерно 50 – 60 мкА, что соответствует напряженности электрического поля, примерно 5 кВ/м. Измерение напряженности электрических полей выполняют измерителями напряженности.

Исходя из допустимой величины тока, проходящего через человека, разработаны и нормы времени пребывания его в электрическом поле установок сверхвысокого напряжения промышленной частоты.

1. Пребывание в электрическом поле (ЭП) напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня.

2. При напряженности ЭП свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин.

3. Допустимое время пребывания в ЭП напряженностью свыше 5 до 20 кВ/м вычисляют по формуле

$$\tau = 2 \frac{50}{E} - 2,$$

где t – допустимое время пребывания в ЭП, ч;

E – напряженность ЭП, кВ/м.

4. Пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Средствами защиты человека от воздействия ЭМП являются:

1. Экранирующие устройства (экраны). Экраны бывают стационарными и переносными. Стационарные экраны изготавливаются в виде козырьков, навесов из металлической сетки с ячейкой размером не крупнее 50х50 мм. Экраны обязательно заземляются.

2. Экранирующие костюмы, которые изготавливаются из специальной ткани с металлизированными нитями.

Основные меры защиты от воздействия высоких частот заключаются в следующем:

уменьшении излучения непосредственно от его источника (поглотители мощности);

экранировании источника излучения (металлические сплошные или сетчатые устройства, экраны с поглощающими покрытиями);

экранировании рабочего места у источника или удаление источника от рабочего места;

покрытии стен и потолка специальными материалами (магнетодиэлектрические пластины, металлические листы, сетки, ме-

ловая краска, аквадагом);

использовании индивидуальных средств защиты (халаты, фартуки, комбинезоны, чепчики, защитные очки).

Практическое занятие по теме: «Расчет средств защиты от электромагнитных полей»

Условия труда на рабочем месте при воздействии на персонал ЭМП оцениваются исходя из количества источников, частотного диапазона и предельно допустимых уровней энергетической нагрузки.

ЗАДАЧА 1

Оцените с точки зрения условий труда уровень электромагнитных излучений частотой 460 МГц, если плотность потока энергии (ППЭ), измеренная на рабочем месте регулировщика радиоаппаратуры, равна 0,3 Вт/м², а время, в течение которого регулировщик подвергается облучению, составляет за смену 4 ч.

Указания к решению задачи

1. Оценка уровня (ППЭ) электромагнитного поля, воздействующего на регулировщика во время работы, осуществляется сравнением его с предельно допустимым уровнем (ППЭ_{пд}), который определяется по формуле :

$$ППЭ_{пд} = K \frac{ЭН_{ППЭ_{пд}}}{T},$$

где $ЭН_{ППЭ_{пд}}$ — предельно допустимая величина энергетической нагрузки выбирается из таблицы 1;

K — коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 1 для всех случаев воздействия, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн: 10 — для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 50;

T — время пребывания персонала в зоне облучения за рабочую смену, ч.

2. Сравнить уровень измеренной ППЭ на рабочем месте с ППЭ_{пд} и сделать вывод о допустимости работы регулировщика в данных условиях с точки зрения вредности ЭМП.

Таблица 1. ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	ЭЭ _{пду} в диапазонах частот (МГц)				
	≥0,03-3,0	≥3,0-30,0	≥30,0-50,0	≥50,0-300,0	≥300,0-300000,0
ЭН _Е , (В/м) ² ·ч	20000	7000	800	800	-
ЭН _Н , (А/м) ² ·ч	200	-	0,72	-	-
ЭН _{ППЭ} , (мкВт/см ²)·ч	-	-	-	-	200

ЗАДАЧА 2

Оценить условия труда регулировщика радиоаппаратуры по электромагнитному фактору, если известно, что в своей работе он использует генератор СВЧ ($\lambda=3\text{см}$) и ПЭВМ. Измеренные значения излучаемой мощности ($P_{\text{изл}}$) открытого выхода на расстоянии 30 см составляют 0,3 Вт, а напряженность электрической составляющей (E) от строчного генератора дисплея ($f=32\text{кГц}$) равна 40 В/м. Суммарная продолжительность пребывания регулировщика за работой в течение рабочего дня не превышает 6 ч.

Указания к решению задачи

1. Так как по условиям задачи регулировщик подвергается облучению ЭМП с различными нормируемыми параметрами (так как различные диапазоны частот), то его безопасность, согласно СанПиН 2.2.4.1191-03, следует определять по формуле:

$$\frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}}}{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{пд}}}} + \frac{\text{ЭН}_{\text{Е}}}{\text{ЭН}_{\text{Е}_{\text{пд}}}} \leq 1$$

Энергетическая нагрузка плотности потока энергии определяется исходя из формулы:

$$\text{ЭН}_{\text{ППЭ}} = \frac{\text{ППЭ} \cdot T}{K}$$

где K — коэффициент биологического ослабления, в данном случае $K = 1$.

2. Плотность потока энергии ППЭ на рабо-

Безопасность жизнедеятельности

чем месте можно определить приблизительно по формуле, взятой из таблицы 2

Таблица 2. **Расчетные формулы для определения E, H и ППЭ**

Частота ЭМП	Формула для расчета нормируемых параметров	Обозначения
От 30 кГц до 300МГц	$E = \frac{I \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \omega \cdot r^3}, \text{ В/м}$ $H = \frac{I \cdot L}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \text{ А/м}$	I, А – ток в проводнике(антенне); L, м – длина проводника (антенны); ε, Ф/м – диэлектрическая проницаемость среды; ω, рад/с – круговая частота поля;
От 300 МГц до 300 ГГц	$ППЭ \approx \frac{P_{изл}}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \Phi_3, \text{ Вт/м}^2$ $ППЭ \approx \frac{P_{изл} \cdot g}{4 \cdot \pi \cdot r} \cdot \Phi_3, \text{ Вт/м}^2$	r, м – расстояние до излучателя; P _{изл} , Вт – излучаемая мощность; g – коэффициент усиления антенны; Φ ₃ – фактор земли, зависящий от типа передатчика и характеристики трассы

$$\frac{ЭН_{ППЭ}}{ЭН_{ППЭ_{пд}}}$$

3. Определим искомое отношение:
 $\text{Вт} \cdot \text{ч/м}^2$

$$\frac{ЭН_{ППЭ}}{ЭН_{ППЭ_{пд}}}$$

Согласно СанПин 2.2.4.1191-03 согласно таблицы 1.

$$ЭН_{ППЭ_{пд}}$$

4. Энергетическая нагрузка по электрической составляющей поля ($ЭН_E$) определяется по формуле:

$$ЭН_E = E^2 T,$$

Предельно допустимое значение энергетической нагрузки для указанного в условиях задачи диапазона, согласно СанПин 2.2.4.1191-03, определяем из таблицы 3,

Находим второе отношение критерия безопасности:

$$\frac{ЭН_E}{ЭН_{E_{пд}}}$$

5. Определив общий критерий безопасности необходимо сделать вывод о безопасности работы и предложить меры защиты персонала

Защита экранированием.

При экранировании используются такие явления, как поглощение электромагнитной энергии материалом экрана и ее отражение от поверхности экрана. Поглощение ЭМП обуславливается тепловыми потерями в толще материала за счет индукционных токов и зависит от электромагнитных свойств материала экрана (электрической проводимости, магнитной проницаемости и др.). Отражение обуславливается несоответствием электромагнитных свойств воздуха (или другой среды, в которой распространяется электромагнитная энергия) и материала экрана (главным образом волновых сопротивлений).

Для изготовления экранов применяют либо тонкие металлические (сталь, алюминий, медь, сплавы) листы, либо металлические сетки, так как металлы, являясь хорошими проводниками, реализуют оба явления, используемые при экранировании.

Толщина экрана (d) из металлического листа выбирается исходя из соображений механической прочности, но не менее 0,5мм и должна быть больше глубины проникновения ЭМ волны в толщу экрана:

$$d \geq \delta = \sqrt{\frac{1}{\frac{\omega \mu \sigma}{2}}} \geq 0,5, \text{ мм},$$

где δ — глубина проникновения поля в проводящую среду и определяется как величина, обратная коэффициенту затухания:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\frac{\omega \mu \sigma}{2}}},$$

где $\omega = 2\pi f$ — круговая частота ЭМП; f , Гц - частота; $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м — магнитная проницаемость материала; σ , См/м — электрическая проводимость материала.

Металлические экраны за счет отражения и поглощения практически непроницаемы для ЭМ энергии радиочастотного диапазона (при $d > \lambda$).

Большая отражательная способность металлов, обусловленная значительным несоответствием волновых сопротивлений воздуха и металла, в ряде случаев может оказаться нежелательной, так как может увеличивать интенсивность поля в рабочей зоне и влиять на режим работы генератора (излучателя). Поэтому в подобных случаях следует применять экраны, преимущественно с малым коэффициентом отражения и большим коэффициентом поглощения.

$$r = \frac{1}{\sqrt{\frac{\omega \mu \sigma}{2}}}$$

$$r = \frac{1}{\sqrt{\frac{\omega \mu \sigma}{2}}}$$

Для оценки функциональных качеств экрана используют понятие эффективности.

Требуемое ослабление поля (L_{TP}) и эффективность экранирования определяются по формулам:

$$L_{TP} = \frac{E_P}{E_{ПД}} = \frac{H_P}{H_{ПД}}$$

$$\mathcal{E}_{ЭКР} = 10 \lg \frac{П_2}{П_1}$$

где $E_P, H_P, E_{ПД}, H_{ПД}$ — соответственно напряженность электрического и магнитного поля на рабочем месте (или жилой зоне) и предельно допустимые их значения;

$П_1, П_2$ — плотность потока энергии до и после применения экрана.

Среднюю эффективность можно определить по соотношению:

$$\mathcal{E} = \sqrt{\frac{Z \cdot \delta}{\rho}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\lambda}{R_{\mathcal{E}}}} \cdot e^{\frac{2\pi d}{m}} \left(1 - \frac{\pi \cdot m}{\lambda} \right),$$

где Z – волновое сопротивление среды, Ом; для воздуха $Z = 377$ Ом;

r – глубина проникновения ЭМП в материал экрана, м,

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{2\pi \cdot f \cdot \sigma \cdot \mu}}$$

f – частота колебаний ЭМП, Гц;

σ – удельная проводимость материала экрана, $(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$;

μ – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м;

ρ – удельное сопротивление материала экрана, $\text{Ом} \cdot \text{м}$;

λ – длина волны ЭМП, м;

$R_{\text{Э}}$ – эквивалентный радиус экрана (радиус цилиндра, сферы), м;

$$\frac{2\pi \cdot d}{\lambda}$$

e^{-m} – коэффициент, учитывающий уменьшение эффективности экрана за счет наличия в нем отверстий и щелей;

d – толщина материала экрана, м;

m – наибольший размер отверстия (щели) в экране, м.

Если экран сплошной, то его толщину, необходимую для обеспечения заданной эффективности экранирования $\text{Э}_{\text{треб}}$, можно определить по соотношению:

$$d_{\text{треб}} = \sqrt{\frac{2}{2\pi \cdot f \cdot \sigma \cdot \mu}} \cdot \ln \text{Э}$$

Значения σ и μ приведены в таблице 6.

При использовании в качестве средства защиты кожуха из металлической сетки по табл.4 выбирается номер сетки, обеспечивающей требуемую эффективность экранирования на заданной частоте ЭМП.

При использовании в качестве средства защиты экрана из радиопоглощающих материалов в табл.5 или 6 выбирается материал и изделие из него, обеспечивающие требуемую эффективность.

Если материалы, обеспечивающие требуемую эффективность, не найдены или не подходят по конструктивным соображениям, используйте комбинированную защиту из нескольких материалов или используйте защиту временем и расстоянием

Таблица 3. Удельная проводимость и магнитная проницаемость металлов

Металл	Удельная проводимость ρ , 1/Ом·м	Магнитная проницаемость μ , Гн/м
Серебро	$6,25 \cdot 10^7$	$1,26 \cdot 10^{-6}$
Медь	$5,65 \cdot 10^7$	$1,26 \cdot 10^{-6}$
Алюминий	$3,57 \cdot 10^7$	$1,26 \cdot 10^{-6}$
Латунь	$1,42 \cdot 10^7$	$1,26 \cdot 10^{-6}$
Сталь	$1,0 \cdot 10^7$	$300 \cdot 10^{-6}$

Таблица 4. Защитные свойства сеток

Номер сетки	Диаметр проволоки, мм	Ослабление ЭМП, дБ на частотах, МГц					
		9375	4762	2830	857	600	300
1	2	3	4	5	6	7	8
0,1	0,07	40	40	40			
0,2	0,13	40	40	40			
0,4	0,15	40	40	40			
0,5	0,22	39	40	40			
0,8	0,30	38	40	40			
0,9	0,35	38	40	40	40		
1,0	0,35	37	40	40	40		
1,2	0,40	35	40	40	40		
2,0	0,5	27	38	40	40		
3,2	0,9	22	32	39	40	40	
5,0	1,40	19	27	30	40	40	40
10,0	0,7	-	14	23	24	28	34
20,0	1,40	-	7	11	17	20	27

Таблица 5. Характеристики радиопоглощающих мате-

риалов

Вид изделия	Марка материала	Диапазон рабочих частот, МГц	Диапазон поглощенных волн, см	Толщина материала, мм.	Эффективность экран., дБ
Резиновые коврики	В2Ф-2	7500-37500	0,8 - 4	11-14	17-20
	В2Ф-3				
	ВКФ-1				
Магнито-диэлектрические пластины	ХВ-08	37500	0,8- 4	4	17-20
	ХВ-2,0	15000			
	ХВ-3,2	9375			
Поглощающие покрытия на основе поролона	«Болото»	300-37500	0,8-100	-	17-20
	Древесное волокно	«Луч-40»	750-37500	15-150	-
Ферритовые пластины	СВЧ-0,68	2000-150	15 – 200	4	14-15

 Таблица 6. **Материалы для защитных экранов**

Эффективность экранирования замкнутых экранов, дБ					
Материал, экранируемое устройство и конструкция экрана	Диапазон частот, МГц				
	0,15-3	3-30	30-300	30-3000	3000-10 000
Сталь листовая: толщина 1,4 мм	100	100	100	100	100
сварка непрерывным швом	70	50	—	—	—
сварка точечная, шаг 50 мм					
листы, скрепленные болтами (шаг 50 мм)	75	60	—	—	—
непрерывная пайка	100	100	100	100	100
точечная пайка, шаг 50 мм	100	80	60	50	40
без пайки	100	100	60	50	40
Сетка металлическая с ячейкой 1—1,5 мм пайка	80	60	50	40	25
Фольга склейка внахлест (шов перекрыт)	100	80	80	70	60
Токопроводящая краска (сопротивление 2 - 6 Ом)	70	40	30	40	40
Металлизация (расход металла 0,3 кг/м ²)	100	80	60	50	40
Экранирование смотровых и оконных проемов: хутора или створка из металлической сетки с ячейкой 1—1,5 мм	70	60	60	40	40
приваренный стальной или припаянный жестяной лист	100	100	80	80	70
сотовая решетка	100	100	100	—	—

Безопасность жизнедеятельности

металлическая сетка с ячейкой до 2 мм	70	60	40	20	—
стекло с токопроводящей поверхностью	70	30	—	30	30
Экранирование дверных проемов: одинарная дверь на каркасе, обшитом стальным листом, контакт сплошной регулируемый	80	70	70	60	60
то же, но контакт щеточный с шагом 100 мм	70	60	40	30	30
открытый предельный волновод	100	60	—	—	—
приставная крышка с двойным контактом и прижимным устройств.	100	100	80	60	60
двойная дверь с тамбуром, контакт сплошной регулируемый или пневматический	100	100	100	100	100
Экранирование каналов: открытый предельный волновод	100	100	100	100	100
сотовая решетка	100	100	100	100	100
металлическая сетка с ячейкой 5 мм	70	60	30	—	—
перфорированная	70	60	40	—	—
Экранирование вводов коммуникаций: металлические трубы, приваренные к экрану по всему периметру	100	100	100	100	100
металлические трубы, проложенные в волноводных патрубках	100	100	100	100	100
фильтры	100	100	100	100	100

ЗАДАЧА 3

Спроектировать экран для защиты от излучения индукционной СВЧ печи (рис. 9.1). Диаметр индуктора 0,5 м, частота генератора $f=3$ МГц, требуемая эффективность экранирования $\mathcal{E}_{\text{треб}}=10$. Экран выполнить из стальной сетки толщиной прутьев $d=2$ мм, размер ячейки $m_{\text{min}}=40$ мм.

Указания к решению задачи

1. Для определения эквивалентного диаметра экрана, обеспечивающего заданную эффективность экранирования решим уравнение относительно R_{Σ} :

$$R_{\Sigma} = \left(\frac{\delta Z}{\rho} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\lambda}{\mathcal{E}_{ТРЕБ}^3} \cdot e^{\frac{6\pi l}{m}} \cdot \left(1 - \frac{\pi m}{\lambda} \right)^3$$

При частоте $f = 3$ МГц длина волны ЭМП $\lambda = 100$ м. Для стали $\rho = 10^{-7}$ (Ом·м), $\mathcal{E} = 4 \cdot 10^{-7}$ Гн/м, $m = 7 \cdot 10^6$ (Ом·м)⁻¹.

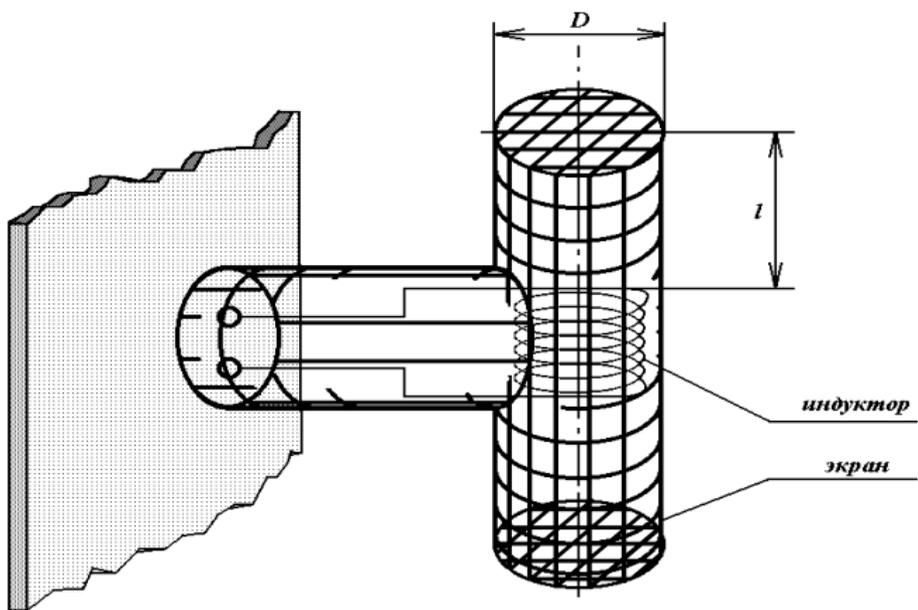


Рис. 9.1. Печь с экраном

2. δ — глубина проникновения поля в проводящую среду и определяется как величина, обратная коэффициенту затухания:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\omega \mu \sigma}}$$

где $\omega = 2\pi f$ – круговая частота ЭМП; f , Гц - частота; $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м — магнитная проницаемость материала; σ , См/м — электрическая проводимость материала.

ЗАДАЧА 4

Обосновать необходимость применения экранирования и определить эффективность экрана нагревательного элемента высокочастотной закалочной установки, работающей в диапазоне частот до 120 кГц. Измеренное максимальное значение напряженности магнитного поля (H) на рабочем месте 12,5А/м., продолжительность работы 5 ч.

Указания к решению задачи

1. Для выполнения задания необходимо знать допустимое значение $H_{пд}$ для указанной частоты и затем, сравнивая его с уровнем H на рабочем месте, определить, необходимы ли меры защиты, в частности экранирование, и в случае необходимости определить их эффективность.

Допустимое значение напряженности магнитного поля $H_{пд}$ по формуле:

$$H_{пд} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}N_{H_{пд}}}{T}}$$

где $\mathcal{E}N_{H_{пд}}$ (А/м)²·ч - предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня (таблица 1); T — время воздействия, ч

2. Эффективность экрана должна составлять не менее:

$$\mathcal{E}_{экр} \geq \frac{H_p}{H_{пд}}$$

ЗАДАЧА 5

Определить необходимую толщину защитного экрана для снижения уровня электромагнитной энергии до допустимого (с точки зрения безопасности) значения, если длина волны ЭМП

равна 3см, а материал экрана алюминий ($\sigma = 3,54 \cdot 10^7 \text{ Ом} \cdot \text{м}^{-1}$; $\mu = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$).

Указания к решению задачи

1. Необходимая толщина экрана r рассчитывается исходя из двух требований: во-первых, снижение количественных характеристик поля (например, ППЭ) в экране должно быть не менее глубины проникновения волны в толщу экрана; во-вторых, экран должен иметь толщину не менее 0.5 мм по требованиям механической прочности. Таким образом, толщина экрана:

$$d \geq \delta = \sqrt{\frac{1}{\omega \mu \sigma}}$$

где σ - электрическая проводимость материала экрана, в данном случае $\sigma = 3,54 \cdot 10^7 \text{ Ом} \cdot \text{м}^{-1}$; $\mu = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - действительная часть магнитной проницаемости; $\omega = 2\pi f$ - круговая частота ЭМП;

$$f = \frac{c}{\lambda}, \quad \text{Гц,}$$

где c - скорость распространения света ($300 \cdot 10^3 \text{ км/с}$).

Определим достаточную толщину экрана:

ЗАДАЧА 6

С какой эффективностью (в дБ) необходимо применить экран для защиты от электромагнитных излучений при облучении персонала в течение 8-часового рабочего дня на расстоянии 3 м от источника мощностью 0,5 кВт ($\lambda = 8 \text{ см}$). Диаграмма направленности излучения круговая.

3. *Указания к решению задачи*

1. Эффективность экрана в дБ рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{ЭКР} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}$$

где P_1, P_2 — соответственно плотность потока энергии излучения до и после применения экрана, Вт/м² (мкВт/см²).

2. Плотность потока энергии (ППЭ) до экрана (P_1) приблизительно определяется по формуле для расчета ППЭ

(табл. 2):

$$P_1 = \frac{P_{\text{изл}}}{4\pi \cdot r^2}, \text{ Вт/м}^2.$$

Плотность потока энергии после экрана (P_2) не должна превышать предельно допустимое значение, регламентируемое Сан-Пин 2.2.4.1191-03, которое определяется по формуле:

$$ППЭ_{\text{ПД}} = K \frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{ПД}}}}{T},$$

Согласно этим нормам: $\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{ПД}}} = 2 \text{ Вт} \cdot \text{ч/м}^2$ (200 мкВт·ч/см²).

Коэффициент кратности $K=1$, так как источник имеет круговую диаграмму направленности.

Максимальное значение плотности потока энергии за экраном P_2 , не должно превышать $ППЭ_{\text{ПД}}$.

Защита временем.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в рабочей зоне (в зоне облучения ЭМП). Этот способ защиты применяется когда нет возможности снизить интенсивность излучения в рабочей зоне до предельно допустимого уровня.

ЗАДАЧА 7

Определить максимально допустимое время, в течение которого может работать персонал в условиях электромагнитного поля СВЧ-диапазона, если известно, что допустимая плотность потока энергии составляет 0,8 Вт/м² от вращающейся антенны.

Указания к решению задачи

1. Допустимое время работы можно определить, по формуле:

$$T \leq K \frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{ПД}}}}{\text{ППЭ}_{\text{ПД}}},$$

Где $K=10$, так как по условию задачи антенна вращается.

Подставляя исходные данные, определим:

ЗАДАЧА 8

Оценить уровень электромагнитных излучений на рабочем месте оператора ПЭВМ при суммарной продолжительности его работы не менее 5 ч за смену, если суммарная напряженность электрической составляющей поля от строчного генератора ($f=31$ кГц) на расстоянии 30 см от экрана дисплея составила 140 В/м. сделать вывод о необходимости принятия мер защиты или о ее отсутствии. При необходимости, выбрать и выполнить расчет средств защиты.

Указания к решению задачи

1. Как известно, оценка ЭМП в диапазоне от 30 кГц до 300 МГц осуществляется сравнением напряженности электрической или магнитной составляющей с предельно допустимым уровнем, который определяется по формуле:

$$E_{ПД} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}N_{E_{ПД}}}{T}}$$

где $\mathcal{E}N_{E_{ПД}}$ - предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 в диапазоне частот от 30 кГц до 3.0 МГц $\mathcal{E}N_{E_{ПД}}$ устанавливается из таблицы 3

2. Максимально допустимое время, в течение которого может работать персонал можно определить, решая уравнение для расчета допустимого уровня электрической составляющей поля относительно T :

$$E_{ПД} = \sqrt{\frac{\dot{\mathcal{E}}N_{E_{ПД}}}{T}}$$

$$T = \frac{\dot{\mathcal{E}}N_{E_{ПД}}}{E_{ПД}^2}$$

Тогда:

Защита расстоянием.

Защита расстоянием – увеличение расстояния между источником излучения и обслуживающим персоналом – применяется в том случае, если невозможно ослабить интенсивность облучения другими мерами. Поскольку интенсивность излучения убывает пропорционально квадрату расстояния от источника излучения, то это позволяет установить зоны нормированных излучений вокруг источников ЭМП. Границы зон нормированных излучений можно рассчитать, используя формулы таблицы 2, формулы 5; 6 и 15; 16.

ЗАДАЧА 9

Оценить уровень электромагнитного излучения на рабочем месте регулировщика радиоаппаратуры от генератора мощностью 30 Вт, работающего в диапазоне частот 460—490 МГц, с точки зрения необходимости разработки мероприятий по защите персонала, если рабочее место удалено от источника излучения на расстояние 1 м, а продолжительность пребывания персонала в условиях облучения за смену не превышает 6 ч. При необходимости выбрать меры защиты.

Указания к решению задачи

1. Оценка уровня поля осуществляется сравнением значений плотности потока энергии на рабочем месте (так как генератор работает в диапазоне СВЧ) и предельно допустимым.

Плотность потока энергии на рабочем месте ППЭ, Вт/м² можно рассчитав по формуле :

$$ППЭ \approx \frac{P_{изл}}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \text{ Вт/м}^2$$

где $P_{изл}$ - мощность генератора; r — расстояние от источника излучения до рабочего места.

2. Допустимое значение плотности потока энергии определяется по формуле:

$$ППЭ_{пд} = K \frac{ЭН_{ППЭ_{пд}}}{T},$$

где $K=1$ для данного условия; $ЭН_{ППЭ_{пд}}$ - 2 (Вт/м²)·ч – максимальная энергетическая нагрузка;

В случае если значение $ППЭ$ на рабочем месте превышает предельно допустимое необходимо выполнить защиту персонала от влияния ЭМП.

Выбирая с защитой расстоянием, необходимо определить на каком расстоянии от источника излучения может находиться регулировщик радиоаппаратуры в течение всего рабочего дня, не подвергая опасности свое здоровье.

3. Так как определяется минимальное расстояние от источника излучения, то решая формулу для расчета плотности потока энергии ($ППЭ$) относительно расстояния r , м (табл.2), то вместо значения $ППЭ$ используется рассчитанное допустимое значение плотности потока энергии, $ППЭ_{пд}=0,33$ Вт/м²:

$$r_{пд} = \sqrt{\frac{P_{изл}}{4\pi \cdot ППЭ_{пд}}}, \text{ м}$$

Вопросы для самоконтроля:

1. ЭМП. Какова физическая природа явления. Как осуществляется нормирование ЭМП, в чем проявляется характер воздействия на

человека.

2. Электромагнитные поля. Классификация электромагнитных полей. Каковы основные средства и способы защиты от ЭМП.
3. В чем состоят особенности работы с компьютером. Вредные факторы, возникающие при работе с ПК. Профилактика и способы защиты. Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организация работ .

10. ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ионизирующие излучения возникают при работе с приборами, в основе действия которых лежат радиоактивные изотопы, при работе электровакуумных приборов, дисплеев и т.д.

Под влиянием излучения в живой ткани происходит расщепление воды на атомарный водород H и гидроксильную группу OH, которые вступают в соединение с другими молекулами ткани и образуют новые химические соединения, не свойственные здоровой ткани. В результате нарушения биохимических процессов в организме может происходить торможение функций кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, расстройство деятельности желудочно-кишечного тракта, истощение организма, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям, отеки, пузыри, раковые опухоли, лейкоз, раннее старение, бесплодие и т.д.

Мерой безопасности облучения является эквивалентная доза. Ее единица измерения - биологический эквивалент рада (бэр), равный количеству энергии любого вида излучения, поглощаемого тканью, биологический эффект которого эквивалентен 1 рад рентгеновского излучения.

Эквивалентная доза D (бэр), накопленная за T лет с начала профессиональной работы, не должна превышать значения

$$D = ПДД \times T.$$

В любом случае доза, накопленная к 30 годам, не должна превышать 12 ПДД.

Предельно допустимая доза облучения (ПДД) – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений. ПДД для всего тела профессиональных работников (категория А) - 2 бэр/г. Для категории Б установлен предел дозы (ПДД) 0,1 Бэр/г. Для практических целей можно принимать:

1 бэр = 1 Р,

где Р - рентген.

Рентген дает облучение: черепа – 0,8 – 6 Р; позвоночника – 1,6 – 14 Р; грудной клетки – 4,7 – 19,5 Р; зубов – 3 – 5 Р; желудочно-кишечного тракта – 12 – 82 Р; флюорография – 0,2 – 0,5 Р и т.д. Для измерения дозы рентгеновских излучений применяют дозиметры.

Эффективными **мерами от ионизирующих излучений** являются:

организационные методы – выбор изотопов с меньшим периодом полураспада, правильное хранение и контроль за расходом радиоактивных веществ, строгое соблюдение инструкций и др.;

экраны, перегородки, корпуса из материалов с высоким атомным номером и высокой плотностью (свинец, вольфрам, сталь, бетон и др.).

стены, потолки, полы – гладкие;

углы - круглые;

влажная уборка;

кратность воздухообмена не менее 5;

уборочный инвентарь из помещения не выносят, а хранят в специальных ящиках или шкафах;

могильник (место захоронения радиоактивных веществ) не ближе 20 км от города, с глинистыми почвами:

допустимые расстояния и время работы с радиоактивными веществами, которые можно определить из формулы

$$D = 8,4 \cdot \frac{c \cdot t}{l^2}$$

где D – допустимая доза облучения в смену, Бэр;

t – время работы, ч;

l – расстояние до человека, см;

c – гамма-эквивалент радиоактивного вещества (указывается в справочнике или паспорте на радиоактивное вещество);

индивидуальные средства защиты (специальная обувь и одежда, защитные перчатки и очки, респираторы, специальные костюмы с принудительной вентиляцией и т.д.).

Вопросы для самоконтроля:

1. Ионизирующие излучения. Их виды. Действие ионизирующего излучения на человека.
2. Дозиметрические величины, характеризующие

- воздействие радиации на облучаемые объекты. Нормы радиационной безопасности.
3. Лазерное излучение, его воздействие на организм человека и принцип гигиенического нормирования.
 4. Ультрафиолетовое излучение. Защита от ультрафиолетового излучения. Индивидуальные средства защиты.

11. ОПАСНЫЕ ЗОНЫ ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

Опасная зона – это пространство, в котором действуют постоянно или возникают периодически факторы, опасные для жизни и здоровья человека. При проектировании технологического оборудования и при его эксплуатации необходимо предусматривать применение устройств, либо исключающих возможность контакта человека с опасной зоной, либо снижающих опасность контакта. Такого рода устройствами являются средства защиты работающих, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Все применяемые в производстве защитные устройства можно разделить на следующие основные группы:

- оградительные;
- предохранительные;
- блокирующие;
- сигнализирующие;
- системы дистанционного управления;
- специальные устройства (вентиляция, освещение, глушители шума, заземление);
- индивидуальные защитные средства (СИЗ).

Общие требования к средствам защиты: максимальное снижение опасностей и вредностей на рабочих местах; учет индивидуальных особенностей оборудования, инструмента, приспособлений или технологических процессов; надежность, прочность, удобство обслуживания машин и механизмов в целом, включая средства защиты.

Оградительные устройства – средства защиты, препятствующие попаданию человека в опасную зону. Оградительные устройства: стационарные (несъемные); подвижные (съемные), переносные.

Стационарные ограждения демонтируются лишь периодически (смена рабочего инструмента, смазка, проверка контрольных измерений и т.д.). Они выполняются так, что пропускают об-

рабатываемую деталь, но не пропускают руки рабочего.

Подвижное ограждение закрывает доступ в рабочую зону при наступлении опасного момента (особенно распространено в станкостроении).

Переносные ограждения используются при ремонтных и наладочных работах для защиты от случайных прикосновений к токоведущим частям, а также от механических травм и ожогов. Кроме того, их применяют на постоянных рабочих местах сварщиков.

Ограждения выполняются в виде сварных и литых кожухов, решеток, сеток, щитков, экранов, веревок с флажками и т.д.

Предохранительные защитные средства применяются для автоматического отключения агрегатов и машин при отклонении какого-либо параметра за пределы допустимых значений. На установках, работающих под давлением больше атмосферного, используются предохранительные клапаны рычажного, пружинного и мембранного типа. В случае образования взрыва, пожароопасной смеси, при концентрациях 5 – 50 % от взрывоопасной, срабатывает аварийная вентиляция. При повышенном давлении в ресиверах применяют тепловые реле, отключающие двигатель при увеличении температуры сжижаемого воздуха сверх допустимого значения.

В электромагнитных плитах для закрепления обрабатываемого материала, подъема и переноски различных изделий следует предусмотреть запасную проводку от запасного источника питания, ограничители движения, конечные выключатели, тормозные и удерживающие устройства и т.д. Введение слабого звена заключается во внесении в конструкцию технологического оборудования деталей и узлов, рассчитанных на разрушение (или несрабатывание) при перегрузках (срезные штифты, шпонки, фрикционные муфты, плавкие предохранители в электроустановках, разрывные мембраны и т.д.).

Блокирующие устройства исключают возможность проникновения человека в опасную зону либо устраняют опасный фактор на время пребывания человека в этой зоне (механические, электрические, фотоэлектрические, радиационные, гидравлические, пневматические, комбинированные).

Сигнализирующие устройства – это средства информации о работе технологического оборудования, а также об опасных и вредных факторах, которые при этом возникают.

По назначению системы сигнализации делятся на оперативные; предупредительные; опознавательные. По способу ин-

формации: звуковые; визуальные; комбинированные; одоризационные (по запаху, в газовом хозяйстве).

К сигнализирующим устройствам визуальной информации можно отнести опознавательную окраску трубопроводов, электропроводов и знаки безопасности.

Трубопроводы красят в следующие цвета:

вода - зеленый; пар - красный; воздух - синий; горючие и негорючие газы - желтый; кислоты - оранжевый; щелочи – фиолетовый, горючие жидкости - коричневый; прочие вещества - серый.

Согласно ПУЭ электрические провода по принадлежности выполняют с изоляцией следующих цветов:

черный - для проводников в силовых цепях;

красный - для проводников в цепях управления, измерения и сигнализации переменного тока;

синий - для проводников в цепях управления, измерения и сигнализации постоянного тока;

зелено-желтый (двухцветный) - для проводников в цепях заземления;

голубой - для проводников, соединенных с нулевым проводом и не предназначенных для заземления.

Знаки безопасности широко применяются практически во всех сферах производственной деятельности, на транспорте, например:

запрещающие (не включать – работают люди; сквозной проезд запрещен);

предупреждающие (стой – напряжение; не влезай – убьет; опасный поворот);

разрешающие (работать здесь);

указательные (заземлено).

К средствам индивидуальной защиты (СИЗ) относятся:

изолирующие костюмы; средства защиты органов дыхания (респираторы, марлевые повязки, противогазы и др.); спецодежда (костюмы, фуфайки, халаты и др.); спецобувь (ботинки, сапоги и др.); средства защиты головы (каска, шапки и др.); средства защиты лица, глаз, органов слуха; защитные дерматические средства.

12. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.

Статистика электротравматизма показывает, что смертель-

ные поражения электрическим током составляют 2,7 % общего числа смертельных случаев (у нас в РФ).

Согласно ПТЭ и ПТБ все электроустановки принято разделять на 2 группы:

установки напряжением до 1000 В;

установки напряжением выше 1000 В.

Следует отметить, что число несчастных случаев в электроустановках напряжением до 1000 В в 3 раза больше, чем в электроустановках напряжением выше 1000 В.

Это объясняется тем, что установки напряжением до 1000 В применяются более широко, а также тем, что контакт с электрооборудованием здесь имеет большее число людей, как правило, не имеющих электрическую специальность. Электрооборудование выше 1000 В распространено меньше, и к его обслуживанию допускаются только высококвалифицированные электрики.

Опасность поражения электрическим током отличается от прочих опасностей тем, что человек не в состоянии без специальных приборов

обнаружить ее дистанционно, как например движущиеся части машин, раскаленный металл и т. п.

Наличие напряжения обнаруживается часто слишком поздно, когда человек уже оказался под напряжением.

Причины электротравматизма

Наиболее распространенными причинами электротравматизма являются:

появление напряжения там, где его в нормальных условиях быть не должно (на корпусах оборудования, на технологическом оборудовании, на металлических конструкциях сооружений и т. д.). Чаще всего происходит это вследствие повреждения изоляции;

возможность прикосновения к незаизолированным токоведущим частям при отсутствии соответствующих ограждений;

воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000 В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;

прочие причины. К ним относятся: несогласованные и ошибочные действия персонала; подача напряжения на установку, где работают люди; оставление установки под напряжением без надзора; допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т. д.

Действие электрического тока на организм человека

Электрический ток, проходя через живые ткани, оказывает термическое, электролитическое и биологическое воздействия. Это приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее повреждение организма.

Рассмотрим различные виды электропоражений.

Электрический удар – это поражение внутренних органов человека.

Небольшие токи вызывают лишь неприятные ощущения. При токах, больших 10 – 15 мА, человек неспособен самостоятельно освободиться от токоведущих частей и действие тока становится длительным (неотпускающий ток). При длительном воздействии токов величиной несколько десятков миллиампер и времени действия 15 – 20 секунд может наступить паралич дыхания и смерть. Токи величиной 50 – 80 мА приводят к фибрилляции сердца, которая заключается в беспорядочном сокращении и расслаблении мышечных волокон сердца, в результате чего прекращается кровообращение и сердце останавливается.

Как при параличе дыхания, так и при параличе сердца функции органов самостоятельно не восстанавливаются, в этом случае необходимо оказание первой помощи (искусственное дыхание и массаж сердца). Кратковременное действие больших токов не вызывает ни паралича дыхания, ни фибрилляции сердца. Сердечная мышца при этом резко сокращается и остается в таком состоянии до отключения тока, после чего продолжает работать.

Действие тока величиной 100 мА в течение 2 – 3 секунд приводит к смерти (смертельный ток).

Ожоги происходят вследствие теплового воздействия тока, проходящего через тело человека, или от прикосновения к сильно нагретым частям электрооборудования, а также от действия электрической дуги. Наиболее сильные ожоги происходят от действия электрической дуги в сетях 35 – 220 кВ и в сетях 6 – 10 кВ с большой емкостью сети. В этих сетях ожоги являются основными и наиболее тяжелыми видами поражения. В сетях напряжением до 1000 В также возможны ожоги электрической дугой (при отключении цепи открытыми рубильниками при наличии большой индуктивной нагрузки).

Электрические знаки — это поражения кожи в местах соприкосновения с электродами круглой или эллиптической формы, серого или бело-желтого цвета с резко очерченными гранями ($D = 5 - 10$ мм). Они вызываются механическим и химическим

действиями тока. Иногда появляются не сразу после прохождения электрического тока. Знаки безболезненны, вокруг них не наблюдается воспалительных процессов. В месте поражения появляется припухлость. Небольшие знаки заживают благополучно, при больших размерах знаков часто происходит омертвление тела (чаще рук).

Электрометаллизация кожи – это пропитывание кожи мельчайшими частицами металла вследствие его разбрызгивания и испарения под действием тока, например при горении дуги. Поврежденный участок кожи приобретает жесткую шероховатую поверхность, а пострадавший испытывает ощущение присутствия инородного тела в месте поражения. Исход поражения зависит от площади пораженного тела, как и при ожоге. В большинстве случаев металлизированная кожа сходит и следов не остается.

Кроме рассмотренных возможны следующие травмы: поражение глаз от действия дуги; ушибы и переломы при падении от действия тока и т. д.

Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

Воздействие тока на организм человека по характеру и последствиям поражения зависит от следующих факторов:

- величины тока;
- длительности воздействия тока;
- частоты и рода тока;
- приложенного напряжения;
- пути прохождения тока через тело человека;
- состояния здоровья человека и фактора внимания.

Величина тока, протекающего через тело человека, зависит от напряжения прикосновения $U_{пр}$ и сопротивления тела человека $R_{ч}$.

$$I_{ч} = U_{пр} / R_{ч}$$

Сопротивление тела человека – величина нелинейная, зависящая от многих факторов: сопротивления кожи (сухая, влажная, чистая, поврежденная и т. д.); от величины тока и приложенного напряжения; от длительности протекания тока.

Наибольшим сопротивлением обладает верхний роговой слой кожи:

- при снятом роговом слое $R_{ч} = 600 - 800 \text{ Ом}$;
- при сухой неповрежденной коже $R_{ч} = 10 - 100 \text{ кОм}$;
- при увлажненной коже $R_{ч} = 1000 \text{ Ом}$.

Для анализа травматизма сопротивление кожи человека принимают $R_{ч} = 1000 \text{ Ом}$.

С ростом тока, проходящего через человека, его сопротивление уменьшается, т. е. при этом увеличивается нагрев кожи и растет потоотделение. По этой же причине снижается $R_{ч}$ с увеличением длительности протекания тока. Чем выше приложенное напряжение, тем больше ток человека $I_{ч}$, тем быстрее снижается сопротивление кожи человека.

Оказывается, что биологическая ткань реагирует на электрическое раздражение, только в момент возрастания или убывания тока.

Постоянный ток как не изменяющийся во времени по величине и напряжению, ощущается только в моменты включения и отключения от источника. Обычно его действие тепловое (при длительном включении). При больших напряжениях он может вызывать электролиз ткани и крови. По мнению многих исследователей, постоянный ток напряжением до 300 В менее опасен, чем переменный ток того же напряжения. Большинство исследователей пришли к выводу, что переменный ток промышленной частоты 50 – 60 Гц является наиболее опасным для организма. Это объясняется следующим образом. При приложении к клетке постоянного тока частицы внутриклеточного вещества расщепляются на ионы разного знака, которые устремляются к внешней оболочке клетки. Если на клетку воздействует ток переменной частоты, то, следуя за изменениями полюсов переменного тока, ионы будут перемещаться то в одну, то в другую сторону. При некоторой частоте тока ионы будут успевать проходить двойную ширину клетки (туда и обратно). Эта частота и соответствует наибольшему возмущению клетки и нарушению ее биохимических функций (50 – 60 Гц).

С увеличением частоты переменного тока амплитуда колебаний ионов уменьшается, и при этом происходит меньшее нарушение биохимических функций клетки. При частоте порядка 500 кГц этих изменений уже не происходит. Здесь опасным для человека являются ожоги от теплового воздействия тока.

Оказывается, что ток в теле человека проходит не обязательно по кратчайшему пути. Наиболее опасным является прохождение тока через дыхательные органы и сердце по продольной оси (от головы к ногам).

Часть общего тока, проходящего через сердце:

путь рука - рука – 3,3 % общего тока;

путь левая рука - ноги – 3,7 % общего тока;

путь правая рука - ноги – 6,7 % общего тока;

путь нога - нога – 0,4 % общего тока.

Исход поражения при воздействии электрического тока зависит от психического и физического состояния человека.

При заболеваниях сердца, щитовидной железы и т.п. человек подвергается более сильному поражению при меньших значениях тока, т.к. в этом случае уменьшается электрическое сопротивление тела человека и уменьшается общая сопротивляемость организма внешним раздражениям. Отмечено, например, что для женщин пороговые значения токов примерно в 1,5 раза ниже, чем для мужчин. Это объясняется более слабым физическим развитием женщин. При применении спиртных напитков сопротивление тела человека падает, уменьшается сопротивляемость организма человека и внимание. При собранном внимании сопротивление организма повышается.

Первая помощь при электротравмах

Если человек попал под электрическое напряжение, необходимо, не теряя ни одной секунды, освободить пострадавшего от тока. После освобождения от проводов человек может быть без сознания и не дышать.

Если пострадавший находится без сознания и не дышит, следует немедленно послать за врачом и сразу же приступить к искусственному дыханию. Искусственное дыхание необходимо делать непрерывно до прибытия врача.

Способы освобождения человека от электрического тока. Прикасаться к человеку, находящемуся под током, без применения мер предосторожности опасно. Поэтому электроустановка должна быть немедленно отключена. Если пострадавший находится на высоте, перед отключением принимают меры, устраняющие возможность несчастного случая при падении с высоты. Если быстро отключить установку нельзя, необходимо отделить человека от токоведущей части. При напряжении установки до 1000 В для этого можно воспользоваться сухой одеждой, канатом, палкой, доской или другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Чтобы оторвать человека от токоведущей части, можно также взяться за его одежду, если она сухая и отстает от тела.

Для изоляции рук при спасении пострадавшего следует надеть резиновые перчатки или обмотать руки шарфом, надеть на руки суконную фуражку, опустить на руку свой рукав и т. п. Для изоляции рук можно также надеть на пострадавшего прорезиненную ткань (плащ) или сухую ткань, встать на сухую доску или сухую, не проводящую электрический ток подстилку. При осво-

бождении пострадавшего от тока рекомендуется действовать по возможности одной рукой. Когда человек судорожно сжимает в руках один провод и электрический ток проходит через него в землю, проще прервать ток, не разжимая руки пострадавшего, а отделяя его от земли (например, подсунуть под пострадавшего сухую доску). При напряжении выше 1000 В для отделения пострадавшего от земли или токоведущих частей, находящихся под напряжением, следует надеть боты и перчатки и действовать штангой или клещами на соответствующее напряжение. Когда невозможно быстро и безопасно освободить пострадавшего от тока, прибегают к короткому замыканию. Для этого набрасывают проводник на токоведущую часть.

Способы искусственного дыхания. Искусственное дыхание делают многими способами. Наиболее эффективный способ "изо рта в рот". Потерпевшему кладут валик из одежды под лопатки. После этого спасающий давит одной рукой на лоб, а другую подкладывает под шею, чтобы несколько отогнуть голову потерпевшего и предотвратить западание языка в гортань. Сделав глубокие вдохи, спасающий вдует воздух через марлю из своего рта в рот или нос пострадавшего.

При вдувании через рот спасающий должен закрыть своей щекой или пальцами нос пострадавшего; при вдувании в нос – пострадавшему закрывают рот. После каждого вдувания нос и рот пострадавшего открывают, чтобы не мешать свободному выходу воздуха из грудной клетки. Затем спасающий снова повторяет вдувание воздуха. Частота вдуваний 12 раз в минуту.

Если у пострадавшего не работает сердце, одновременно с искусственным дыханием необходимо применить массаж сердца. Второе лицо из оказывающих помощь становится слева от пострадавшего, кладет ладонь вытянутой до отказа руки на нижнюю часть грудины пострадавшего, вторую руку накладывает на первую. Усиливая давление рук своим корпусом, надавливает толчками с такой силой, чтобы грудина смещалась на 4-5 см. После этого спасающий резко поднимается. Массаж делается с частотой 1 раз в секунду. После 3 - 4 надавливаний должен быть перерыв на 3 секунды для вдувания воздуха. Не следует надавливать на грудину во время вдувания, т.к. это препятствует восстановлению дыхания.

Искусственное дыхание пострадавшему нужно делать до полного появления признаков жизни, т.е. когда пострадавший станет самостоятельно свободно дышать, или до явных признаков смерти. Смерть может констатировать только врач. После каждых

пяти минут рекомендуется делать на 15 - 20 секунд перерывы для регулирования концентрации углекислоты в крови пострадавшего до нормы и стимулирования самостоятельного дыхания. Наряду с искусственным дыханием во всех случаях рекомендуется сильно растирать спину, конечности, кожу лица.

Анализ условий опасности в трехфазных сетях

Анализ условий опасности трехфазных электрических сетей практически сводится к определению величины тока, протекающего через человека, и к оценке влияния различных факторов: схемы включения человека в цепь, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, изоляции токоведущих частей от земли и т.п.

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью силу тока (I), проходящего через тело человека при прикосновении к одной из фаз сети в период ее нормальной работы (рис. 12.1), определяют следующим выражением в комплексной форме:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}} + Z / 3,$$

где Z – комплекс полного сопротивления одной фазы относительно земли.

$$\leq 1000 \text{ В}$$

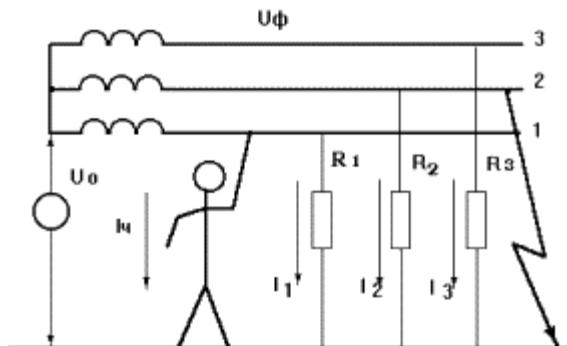


Рис. 12.1. Схема сети с изолированной нейтралью

Если емкость проводов относительно земли мала, т.е. $C = 0$, а сопротивления изоляции фаз относительно земли равны $R_1 = R_2 = R_3 = R$, то ток через человека будет равен:

$$I_{\text{ч}} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{\text{ч}} + R}$$

При хорошей изоляции ($R = 0,5 \text{ МОм}$) ток имеет малое значение и такое прикосновение неопасно. Поэтому очень важно в таких сетях обеспечивать высокое сопротивление изоляции и контролировать ее состояние для своевременного устранения возникших неисправностей. Если в сети имеется большая емкость относительно земли (разветвленные кабельные линии), то однофазное прикосновение будет опасным, несмотря на хорошую изоляцию проводов:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_{\text{ч}} + \left(\frac{X_{\text{с}}}{3}\right)^2}},$$

где $X_{\text{с}}$ – емкостное сопротивление, равное $1/\omega C$, Ом;
 C – емкость фаз относительно земли.

В сетях с изолированной нейтралью особенно опасно прикосновение к исправной фазе при замыкании на землю любой другой фазы, например второй. В этом случае человек включается на полное линейное напряжение:

$$I_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{R_{\text{ч}}}$$

В сетях с заземленной нейтралью сопротивление заземления нейтрали R_3 очень мало по сравнению с сопротивлением утечек R . Поэтому ток, протекающий через человека, при прикосновении определяется фазным напряжением сети U_{ϕ} , сопротивлением пола и обуви $R_{\text{по}}$ и сопротивлением заземления нейтрали R_3 (рис. 12.2).

$$I_{\text{ч}} = U_{\phi}/R_{\text{ч}} + R_{\text{по}} + R_3.$$

Безопасность жизнедеятельности

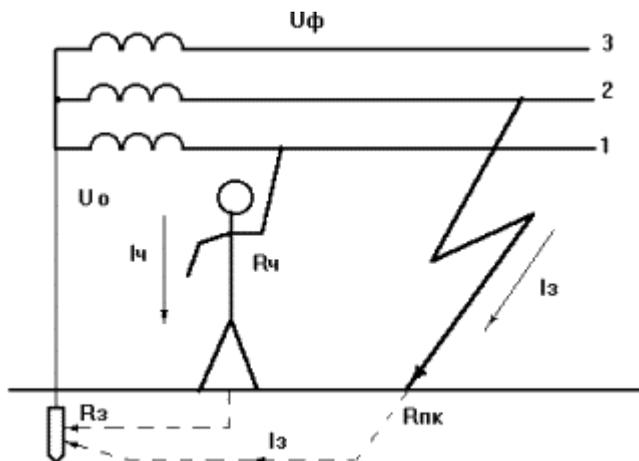


Рис. 12.2. Схема сети с заземленной нейтралью

Отсюда следует, что прикосновение к фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью в период нормальной ее работы более опасно, чем прикосновение к фазе нормально работающей сети с изолированной нейтралью.

При аварийном режиме работы, когда одна из фаз сети замкнута на землю через относительно малое сопротивление $R_{пк}$ (фаза 2), и прикосновений человека к одной из двух других фаз, человек оказывается приблизительно под фазным напряжением (R_z мало, рис. 12.3). Это одно из преимуществ сетей с заземленной нейтралью с точки зрения безопасности.

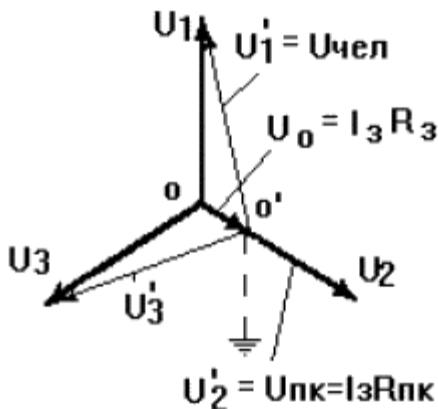


Рис. 12.3. Векторная диаграмма при замыкании на землю

При анализе сетей напряжением выше 1000 В сле-

дует отметить эти сети имеют большую протяженность, обладают значительной емкостью и высоким значением сопротивления изоляции. Поэтому в этих сетях утечкой тока через активное сопротивление изоляции можно пренебречь и учитывать только утечку тока через емкость фазы относительно земли. Следовательно, прикосновение к этим сетям является опасным не зависимо от режима нейтрали.

В соответствии с ПУЭ сети напряжением 6-35 кВ выполняются с изолированной нейтралью или с заземлением нейтрали через реактивную катушку с целью уменьшения тока замыкания на землю.

Сети напряжением 110 кВ и выше выполняют с заземлением нейтрали.

Выбор схемы сети, а следовательно и режима нейтрали источника тока производится, исходя из технологических требований и из условий безопасности.

По технологическим требованиям при напряжении до 1000 В предпочтение отдается четырехпроводной сети, поскольку она позволяет использовать два рабочих напряжения: линейное и фазное. По условиям безопасности выбор одной из двух систем производится с учетом выводов, полученных при рассмотрении этих сетей.

Сети с изолированной нейтралью целесообразно применять при условии хорошего уровня поддержания изоляции и малой емкости сети. (сети электротехнических лабораторий, небольших предприятий и т. д.).

Сети с заземленной нейтралью следует применять, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию проводов (из-за высокой влажности, агрессивной среды, больших емкостных токов и т.д.). Примером таких сетей являются крупные современные предприятия.

Выбор схемы сети напряжением выше 1000 В рассмотрен ранее.

Защитное заземление

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Цель защитного заземления - снизить до безопасной величины напряжение относительно земли на металлических частях оборудования, нормально не находящихся под напряжением. В результате замыкания на корпус заземленного оборудования снижается

напряжение прикосновения и, как следствие, ток проходящий через человека, при прикосновении к корпусам.

$$U_{\text{пр}} = \alpha U_3 ; \quad I_{\text{ч}} = U_{\text{пр}}/R_{\text{ч}}.$$

Защитное заземление может быть эффективным только в том случае, если ток замыкания на землю не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления растеканию тока в земле. Это возможно только в сетях с изолированной нейтралью, где при коротком замыкании ток $I_{\text{з}}$ почти не зависит от сопротивления $R_{\text{з}}$, а определяется в основном сопротивлением изоляции проводов.

Заземляющее устройство бывает выносным и контурным. Выносное заземляющее устройство применяют при малых токах замыкания на землю, а контурное - при больших.

Согласно ПУЭ заземление установок необходимо выполнять:

- при напряжении 380 В и выше переменного тока, 440 В и выше постоянного тока - во всех электроустановках;
- при напряжении выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и от 110 В до 440 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках;
- во взрывоопасных помещениях при всех напряжениях.

Для заземляющих устройств в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители:

- водопроводные трубы, проложенные в земле;
- металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие надежное соединение с землей;
- металлические оболочки кабелей (кроме алюминиевых);
- обсадные трубы артезианских скважин.

Запрещается в качестве заземлителей использовать трубопроводы с горючими жидкостями и газами, трубы теплотрасс.

Естественные заземлители должны иметь присоединение к заземляющей сети не менее чем в двух разных местах.

В качестве искусственных заземлителей применяют:

- стальные трубы с толщиной стенок 3.5 мм, длиной 2 - 3 м;
- полосу сталь толщиной не менее 4 мм;
- угловую сталь толщиной не менее 4 мм;
- прутковую сталь диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м и более.

Все элементы заземляющего устройства соединяются между собой при помощи сварки, места сварки покрываются битумным лаком. Допускается присоединение заземляющих проводников к корпусам электрооборудования с помощью болтов.

Расчет защитного заземления.

Расчет защитного заземления имеет целью определить число вертикальных заземлителей и их размеры; размещение заземлителей; длины соединительных горизонтальных проводников и их сечения. Расчет заземления может производиться как по допустимому сопротивлению растекания тока заземлителя, так и по допустимым напряжениям прикосновения и шага.

В настоящее время расчет заземлителей производится в большинстве случаев по допустимому сопротивлению заземлителя. При этом, в основном применяется способ коэффициента использования (когда земля считается однородной) и реже - способ наведенных потенциалов (когда земля принимается двухслойной).

Порядок расчета.

Уточняют исходные данные: тип установки, виды основного оборудования, рабочие напряжения, план электроустановки с указанием всех основных размеров оборудования, формы и размеры электродов заземляющего устройства, удельное сопротивление грунта, характеристика климатической зоны, данные об естественных заземлителях, расчетный ток замыкания на землю, расчетные значения допустимых напряжений прикосновения и шага, и время действия защиты, если расчет производится по напряжениям прикосновения и шага.

Определяют требуемое сопротивление растеканию заземляющего устройства R_3 по таблице 12.1.

Таблица 12.1. Сопротивления защитных заземлителей в электрических установках

Характеристика установок	Допустимое сопротивление заземлителей R_3 , Ом
Установки напряжением выше 1000 В. Защитное заземление в установках с большими токами замыкания на землю ($I_3 > 500$ А)	$R_3 \leq 0,5$
Заземляющее устройство одновременно используется для установок напряжением до и выше 1000 В ($I_3 < 500$ А)	$R_3 = 125 / I_3 \leq 4$
Заземляющее устройство используется только для установок выше 1000 В и током замыкания на землю $I_3 < 500$ А	$R_3 = 250 / I_3 \leq 10$
Электроустановки напряжением 380 / 220 В	$R_3 \leq 4$

Определяют путем замера или расчетом возможное сопротивление растеканию естественных заземлителей R_E .

Если $R_E < R_E$, то устройство искусственного заземления не требуется.

Если $R_E > R_3$, то необходимо устройство искусственного заземления. Сопротивление, Ом, растекания искусственного заземления

$$R_{И} = R_3 R_E / (R_E - R_3).$$

Далее расчет ведется по $R_{И}$.

Определяют удельное сопротивление грунта ρ из справочников. При производстве расчетов эти значения должны умножаться на коэффициент сезонности K_c , зависящий от климатических зон и вида заземлителей. Расчетное удельное сопротивление грунта для стержневых заземлителей (вертикальных заземлителей

лей $\rho_{расч.в} = K_c \rho$, для протяженного заземлителя

$$\rho_{расч.п} = K_c^* \rho.$$

Определяют сопротивление, Ом, растеканию одного вертикального заземлителя – стержневого круглого сечения (трубчатый или уголковый) в земле (рис. 12.4.)

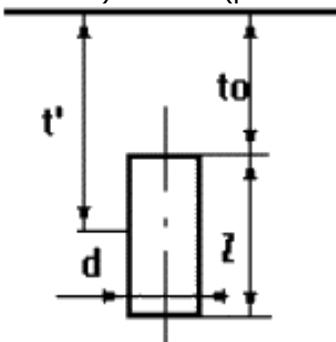


Рис. 12.4. Расположение вертикального заземлителя в земле

$$R_{в} = \frac{0,366 \rho_{расч.в}}{l} \left(lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} lg \frac{4t + l}{4t - l} \right)$$

При этом $l \gg d$; $t_0 \gg 0,5$ м; для уголка с шириной полки b получают $d = 0,95 b$. Все размеры даны в метрах, а удельное со-

противление грунта в Ом × м.

Установив характер расположения заземлителей в ряд или контуром, определяют число вертикальных заземлителей $n_v = R_E / (\mu_E R_{и})$, где μ_E - коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящий от количества заземлителей и расстояния между ними.

На площади установки заземлителей размещают вертикальные заземлители n_v и определяют длину соединительной полосы $l_{п} = 1,1 n_v a$, где a - расстояние между вертикальными заземлителями (обычно отношение расстояния между вертикальными заземлителями к их длине принимают равным $a / l = 1; 2; 3$).

Расчет на этом можно закончить и не определять сопротивление соединительной полосы, поскольку длина ее относительно невелика (в этом случае фактическая величина сопротивления заземляющего устройства будет несколько завышена).

Зануление

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Нулевой защитный проводник - проводник, соединяющий зануляемые части с нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом.

Зануление применяется в сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью. В случае пробоя фазы на металлический корпус электрооборудования возникает однофазное короткое замыкание, что приводит к быстрому срабатыванию защиты и тем самым автоматическому отключению поврежденной установки от питающей сети. Такой защитой являются: плавкие предохранители или максимальные автоматы, установленные для защиты от токов коротких замыканий; автоматы с комбинированными расцепителями.

При замыкании фазы на зануленный корпус электроустановка автоматически отключается, если ток однофазного короткого замыкания I_3 удовлетворяет условию $I_3 \geq k * I_n$, где I_n – номинальный ток плавкой вставки предохранителя или ток срабатывания автоматического выключателя, A ; k - коэффициент кратности тока.

Для автоматов $k = 1,25 - 1,4$. Для предохранителей $k = 3$.

Проводимость нулевого защитного проводника должна

быть не менее 50 % проводимости фазного провода. В качестве нулевых защитных проводников применяют голые или изолированные проводники, стальные полосы, кожухи шинопроводов, алюминиевые оболочки кабелей, различные металлоконструкции зданий, подкрановые пути и т.д.

При обрыве нулевого провода и замыкании фазы на корпус за местом обрыва, при отсутствии повторного заземления, напряжение между корпусами и землей будет равно фазному напряжению.

При наличии повторного заземления напряжение на корпусах за местом обрыва снизится до значения

$$U_3 = I_3 \times R_{\Pi} = U_{\Phi} \times R_{\Pi} / (R_3 + R_{\Pi}),$$

где R_3 – сопротивление заземления нейтрали,

R_{Π} – сопротивление повторного заземления. Зануление рассчитывается на отключающую способность; на безопасность прикосновения к корпусу при замыкании фазы на землю (расчет заземления нейтралю); на безопасность прикосновению к корпусу при замыкании фазы на корпус (расчет повторного заземления нулевого защитного проводника).

Расчет на отключающую способность проводится для наиболее удаленных в электрическом смысле точек сети

$$I_3 = U_{\Phi} / (Z_{\text{ТР}}/3 + Z_{\Pi}),$$

где U_{Φ} – фазное напряжение сети, В;

$Z_{\text{ТР}}/3$ – сопротивление фазы трансформатора, Ом;

Z_{Π} – полное сопротивление петли фаза - нуль линии до наиболее удаленной точки сети, для трансформаторов мощностью более 630 кВА сопротивление фазы трансформатора можно принять равным нулю.

$$Z = \sqrt{(R_{\Phi} + R_0)^2 + (X_{\Phi} + X_0 + X_{\Pi})^2}$$

где R_{Φ} , R_0 - активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводника;

X_{Φ} , X_0 - индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводника;

X_{Π} - сопротивление взаимоиндукции петли фаза - нуль.

Индуктивные сопротивления медных и алюминиевых проводников малы, и ими можно пренебречь.

Расчет зануления на безопасность прикосновения к корпусу при замыкании фазы на землю или корпус сводится к расчету заземления нейтральной точки трансформатора и повторных зазем-

лителей нулевого защитного проводника. Согласно ПУЭ сопротивление заземления нейтрали должно быть не более: 8 Ом при 220/127 В; 4 Ом при 380/220 В; 2 Ом при 660/280 В.

Сопротивление повторных заземлителей должно быть не более: 20 Ом при 220/127 В; 10 Ом при 380/220 В; 5 Ом при 660/280 В.

Методика расчета количества вертикальных и горизонтальных заземлителей нейтрали и повторных заземлителей аналогична методике расчета заземления. Согласно ПУЭ повторные заземлители выполняются на концах воздушных линий и их ответвлений, а также на вводах в здания, установки которых подлежат занулению.

Защитное отключение

Защитное отключение – это система защиты, автоматически отключающая электроустановку при возникновении опасности поражения человека электрическим током (при замыкании на землю, снижении сопротивления изоляции, неисправности заземления или зануления). Защитное отключение применяется тогда, когда трудно выполнить заземление или зануление, а также в дополнение к нему в некоторых случаях.

В зависимости от того, что является входной величиной, на изменение которой реагирует защитное отключение, выделяют схемы защитного отключения: на напряжение корпуса относительно земли; на ток замыкания на землю; на напряжение или ток нулевой последовательности; на напряжение фазы относительно земли; на постоянный и переменный оперативные токи; комбинированные.

Одна из схем защитного отключения на напряжение корпуса относительно земли приведена на рис. 12.5.

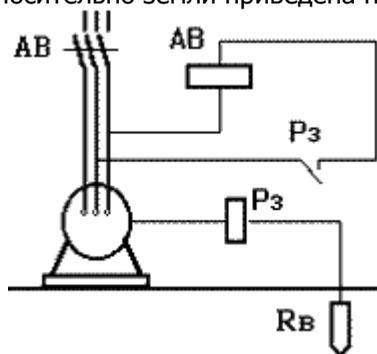


Рис. 12.5. Схема защитного отключения на напряжение

корпуса относительно земли

Основным элементом схемы является защитное реле R_3 . При замыкании на корпус одной фазы корпус окажется под напряжением выше допустимого, сердечник реле R_3 втягивается и замыкает цепь питания катушки автоматического выключателя АВ, в результате чего электроустановка отключается.

Достоинством схемы является простота. Недостатки: необходимость иметь вспомогательное заземление R_B ; неселективность отключения в случае присоединения нескольких корпусов к одному заземлению; непостоянство уставки при изменениях сопротивления R_B . Устройства защитного отключения, реагирующие на ток нулевой последовательности, применяют для любых напряжений как с заземленной, так и с изолированной нейтралью.

Принцип действия УЗО как защитного выключателя, реагирующего на ток утечки, поясняется схемой (рис. 12.6).

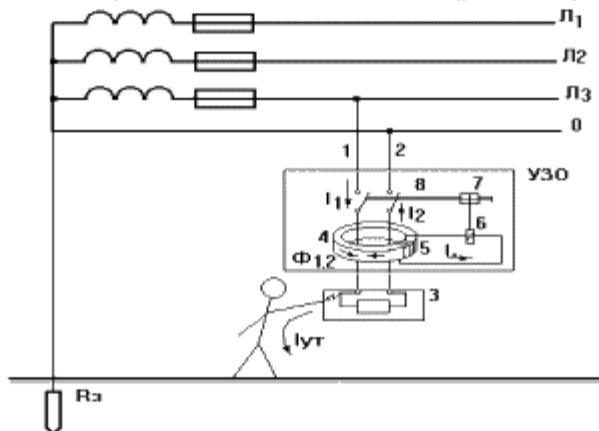


Рис. 12.6. Схема электроустановки с УЗО

До тех пор пока утечка отсутствует, т.е. нет пробоя или повреждения изоляции электроприемника или нет прямого прикосновения человека к токоведущим частям, токи в прямом (1) и обратном (2) проводниках нагрузки (3) равны и наводят в магнитном сердечнике (4) трансформатора тока УЗО равные, но встречно направленные магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , в результате чего ток во вторичной обмотке (5) равен нулю и не вызывает срабатывание чувствительного элемента - магнитоэлектрической защелки (6). При возникновении утечки, например, прикосновение человека к фазному проводнику, ба-

ков нарушается ($I_1 = I_2 + I_{ут}$, $\Phi_1 \neq \Phi_2$), во вторичной обмотке появляется ток небаланса I_{Δ} , который вызывает срабатывание защелки (6), воздействующей в свою очередь на механизм расцепителя (7) и контактную систему (8). Электромеханическая система УЗО рассчитывается на срабатывание при определенных значениях - "уставках" тока утечки. Наиболее широко применяются УЗО с вставками 10, 30 и 100 мА.

Устройства, реагирующие на напряжение нулевой последовательности, применяются в трехпроводных сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и малой протяженностью. Устройства защитного отключения, реагирующие на ток замыкания, применяются для установок, корпуса которых изолированы от "земли" (ручной электроинструмент, передвижные установки и т.д.).

Организация безопасной эксплуатации электроустановок

К обслуживанию действующих электроустановок допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр при приеме на работу. Повторные медицинские осмотры персонала проводятся не реже 1 раза в 2 года. Обслуживающий электротехнический персонал должен изучать действующие Правила устройства электроустановок (ПУЭ), Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ), а также знать приемы освобождения пострадавшего от действия электрического тока и оказания доврачебной помощи. Ежегодно электротехнический персонал подвергается проверке знаний Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. При положительном результате проверки знаний работникам электрохозяйств выдается удостоверение на право работы на электроустановках с присвоением квалификационной группы по технике безопасности II V.

Организация эксплуатации электроустановок предусматривает ведение необходимой технической документации.

В документацию входят:

эксплуатационный или оперативный журнал, в котором отмечаются прием и сдача смены, распоряжения начальника цеха об изменении режимов работы и т. д.;

журнал для записи обнаруженных неисправностей, требующих устранения;

журнал или ведомость показаний контрольно-

измерительных приборов, а также журнал контроля за наличием, состоянием и учетом защитных средств;

журнал производства работ и бланки нарядов на производство ремонтных и наладочных работ в электроустановках напряжением выше 1000 В.

Прием и сдачу дежурным электротехническим персоналом, обход и осмотр электрооборудования следует производить согласно требованиям ПТБ.

Дежурный электромонтер несет ответственность за правильное обслуживание, безаварийную работу и безопасную эксплуатацию электроустановок. В целом по предприятию ответственность несут главный энергетик, начальник электроцеха, а на отдельных участках – старшие электрики, мастера. Все работы производят при обязательном соблюдении следующих условий:

- на работу должно быть выдано разрешение уполномоченным на это лицом (наряд, устное, письменное или телефонное распоряжение);

- работу должны производить, как правило, не меньше чем два лица;

- должны быть выполнены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность персонала.

Организационные мероприятия. Организационными мероприятиями, обеспечивающими производство работ в электроустановках, являются оформление работы нарядом или распоряжением; оформление доступа к работе; надзор во время работы; оформление перерывов в работе и переходов на другое место работы; оформление окончания работ. Наряд есть письменное распоряжение на работу в электроустановках, определяющее место, время начала и окончания работы, условия ее безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работ, выдающие наряд или распоряжение; ответственного руководителя работ; лицо оперативного персонала – допускающий к работе; производителя работ или наблюдающего; рабочие, входящие в состав бригады.

Технические мероприятия. К техническим мероприятиям относятся: отключение ремонтируемого электрооборудования и принятие мер против ошибочного его включения или самоотключения; вывешивание на рукоятках выключателей запрещающих плакатов “Не включать - работают люди”, “Не включать - работа на линии” и т. п.; проверка наличия напряжения на отключенной электроустановке и присоединения переносного заземления; ограждение рабочего места и вывешивание плакатов “Работать

здесь”, “Стой - высокое напряжение”.

Практическое занятие по теме: «Обеспечение электробезопасности производства»

ЗАДАЧА 1

Рассчитать систему защиты заземлением от поражения людей электрическим током на машиностроительном заводе.

Исходные данные:

- а) линейное напряжение в сети $U_n = 6$ кВ;
- б) заземляющее устройство состоит из стержней: длиной $l = 2500$ мм и диаметром $d = 50$ мм;
- в) стержни размещаются по периметру P , м;
- г) общая длина подключенных к сети воздушных линий l_v , км;
- д) общая длина подключенных к сети кабельных линий l_k , км;
- е) удельное сопротивление грунта – $\rho_{изм}$, Ом · м.
- ж) расстояние между стержнями – a , при этом $a/l = 1$; 2 или 3.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l_v , км	10	20	15	10	10	15	15	20	15	10
l_k , км	50	60	60	60	50	60	55	60	50	60
$\rho_{изм}$, Ом · м	500	300	150	700	160	400	200	150	200	400
P , м	350	230	85	150	100	350	160	130	380	250

Указания к решению задачи

1. Расчетный ток замыкания со стороны 6000 В подстанции определяется по формуле:

$$I_3 = U_n \cdot (35 \times l_k + l_v) / 350, \text{ А},$$

2. Сопротивление заземляющего устройства нейтрали трансформатора на стороне 380 В должно быть не менее 4 Ом. С другой стороны необходимое сопротивление заземляющего устройства с точки зрения, перехода высокого напряжения на сторону 380 В должно удовлетворять требованию:

$$\frac{125}{I_3}$$

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} \leq 4 \text{ Ом}.$$

В дальнейших расчетах R_3 следует принять расчетное, если оно меньше 4 Ом, или же 4 Ом, если оно превышает эту величину.

3. Определение расчетного удельного сопротивления грунта: $\rho_p = \rho_{изм} \cdot \Psi$, Ом \cdot м,

где $\rho_{изм}$ удельное сопротивление грунта, полученное измерением или из справочной литературы; $\Psi=1,3$ – климатический коэффициент.

4. Сопротивления одиночного вертикального стержневого заземлителя, заглубленного ниже уровня земли на $h_0 = 0,5$ м определяется по формуле:

$$R_{овс} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right), \text{ Ом}$$

где: ρ_p – расчетное удельное сопротивление грунта, Ом \times м;

l – длина стержня, м;

d – диаметр стержня, м;

H – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м;

h_0 – глубина забивки заземлителя, м.

5. Приближенное число заземлителей:

$$n \approx \frac{R_{овс}}{R_з}, \text{ шт}$$

где $R_з$ – допустимое сопротивление защитного заземления, Ом

6. По приближенному числу заземлителей – n и расстоянию между стержнями – a , определяем коэффициент использования заземлителей $\eta_{из}$ (табл. 1.1)

табл. 1.1

n	1 – 10			20 – 30			30 – 40			
	a/l	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\eta_{из}$	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,42	0,55	0,65	
$\eta_{из}$	0,37	0,47	0,65	0,26	0,31	0,43	0,25	0,29	0,4	
n	40 – 60			70 – 80			100			
	a/l	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\eta_{из}$	0,4	0,52	0,62	0,37	0,51	0,61	0,35	0,5	0,6	
$\eta_{из}$	0,21	0,28	0,37	0,20	0,26	0,35	0,19	0,24	0,33	

7. Предварительное определение количества заземлителей:

$$n_з = \frac{R_{овс}}{\eta_{из} R_з}, \text{ шт}$$

8. Сопротивление полосы (без учета коэффициента ис-

пользования полосы), соединяющей одиночные вертикальные стержни заземлителя, определяется по формуле:

$$R_{пол} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot l_1} \cdot \ln \frac{2l_1^2}{bh_0}, \text{ Ом}$$

где: b – ширина полосы, равная 20– 40 мм; l_1 – длина полосы, соединяющей заземлители по контуру равна периметру подстанции – P , м.

9. Сопротивление соединительной полосы с учетом коэффициента использования:

$$R'_{пол} = \frac{R_{пол}}{\eta_{ин}}, \text{ Ом.}$$

10. Уточняем необходимое сопротивление вертикальных стержневых заземлителей с учетом сопротивления полосы:

$$R_{овс}^{пол} = \frac{R'_{пол} \cdot R_з}{R'_{пол} - R_з}, \text{ Ом}$$

11. Уточненное количество заземлителей с учетом коэффициента использования заземлителей, определяется по формуле:

$$n'_з = \frac{R_{овс}}{R_{овс}^{пол} \cdot \eta_{из}}, \text{ шт}$$

ЗАДАЧА 2

Проанализируйте чрезвычайную ситуацию, в которую может попасть человек в производственных условиях, если нарушена изоляция обмотки электродвигателя, приводящего в действие технологическое оборудование. Определите величину тока, который пройдет через тело человека, если он прикоснется к оборудованию.

Исходные данные:

- а) напряжение в электросети 380/220 В;
- б) нейтраль сети заземлена и сопротивление защитного заземления $R_з$, Ом;
- в) заземление нейтрали R_0 , Ом;
- г) сопротивление человека R_h , Ом.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$R_{\Sigma}, \text{ Ом}$	3,0	2,5	2,0	1,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	3,5
$R_{\Sigma}, \text{ Ом}$	12	10	8	10	9	12	8	10	9	12
$R_{\Sigma}, \text{ Ом}$	100 0	600 0	1000 0	1500 0	4000 0	2000 0	500 0	200 0	800 0	1200 0

Указания к решению задачи

1. Для решения задачи составьте эквивалентную схему электрической цепи (рис.2.1);

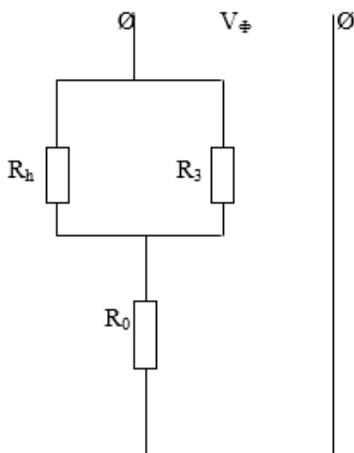


Рис. 2.1: Эквивалентная схема электрической цепи

Согласно схеме, эквивалентное сопротивление цепи:

$$R_{\Sigma} = R_0 + \frac{R_3 \cdot R_h}{R_3 + R_h}, \text{ Ом}$$

где: R_0 - сопротивление заземления нейтрали (рабочее заземление), Ом

R_3 – сопротивление защитного заземления, Ом:

R_h – сопротивление человека, Ом.

2. Величина тока в цепи определяется по формуле:

$$J_{\text{об}} = \frac{V_{\phi}}{R_{\Sigma}}, \text{ А,}$$

где V_{ϕ} – фазное напряжение, В.

3. Токи в параллельных ветвях распределяются обратно

пропорционально их сопротивлениям:

$$\frac{J_3}{J_h} = \frac{R_h}{R_3},$$

где J_3 и J_h – соответственно сила тока, проходящего через R_3 и R_h , А.

$J_{об} = J_3 + J_h$, А, преобразуя эти выражения, можно определить J_h :

$$J_h = \frac{J_{об} \cdot R_3}{R_h + R_3}, \text{ А}$$

ЗАДАЧА 3

Определите, под какую силу тока попадет человек при напряжении шага и предложите меры по обеспечению безопасности человека при растекании тока по токопроводящей поверхности.

Исходные данные:

- а) ток замыкания на землю $J_3=10$ А;
 б) удельное сопротивление грунта ρ , Ом · м;
 в) сопротивление человека воздействию электрического тока
 ка
 $R_h=1000$ Ом;
 г) ширина шага a , м;
 д) расстояние от человека до точки замыкания провода на землю x , м.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ρ , Ом·м	50	100	80	200	700	500	60	400	100	300
a , м	1,0	0,0	0,8	0,6	0,4	0,7	0,5	1,0	0,9	0,0
x , м	20	1	2	4	10	15	5	20	7	6

Указания к решению задачи

1. Силу тока в электрической цепи напряжения шага определяют по формуле:

$$J_h = \frac{J_3 \rho}{2\pi R_h \cdot x(x+a)}, \text{ А}$$

- где: J_3 - ток замыкания на землю, А;
 ρ - удельное сопротивление грунта, Ом × м;
 R_h - сопротивление человека воздействию электрического тока, Ом;
 a - ширина шага, м;
 x - расстояние от точки замыкания электрического

тока на землю до человека, м.

ЗАДАЧА 4

На основе расчетов проведите анализ возможного возникновения пожара в электросети, если сечение провода рассчитано на силу тока $J=30\text{A}$, а общая потребляемая мощность ΣP , кВт. Определите, количество тепла, выделяемого в электропроводке за время $t=15$ мин., при сопротивлении сети $R_c=0,8$ Ом.

Исходные данные:

- КПД потребляемой электроэнергии $-\cos \lambda=0,75$;
- линейное напряжение $U_n=380$ В;

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ΣP кВт	7.5	10.8	8.0	9.5	8.5	9.0	10.0	10.5	7.0	10.0

Указания к решению задачи

1. Силу тока в электрической сети рассчитывают по формуле:

$$J = \frac{\Sigma P}{U_n \times \cos \lambda}, \text{ A}$$

- где: ΣP – общая потребляемая мощность, Вт;
 U_n – линейное напряжение, В;
 $\cos \lambda$ – КПД потребляемой электроэнергии;

2. Количество теплоты, выделяемой током в электропроводке, по закону

Джоуля-Ленца определяют по формуле:

$$\Theta = J^2 \cdot R_c \cdot t, \text{ Дж}$$

- где: J – сила тока в электросети, А;
 R_c – сопротивление электросети, Ом;
 t – время прохождения тока в сети, с.

Вопросы для самоконтроля:

- В чем суть принципов обеспечения радиационной безопасности.
- В чем заключается и каким образом проявляется воздействия электрического тока на человека.
- Электробезопасность. Виды электропоражений. Классификация электротравм. Воздействие постоянного и переменного тока на организм человека. Пороговые токи.

4. Указать факторы, в значительной мере определяющие исход поражения электрическим током. Первая помощь пострадавшим от тока.
5. Классификация помещений по электроопасности. Схемы протекания тока в теле человека. Схемы включения человека в цепь.
6. Шаговое напряжение. Напряжение прикосновения Меры защиты при эксплуатации электроустановок.
7. Анализ электроопасности сетей и установок напряжением до 1000 В.
8. Принцип нормирования безопасных значений напряжения и тока. Поражающие токи, поражающие напряжения. Воздействие электрического тока на организм человека.
9. Естественные и искусственные заземлители. Групповые заземлители. Расчет заземляющего устройства.
10. Средства защиты от электропоражений. Зануление оборудования. Расчет зануления.

13. ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Проблема защиты окружающей среды одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в окружающую среду достигли огромных размеров и постоянно увеличиваются. Прирост производственного процесса пропорционален объему производства ($dП / dt = П$).

Объем промышленных выбросов «В» пропорционален объему производства т.е. $V = П$. Если характер технологического процесса остается приблизительно постоянным, то прирост выбросов пропорционален приросту производства ($dV = dП$). Следовательно, $dV = Vdt$; $dV / V = dt$.

Решение этого уравнения имеет вид:

$$\frac{V}{V_0} = e^{K\Delta t}$$

где K – постоянная;

Δt – годы;

V_0 – выбросы с начала отсчета.

Возрастание промышленных выбросов происходит по экспоненте (рис. 13.1).

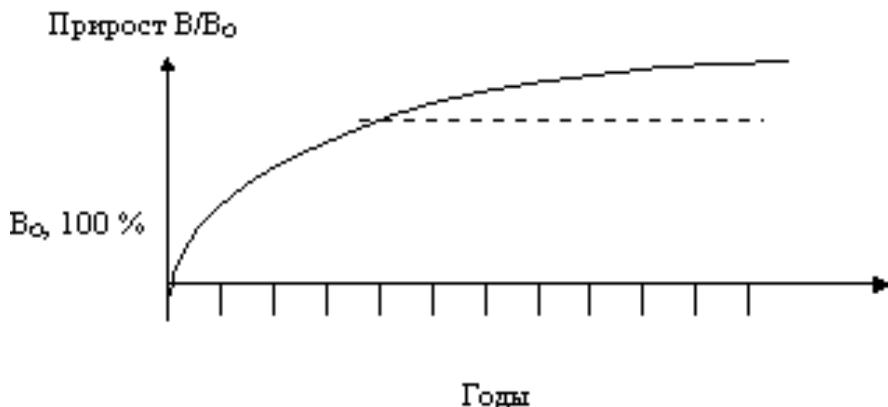


Рис. 13.1. Кривая выбросов по годам

Если кривая выбросов V/V_0 в ближайшие годы не пойдет по пунктиру (рис. 13.1), то на планете может быть катастрофа: потенциальная мощь воздействия выбросов на среду обитания будет превышать могучие силы природы планеты, что может привести к уничтожению всего живого на земле.

Загрязнение окружающей среды происходит в трех направлениях: загрязнение атмосферы, водного бассейна и земли.

За последние 100 лет мощность выбросов CO_2 в атмосферу возросла в 30 раз, SO_2 - в 15 раз.

Только за один час автомобили мира выбрасывают в атмосферу 600 Кт CO . Техносфера ежегодно поглощает из атмосферы 6 Гт кислорода, что в 14 раз больше, чем его расходуется на дыхание живых организмов, включая человечество.

Всего 15 % горожан живет в относительно чистых районах с допустимой ПДК вредных веществ. Приблизительно 68 % всех заболеваний связано с загрязнением атмосферы. Свыше 100 городов РФ выбрасывают в атмосферу вредные вещества, превышающие ПДК в 10 раз.

Резко увеличилось влияние на атмосферу парникового эффекта (потепление климата). Усиление парникового эффекта на 50 % обусловлено ростом концентрации CO_2 , на 25 % – фреонов и на 25 % – CH_4 . Эти соединения подобно стеклу пропускают лучистую энергию солнца к поверхности земли, но задерживают инфракрасное (тепловое) излучение земли, в результате чего температура поверхности земли повышается. Основной объем выбросов парниковых газов приходится на 20 стран в том числе: на США – 17,1 %, СНГ – 13,5 %, Китай – 8,1 %, Бразилию –

5,7 %.

Если количество CO_2 в атмосфере удвоится по сравнению с периодом 1955 года (что вероятно при существующей мощности выбросов CO_2 к 2030-2050 гг), то средняя температура на планете увеличится на 1,5-4,5°C по сравнению с современной (15 °C) и возникнет экологическая катастрофа (таяние ледников с глобальным затоплением материков планеты).

Большая угроза нависла над разрушением озонового слоя (тропосфера 11 км плюс стратосфера 39 км). Появились озоновые дыры над Антарктикой и Антарктидой. Основной вклад в разрушение озонового слоя производят соединения водорода, азота, хлора, фреона.

Уменьшение толщины слоя озона на 1 % (средняя толщина слоя озона, приведенная к плотности воды составляет 2,5 мм) приводит к увеличению потока губительного ультрафиолетового излучения на 2 %, а, следовательно, заболевания людей раком кожи - на 4 %. Кроме того, постоянное вымывание диоксидов серы и азота в тропосфере (серная и азотная кислоты, сульфаты и нитраты) ведет к образованию кислотных дождей. Сейчас это явление приняло широкомасштабный характер и приводит к существенному закислению природной среды. Средняя величина pH осадков над европейской территорией РФ – 4,5 - 5,1. В результате кислотных дождей происходит разрушение строений, окисление почвы, водоемов, исчезновение рыбы, заболевания людей, уничтожение растительности и т.д.

В целом воздействие окружающей среды на человека вызывает болезни – аллергию, бронхо - легочные заболевания, болезни почек, крови, слизистых оболочек, кожи, центральной нервной системы, гепатит, сердечно - сосудистые заболевания, потерю иммунитета, раковые болезни и т.д. Резко возросла детская смертность, рождение дебилов.

Таким образом, приведенные данные в области охраны окружающей среды позволяют сделать следующие выводы:

глобальная проблема и региональные проблемы, связанные с загрязнением атмосферы, перекрываются;

уровень возмущения атмосферы превышает допустимый (серьезным предупреждением всему человечеству могут служить такие факты, как уменьшение скорости поступления кислорода вследствие распада биоты суши и увеличение скорости его изъятия на хозяйственные нужды, а также рост числа заболеваний горожан из-за вдыхания ими загрязненного воздуха);

развитие мирового сообщества по ранее выбранному пути

перспективы не имеет, т.е. необходимо как можно быстрее выбрать иной путь развития;

необходимо уже сейчас принимать эффективные действия, направленные на снижение уровня обратного воздействия отсроченных эффектов (изменение климата, разрушение озонового слоя).

Нам необходимо учитывать тот факт, что все мы вносим свой вклад в загрязнение атмосферы, все мы страдаем от этого, поэтому решение этой проблемы зависит от всех вместе и каждого в отдельности.

За последние годы резко ухудшилось состояние гидросферы. По гидробиологическим показателям 12 % водных объектов РФ можно отнести к условно чистым (фоновым), 32 % находятся в состоянии антропогенно-экологического напряжения (умеренно - чистые), остальные 56 % являются загрязненными.

Объём вод с различной степенью очистки, сбрасываемых в водотоки и водоемы всех видов составляет 90 % от всей забираемой воды. В Волге и других крупных реках тяжелых металлов в 100 раз больше ПДК. На побережье Балтийского моря проживает 80 млн. чел. В 1986г в Балтику было сброшено: 940 тыс. т. азота; 55 тыс. т. фосфора; 12 тыс. т. цинка; 4,5 тыс. т. ртути; 140 т. кадмия. Подсчитано, чтобы превратить Балтийское море в мертвую пустыню достаточно сбросить в его воды, 200 Кт нефти (1 т нефти растекается в водоеме на поверхности равной 12 кв. км.). Считается, что разлитая на поверхности воды нефть (сырая) на 35 % испаряется за 1 сутки, а оставшиеся 65 % за 10 лет. Вклад каждого из нас в загрязнение поверхности океана составляет около 1 т. Ежегодно в Мировой океан с поверхностным стоком попадает до 3 млн. т. фосфора. Ежегодная добыча соединений фосфора (в пересчете на элементарный фосфор) оценивается в 2 млн. т., а это ведет к ухудшению качества воды и смене обычной флоры на сине - зеленые водоросли. которые вызывают «цветение» пресных вод и выделяют токсины, причиняющие вред здоровью человека (желудочно-кишечные болезни, гепатиты, раковые заболевания). Раковые заболевания резко возрастают при хлорировании пресной воды, загрязненной фенолами: хлорированная вода на 20% увеличивает риск заболевания раком мочевого пузыря и почек; на 40 – 50 % раком желудка, кишечника и печени.

Человечество должно отказаться от идеи использования природных вод в качестве естественной крупномасштабной системы очистки сточных вод, в противном случае оно рискует

остаться без резервов питьевой воды требуемого качества.

Подвижный баланс экологического равновесия не будет поддерживаться беспредельно, так как увеличивается процент распашки земель, с исчезновением животных, растений, увеличением эрозии, исчезновением ключей, ручейков, речек. Нарушается экологический процесс за счет строительства ГЭС, непродуманных мелиоративных работ в масштабах региона, страны.

В сельском хозяйстве для уничтожения вредителей полей применяют пестициды, но вредители быстро приспосабливаются к ядам.

В 1965 году устойчивых к ядам насекомых в РФ было 182 вида, а в 1978 году - 364 вида. В РФ применяется примерно 500 видов пестицидов, а умеем определять ПДК только у 50. Стало ясно: мы сами при массивном отравлении среды можем больше пострадать от пестицидов, чем наши враги. В этом подводит нас экологическая неграмотность. Вредители быстро размножаются, их поколения быстро сменяют друг друга, с вредителями предстоит долгая и упорная борьба с помощью новых методов. Окружающая среда резко «загрязняется» шумами промышленных предприятий, транспортом и т.д., электромагнитными полями отрицательно влияющими на состояние здоровья людей.

В настоящее время примерно 2% используется от природных богатств полезно, остальное - выбросы в атмосферу, водный бассейн, землю. На каждого человека приходится в год около 1,5 млн. химических соединений, а чтобы определить ПДК каждого соединения, группе разных специалистов требуется несколько лет. Сама среда даже синтезирует вещества из выбросов промышленного производства.

Мероприятия по защите окружающей среды

В первую очередь приступить к выполнению выше приведенных глобальных выводов по защите окружающей среды.

Переход на безотходную и малоотходную технологию. Под понятием

«безотходная технология» следует понимать комплекс мероприятий в технологических процессах от обработки сырья до использования готовой продукции, в результате чего сокращается до минимума количество вредных выбросов и уменьшается воздействие отходов на окружающую среду до приемлемого уровня. В этот комплекс мероприятий входят:

а) создание и внедрение новых процессов получения продукции с образованием наименьшего количества отходов;

б) разработка различных типов бессточных технологических систем и водооборотных циклов на базе способов очистки сточных вод;

в) разработка систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы;

г) создание территориально - промышленных комплексов, имеющих замкнутую структуру материальных потоков сырья и отходов внутри комплекса.

Для защиты воздуха рабочей зоны и атмосферы от токсичных примесей эффективно применять пылеуловители, туманоуловители, адсорберы, абсорберы, нейтрализаторы и др.

Осуществлять защиту гидросферы от загрязненных стоков применением систем сбора сточных вод и устройств для их очистки от твердых примесей, маслопродуктов, растворимых примесей и др. Решительно отказаться от хлорирования питьевой воды и перейти на более прогрессивные методы обработки (озонирование и т.д.).

Защитить почвенный покров от твердых отходов за счет сбора, сортирования и утилизации отходов, их организованного захоронения.

Усилить контроль органами государственного надзора за состоянием окружающей среды.

Не совершать экологических ошибок при прогнозировании.

Рациональное размещение источников загрязнения (вынесение предприятий из крупных городов в малонаселенные районы с непригодными для сельского хозяйства землями, устройство санитарных охранных зон и т.д.)

Соблюдать законы об охране вод, земли, воздушного бассейна от выбросов.

Повышать уровень экологических знаний.

Проводить зонирование ОС и доводить результаты этой работы до народа.

Решать экологические проблемы на уровне регионов, страны, континентов, ООН.

Практическое занятие по теме: «Среда обитания человека. Роль антропогенного фактора в развитии биосферы. Понятие загрязнения. Виды загрязнений»

ЗАДАЧА 1

Одним из путей достижения установленных нормативов качества в приземном слое воздуха в районах расположения про-

мышленных предприятий является рассеивание газопылевых смесей, которое осуществляют посредством выброса вредных веществ через высокие трубы. С увеличением высоты трубы эффективность рассеивания увеличивается, а концентрация вредных веществ в приземном слое воздуха снижается.

Расчет требуемой высоты трубы H (м) производится по формуле:

$$H = \sqrt{\frac{94M}{U \cdot \text{ПДК}}}$$

где M (г/с) – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

U (м/с) – скорость ветра;

ПДК (мг/м³) – максимально разовая предельно допустимая концентрация вредного вещества в приземном слое воздуха.

Исходные данные:

Вариант	M , г/с	U , м/с	Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м ³
1	1,1	5	Аммиак	0,2
2	2,5	5,5	Ацетон	0,35
3	1,0	10,6	Сероводород	0,008
4	5,6	7,3	Оксид углерода	5
5	8,3	8,2	Серная кислота	0,3
6	3,6	9,1	Оксид хрома	0,0015
7	7,1	1,5	Ксилол	0,2
8	1,9	6,8	Оксид азота	0,4
9	6,5	9,5	Фенол	0,01
10	2,9	12,7	Формальдегид	0,035

ЗАДАЧА 2

Основным производственно-хозяйственным нормативом качества атмосферного воздуха является предельно допустимый выброс (ПДВ). Величина ПДВ определяется индивидуально для каждого химического вещества и каждого источника выбросов.

Исходные данные:

Вариант	H , м	D , м	ω_0 , г/с	T_B , °C	T_T , °C	Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м ³
1	15	0,4	10	32	40	ПЫЛЬ	0,5
2	24	0,7	11	30	41	ПЫЛЬ	0,5
3	10	0,8	12	31	31	H ₂ SO ₄	0,3
4	15	1,5	15	33	46	H ₂ SO ₄	0,3
5	16	0,4	7	24	50	HCl	0,2
6	21	0,5	9	25	62	HCl	0,2
7	30	0,8	10	28	28	NO ₂	0,085
8	45	1,2	15	27	33	NO ₂	0,085
9	15	0,8	10	26	42	Cr ₂ O ₃	0,0015
10	45	1,2	12	23	23	Cr ₂ O ₃	0,0015

Указания к решению задачи

1. Определение типа выброса:

$$\Delta T = T_T - T_B,$$

где T_T (°C) – температура газопылевого выброса;

T_B (°C) – температура атмосферного воздуха.

Если $\Delta T > 0$, то выброс нагретый (далее см. пункт 2); если $\Delta T = 0$, то выброс холодный (далее см. пункт 3).

2. Предельно допустимый нагретый выброс ПДВ_н (г/с):

$$\text{ПДВ}_n = \frac{\text{ПДК} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}$$

3. Предельно допустимый холодный выброс ПДВ_х (г/с):

$$\text{ПДВ}_x = \frac{8 \cdot \text{ПДК} \cdot H \cdot \sqrt[3]{H \cdot V}}{A \cdot F \cdot n \cdot D}$$

ПДК (мг/м³) – максимально разовая предельно допустимая концентрация вещества в приземном слое воздуха;

H (м) – высота источника выброса над уровнем земли;

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для Ростовской области коэффициент **$A = 200$** ;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц вредного вещества в атмосферном воздухе, **$F = 1$** ;

V (м³/с) – объемный расход газопылевой смеси:

$$\frac{\pi \cdot D^2 \cdot \omega_0}{4},$$

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \omega_0}{4},$$

где D (м) – диаметр устья источника выброса;

ω (м/с) – средняя скорость выхода газопылевой смеси из устья источника выброса;

m , n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газопылевой смеси из устья источника выброса.

Коэффициент m определяется в зависимости от безразмерного коэффициента f :

$$f = \frac{\omega_0^2 \cdot D \cdot 1000}{H^2 \cdot \Delta T},$$

$$f = \frac{\omega_0^2 \cdot D \cdot 1000}{H^2 \cdot \Delta T},$$

$$f = \frac{\omega_0^2 \cdot D \cdot 1000}{H^2 \cdot \Delta T},$$

$$m = \frac{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}{1}.$$

Коэффициент n определяется в зависимости от величины безразмерного коэффициента v_m :

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}},$$

$$\text{при } v_m \leq 0,3 \quad n = 3,$$

$$\text{при } 0,3 < v_m \leq 2 \quad n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)},$$

$$\text{при } v_m > 2 \quad n = 1.$$

ЗАДАЧА 3

Определение размеров санитарно-защитной зоны предприятия

Меры по защите атмосферного воздуха от промышленных выбросов включают устройство санитарно-защитных зон (СЗЗ), которые представляют собой территорию, отделяющую источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства. Размер СЗЗ устанавливают в зависимости от класса производства, который определяется степенью вредности и количеством выделяемых предприятием в атмосферу веществ.

Для определения размера СЗЗ необходимо построить гра-

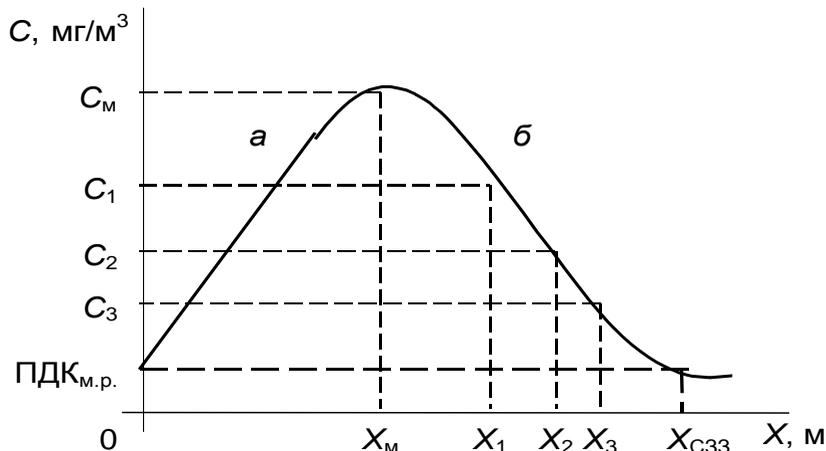
фик зависимости

$$C = f(X),$$

где C (мг/м³) – концентрация вредного вещества;

X (м) – расстояние от источника выброса.

Для построения графика необходимо рассчитать координаты нескольких точек **на ветви б**, то есть определить соответствующие значения $X_{1...n}$ и $C_{1...n}$ (см. **Рисунок**).



Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблице 3.1**.

Указания к выполнению расчетов:

Значения $X_{1...n}$ **подбираются произвольно** с учетом того, что $X_{1...n} > X_m$ (см. **Рисунок** и пример расчета ниже).

Расчет величин $C_{1...n}$ производится по формуле:

$$C_{1...n} = S \cdot C_m,$$

где S – безразмерный коэффициент, зависящий от соотношения $X_{1...n} / X_m$:

$$\text{при } 1 < X_{1...n} / X_m \leq 8 \quad S = \frac{1,13}{0,13(X_{1...n} / X_m)^2 + 1},$$

$$\text{при } X_{1...n} / X_m > 8$$

$$S = \frac{X_{1...n} / X_m}{3,58(X_{1...n} / X_m)^2 - 35,2(X_{1...n} / X_m) + 120}.$$

Пример расчета координат точки $(X_1; C_1)$:

Из Таблицы 10 известно, что $X_m = 100$ м, $C_m = 0,85$ мг/м³.

Пусть $X_1 = 200$ м, тогда $X_1 / X_m = 200 / 100 = 2$,

откуда $S_1 = 1,13 / (0,13 \cdot 4 + 1) = 0,74$, значит, $C_1 = 0,74 \cdot 0,85 = 0,63 \text{ мг/м}^3$.

Расчет значений $C_{1...n}$ ведется до тех пор, пока не будет выполнено условие $C_n \leq \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ (см. **Рисунок**).

По найденным в ходе расчета точкам строится график $C = f(X)$. Затем на ось ординат наносится значение максимально допустимой предельно допустимой концентрации вещества $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ и из этой точки параллельно оси абсцисс проводится прямая до пересечения с **ветвью б** графика (см. **Рисунок**). Из точки пересечения опускается перпендикуляр на ось X . Полученное таким образом значение $X_{\text{сзз}}$ и будет являться размером санитарно-защитной зоны предприятия.

Исходные данные:

Вариант	$C_m, \text{мг/м}^3$	$X_m, \text{м}$	Наименование вредного вещества	$\text{ПДК}_{\text{м.р.}}, \text{мг/м}^3$
1	1,0	97	Пыль	0,5
2	0,9	145	Пыль	0,5
3	1,3	75	Пыль	0,5
4	0,04	222	Cr_2O_3	0,0015
5	0,49	74	H_2SO_4	0,3
6	0,05	94	MnO_2	0,01
7	0,54	630	SO_2	0,5
8	0,15	670	NO_2	0,085
9	0,34	60	HCl	0,2
10	0,5	75	HF	0,02

ЗАДАЧА 4

Определение содержания SO_2 в дымовых газах

При сжигании топлива одним из основных продуктов горения является диоксид серы SO_2 . Присутствие в воздухе больших концентраций диоксида серы приводит к выпадению кислотных дождей – в результате его взаимодействия с водяными парами, поэтому необходимо вести строгий учет количеств SO_2 , поступающих в атмосферу.

Расчет содержания диоксида серы SO_2 в дымовых газах X (мг/м^3) проводится по формуле:

$$\frac{2 \cdot A}{V_0}$$

$$X = \frac{2 \cdot A}{V_0} \cdot 1000,$$

где V_0 ($\text{м}^3/\text{ч}$) – объем образующихся дымовых газов при н.у.;

A (г/ч) – количество серы в сжигаемом топливе:

$$\frac{B \cdot C}{1000}$$

$$A = 100\% \cdot 1000,$$

где B (кг/ч) – количество сжигаемого топлива;

C (мас.%) – концентрация серы в топливе.

Исходные данные:

Вариант	B , кг/ч	C , мас.%	V_0 , м ³ /ч
1	900	0,1	20000
2	800	0,2	10000
3	700	0,15	9000
4	850	0,25	15000
5	750	0,2	9500
6	650	0,3	7500
7	600	0,05	10000
8	550	0,2	12000
9	500	0,15	15000
10	450	0,3	9000

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое биосфера. Формы взаимодействия общества и природы.
2. Основные источники загрязнения окружающей среды, их характеристики. Средства защиты окружающей среды от вредных факторов.
3. Основные загрязнители атмосферы. Способы очистки атмосферного воздуха. Дайте определение аббревиатурам ПДК и ПДВ.
4. Назовите основные загрязнители гидросферы и способы очистки сточных вод.
5. Основные источники загрязнения литосферы.

14. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Чрезвычайная ситуация (авария) - внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, характеризующаяся резким нарушением установившегося процесса или явления и оказывающая значительное отрицательное воздействие на жизнедеятель-

ность людей, функционирование экономики, социальную сферу и природную среду.

Каждая ЧС имеет свою физическую сущность, свои, только ей присущие причины возникновения, движущие силы, характер и стадии развития, свои особенности воздействия на человека и среду его обитания.

Катастрофа - авария, сопровождающаяся гибелью людей.

Классификация чрезвычайных ситуаций:

а) по причинам возникновения:

- стихийные бедствия (землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, ураганы, снежные заносы, грозы, ливни, засухи и др.);

- техногенные катастрофы (аварии на энергетических, химических, биотехнологических объектах, транспортных коммуникациях при перевозке разрядных грузов, продуктопроводах и т.д.);

- антропогенные катастрофы (катастрофические изменения биосферы под воздействием научно-технического прогресса и хозяйственной деятельности);

- социально-политические конфликты (военные, социальные).

б) по масштабу распространения с учетом тяжести последствий:

- локальные; объектовые; местные; региональные; национальные и глобальные.

в) по скорости распространения опасности (темпу развития):

- внезапные; быстро распространяющиеся; умеренные; плавные "ползучие" катастрофы.

Основные последствия ЧС:

- разрушения; затопления; массовые пожары; химическое заражение; радиоактивные загрязнения (заражение); бактериальное (биологическое) заражение.

Масштаб последствий (ущерб) ЧС (количество заболеваний, травм, смертей, экономические потери и т. д.) является следствием взаимодействия многих явлений - причин (факторов).

Основными причинами аварий и катастроф на объектах являются:

- ошибки допущенные при проектировании, строительстве и изготовлении оборудования;

- нарушение технологии производства, правил эксплуатации оборудования, требований безопасности:

- низкая трудовая дисциплина;
- стихийные бедствия, военные конфликты.

Наиболее характерными последствиями аварий являются взрывы, пожары, обрушение зданий, заражение местности сильнодействующими ядовитыми и радиоактивными веществами.

Характерными **условиями возникновения** ЧС являются:

а) существование источника опасных и вредных факторов (предприятия и производства, продукция и технологические процессы которых предусматривают использование высоких давлений, взрывчатых, легковоспламеняющихся, а также химически агрессивных, токсичных, биологически активных и радиационно-опасных веществ и материалов; гидротехнические сооружения; транспортные средства; места захоронения отходов токсичных и радиоактивных веществ; здания и сооружения, построенные с нарушением СНиП; военная деятельность и т. п.);

б) действие факторов риска (высвобождение энергии различных видов, а также токсичных, биологически активных или радиоактивных веществ в количествах или дозах, представляющих угрозу жизни и здоровью населения и загрязняющих окружающую среду);

в) экспозиция населения, а также среды его обитания (зданий, орудий труда, воды, продуктов питания и т. д.), способствующих повышению факторов риска.

В развитии ЧС любого типа можно выделить четыре характерные **стадии**:

а) первая - стадия накопления проектно-производственных дефектов сооружений (зданий, оборудования) или отклонений от норм (правил) ведения того или иного процесса. Иными словами, это стадия зарождения ЧС, которая может длиться сутки, месяцы, а иногда годы и десятилетия;

б) вторая - инициирование чрезвычайного события;

в) третья - процесс чрезвычайного события, во время которого происходит высвобождение факторов риска - энергии или вещества, оказывающих неблагоприятное воздействие на население и окружающую среду;

г) четвертая - стадия затухания, которая хронологически охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности - локализации ЧС, до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий, включая всю цепочку вторичных, третичных и т. д. последствий. Продолжительность данной стадии может составлять годы, а то и десятилетия.

Основными **принципами защиты населения** в ЧС являются :

а) заблаговременная подготовка и осуществление защитных мероприятий на всей территории страны. Этот принцип предполагает прежде всего накопление средств защиты человека от опасных и вредных факторов и поддержания их в готовности для использования, а также подготовку и проведение мероприятий по эвакуации населения из опасных зон (зон риска);

б) дифференцированный подход к определению характера, объема и сроков проведения этих мероприятий. Дифференцированный подход выражается в том, что характер и объем защитных мероприятий устанавливается в зависимости от вида источников опасных и вредных факторов, а также от местных условий;

в) комплексность проведения защитных мероприятий для создания безопасных и здоровых условий во всех сферах деятельности человека в любых условиях обстановки. Данный принцип обуславливается большим разнообразием опасных и вредных факторов среды обитания и заключается в эффективном применении способов средств защиты от последствий стихийных бедствий, производственных аварий и катастроф, а также современных средств поражения, согласованном осуществлении их со всеми мероприятиями по обеспечению безопасности жизнедеятельности в современной техносociальной среде.

В современных условиях безопасность жизнедеятельности при ЧС достигается путем проведения комплекса мероприятий, включающих три основных способа защиты:

а) эвакуация населения из мест (районов) где для них реально существует риск неблагоприятного воздействия опасных и вредных факторов;

б) использование населением средств индивидуальной защиты, а также средств медицинской профилактики;

в) применение коллективных средств защиты.

Наряду с этим для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в чрезвычайных условиях осуществляются:

- обучение населения действиям в ЧС;

- своевременное оповещение об угрозе и возникновении

ЧС;

- защита воды, продуктов питания от заражения радиоактивными, токсичными и бактериальными веществами;

- радиационная, химическая и бактериологическая разведка, а также дозиметрический и лабораторный (химический и бактериологический) контроль;

- профилактические противопожарные, противоэпидемические и санитарно-гигиенические мероприятия;
- требуемые режимы работы и поведения населения в зонах риска;
- спасательные и другие неотложные работы в очагах поражения;
- санитарная обработка людей, дегазация, дезактивация и дезинфекция материальных средств, одежды и обуви, зданий и сооружений.

Основные **сценарии управления** в чрезвычайных ситуациях

Опыт ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, землетрясений в Армении показывает, что схема выхода из ЧС одинакова при всех её видах;

- создается правительственная комиссия;
- мобилизуются части и невоенные формирования гражданской обороны, армия, противопожарные подразделения, милиция, добровольцы, иногда без соответствующей подготовки и экипировки;
- путем героических усилий ликвидаторы добиваются определенной локализации аварии или катастрофы;
- предпринимаются первоочередные (далеко не исчерпывающие) меры по спасению населения и его жизнеобеспечению, в некоторой степени стабилизируется ситуация. При этом полная информация в масштабах катастрофы и величине потерь, особенно в первоначальный момент времени отсутствует или уменьшается, в силу чего ресурсы, выделенные из центра, других государств, не могут компенсировать нанесенный ущерб. С течением времени негативные последствия ЧС накапливаются, а потребность в компенсационных ресурсах возрастает. В дальнейшем, формируется программа неотложной помощи, которая из-за недостатка ресурсов, отсутствия действенных механизмов реализации и контроля не выполняется в полном объеме.

Последствиями подобного сценария управления являются:

- углубления социальных конфликтов за счет накопления величины некомпенсируемого ущерба;
- рост недоверия масс к правящим структурам;
- деградация генофонда и пр.

В настоящее время подобный сценарий неприемлем, т. к. неспособность отдельных государств справиться с ликвидацией крупных ЧС неизбежно приведет к возникновению вто-

ричных последствий.

Характеристика чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Транспортные аварии

Отличительными особенностями транспортных аварий (катастроф) могут являться:

- удаление места катастрофы от крупных населенных пунктов, что усложняет сбор достоверной информации в первый период и объем оказания первой медицинской помощи пострадавшим;

- ликвидация пожаров (взрывов) на территории железнодорожных станций и узлов, связанная с необходимостью вывода железнодорожного состава с территории станции на перегоны, тупики и подъездные пути;

- необходимость использования тепловозов для рассредоточения составов на электрифицированных участках;

- затрудненность обнаружения возгорания в пути следования, отсутствие мощных средств пожаротушения;

- труднодоступность подъездов к месту катастрофы и затрудненность применения инженерной техники;

- наличие, в некоторых случаях, сложной медико-биологической обстановки, характеризующейся массовым возникновением санитарных и безвозвратных потерь;

- необходимость отправки большого количества пострадавших (эвакуация) в другие города в связи со спецификой лечения;

- трудность в определении числа пассажиров, выехавших из различных мест и оказавшихся в зоне аварии;

- организация отправки погибших к местам их захоронения в другие города;

- организация поиска останков погибших и вещественных доказательств путем прочесывания местности и т.д.

Внезапное обрушение сооружений и зданий

Этот тип аварий, как правило, происходит обычно не сам по себе, а инициируется каким-то побочным фактором. Например, большое скопление людей; активная производственная деятельность в разгар рабочего дня; проходящий подвижной состав и т. п.

В результате, эти чрезвычайные ситуации труднопредсказуемы и сопровождаются большими человеческими жертвами.

Аварии на электроэнергетических сетях

Подобные аварии приводят к ЧС, обычно, из-за вторичных последствий и при условии наложения на них каких-либо чрезвычайных условий. К особенно тяжелым последствиям приводят аварии на электроэнергетических сетях в зимнее время года, а также удаленных и труднодоступных районах.

Особенно характерны такие чрезвычайные ситуации для сельских районов или в особо холодные зимы из-за перегрузок энергосетей в связи с резким увеличением расхода энергии на обогрев.

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения

Подобные аварии происходят обычно в городах, где большое скопление людей, промышленных предприятий, установившийся ритм жизни. Поэтому любая подобная авария, даже устраняемая и не всегда опасная, сама по себе может вызвать негативные последствия среди населения.

Аварии на очистных сооружениях

Опасность данного типа аварий обусловлена не только резким отрицательным воздействием на обслуживающий персонал и близлежащие населенные пункты, но и большими залповыми выбросами отравляющих, токсичных и просто вредных в больших количествах веществ в окружающую среду.

15. ПОЖАРО – И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

Пожары и взрывы являются самыми распространенными чрезвычайными событиями в современном индустриальном обществе.

Наиболее часто и, как правило, с тяжелыми социальными и экономическими последствиями происходят пожары на пожароопасных и пожаровзрывоопасных объектах.

К объектам на которых наиболее возможны взрывы и пожары, относятся:

- предприятия химической, нефтеперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности;
- предприятия, использующие газо- и нефтепродукты в качестве сырья для энергоносителей;
- газо- и нефтепроводы;
- все виды транспорта, перевозящие взрыво- и пожароопасные вещества;
- топливозаправочные станции;
- предприятия пищевой промышленности;
- предприятия, использующие лакокрасочные материалы и

др.

ВЗРЫВО И ПОЖАРООПАСНЫМИ веществами и смесями являются;

- взрывчатые вещества и пороха, применяемые в военных и промышленных целях, изготавливаемые на промышленных предприятиях, хранящиеся на складах отдельно и в изделиях и транспортируемые различными видами транспорта;

- смеси газообразных и сжиженных углеводородных продуктов (метана, пропана, бутана, этилена, пропилена и др.), а также сахарной, древесной, мучной и пр. пыли с воздухом;

- пары бензина, керосина, природный газ на различных транспортных средствах, топливозаправочных станциях и др.

Пожары на предприятиях могут возникать также вследствие повреждения электропроводки и машин, находящихся под напряжением, топок и отопительных систем, емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями и т. д.

Известны также случаи взрывов и пожаров в жилых помещениях по причине неисправности и нарушения правил эксплуатации газовых плит.

Характеристика горючих веществ

Вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания, называются горючими в отличие от веществ, которые на воздухе не горят и называются негорючими. Промежуточное положение занимают трудно горючие вещества, которые возгораются при действии источника зажигания, но прекращают горение после удаления последнего.

Все горючие вещества делятся на следующие основные группы.

1. ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ (ГГ) - вещества, способные образовывать с воздухом воспламеняемые и взрывоопасные смеси при температурах не выше 50° С. К горючим газам относятся индивидуальные вещества: аммиак, ацетилен, бутадиен, бутан, бутилацетат, водород, винилхлорид, изобутан, изобутилен, метан, окись углерода, пропан, пропилен, сероводород, формальдегид, а также пары легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

2. ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИЕСЯ ЖИДКОСТИ (ЛВЖ) - вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющие температуру вспышки не выше 61° С (в закрытом тигле) или 66° (в открытом). К таким жидкостям относятся индивидуальные вещества: ацетон, бензол, гексан, гептан, диметилфориамид, дифтордихлорметан, изопентан, изопропилбен-

зол, ксилол, метиловый спирт, сероуглерод, стирол, уксусная кислота, хлорбензол, циклогексан, этилацетат, этилбензол, этиловый спирт, а также смеси и технические продукты бензин, дизельное топливо, керосин, уайтспирт, растворители.

3. ГОРЮЧИЕ ЖИДКОСТИ (ГЖ) - вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющие температуру вспышки выше 61° (в закрытом тигле) или 66° С (в открытом). К горючим жидкостям относятся следующие индивидуальные вещества: анилин, гексадекан, гексиловый спирт, глицерин, этиленгликоль, а также смеси и технические продукты, например, масла: трансформаторное, вазелиновое, касторовое.

4. ГОРЮЧИЕ ПЫЛИ (ГП) - твердые вещества, находящиеся в мелкодисперсном состоянии. Горючая пыль, находящаяся в воздухе (аэрозоль), способна образовывать с ним взрывчатые смеси. Осевшая на стенах, потолке, поверхностях оборудования пыль (аэрогель) пожароопасна.

Горючие пыли по степени взрыво - и пожароопасности делятся на четыре класса.

1-й класс - наиболее взрывоопасные - аэрозоли, имеющие нижний концентрационный предел воспламенения (взрываемости) (НКПВ) до 15 г/м^3 (сера, нафталин, канифоль, пыль мельничная, торфяная, эбонитовая).

2-й класс - взрывоопасные - аэрозоли имеющие величину НКПВ от 15 до 65 г/м^3 (алюминиевый порошок, лигнин, пыль мучная, сенная, сланцевая).

3-й класс - наиболее пожароопасные - аэрогели, имеющие величину НКПВ, большую 65 г/м^3 и температуру самовоспламенения до 250° С (табачная, элеваторная пыль).

4-й класс - пожароопасные - аэрогели, имеющие величину НКПВ большую 65 г/м^3 и температуру самовоспламенения, большую 250° С (древесные опилки, цинковая пыль).

ТЕМПЕРАТУРА ВСПЫШКИ - наименьшая температура жидкости, при которой около ее поверхности образуется паровоздушная смесь, способная вспыхивать от источника и сгорать, не вызывая при этом устойчивого горения жидкости.

ВЕРХНИЙ И НИЖНИЙ КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ПРЕДЕЛЫ ВЗРЫВАЕМОСТИ (воспламенения) - соответственно максимальная и минимальная концентрация горючих газов, паров легко воспламеняющихся или горючих жидкостей, пыли или волокон в воздухе, выше и ниже которых взрыва не произойдет даже при наличии источника инициирования взрыва.

ВВ - взрывоопасное вещество - вещество, способное к

взрыву или детонации без участия кислорода в воздухе.

ГП - горючая пыль (определение см. выше).

ТЕМПЕРАТУРА САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ - самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

Аэрозоль способен взрываться при размерах твердых частиц менее 76 мкм.

ВЕРХНИЕ ПРЕДЕЛЫ ВЗРЫВАЕМОСТИ пыли весьма велики и внутри помещений практически труднодостижимы, поэтому они не представляют интереса. Например, ВКПВ пыли сахара составляет 13.5 кг/м³.

Категории помещений по взрыво- и пожароопасности

В соответствии с НПБ 105-03 здания и сооружения, в которых размещаются производства, подразделяются на пять категорий (см. табл. 15.1).

Безопасность жизнедеятельности

Таблица 15.1 Категории помещений

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов находящихся (обращающихся) в помещении
А взрыво- пожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28° С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или один с другим в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5кПа.
Б взрыво- пожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28° С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пыле- или паро-воздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1 - В4 пожароопасная	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или один с другим только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

ПРИМЕРЫ производств, размещенных в помещениях категорий А, Б, В, Г и Д.

Категория А: цехи обработки и применения металлического натрия и калия, нефтеперерабатывающие и химические производства, склады бензина и баллонов для горючих газов, помещения стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных установок, водородные станции и др.

Категория Б: цехи приготовления и транспортирования угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, обработки синтетического каучука, мазутное хозяйство электростанций и др.

Категория В: лесопильные и деревообрабатывающие цехи, цехи текстильной и бумажной промышленности, швейные и трикотажные фабрики, склады масла и масляное хозяйство электро-

станций, гаражи и др.

Категория Г: литейные, плавильные, кузнечные и сварочные цехи, цехи горячей прокатки металла, котельные, главные корпуса электростанций и др.

Категория Д: цехи холодной обработки металлов, склады готовой металлической продукции и т. д.

Характер развития пожара и последующего за ним взрыва в значительной мере зависит от огнестойкости конструкций - свойства конструкций сохранять несущую и ограждающую способность в условиях пожара. В соответствии со СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений различают пять степеней огнестойкости зданий и сооружений: I, II, III, IV, V.

Огнестойкость строительных конструкций характеризует следующие параметры:

1) минимальный предел огнестойкости строительной конструкции - время в часах от начала воздействия огня на конструкцию до образования в ней сквозных трещин или достижения температуры 200° С на поверхности, противоположной воздействию огня.

2) максимальный предел распространения огня по строительным конструкциям определяемый визуально размер повреждения в сантиметрах, которым считается обугливание или выгорание материалов, а также оплавление термопластичных материалов за пределами зоны нагрева.

Все строительные материалы по возгораемости делятся на три группы: НЕСГОРАЕМЫЕ, ТРУДНОСГОРАЕМЫЕ и СГОРАЕМЫЕ.

К НЕСГОРАЕМЫМ материалам и конструкциям относятся применяемые в строительстве металлы и неорганические минеральные материалы и изделия из них: песок, глина, гравий, асбест, кирпич, бетон и др.

К ТРУДНОСГОРАЕМЫМ относятся материалы и изделия из них, состоящие из сгораемых и несгораемых компонентов: кирпич саманный, гипсовая сухая штукатурка, фибролит, ленолиум, эбонит и др.

К СГОРАЕМЫМ относятся все материалы органического происхождения: картон, войлок, асфальт, рубероид, толь кровельный и др.

Основные понятия о пожарах и взрывах.

ПОЖАР - это неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб.

ГОРЕНИЕ - химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества тепла и обычно свече-

нием. Для возникновения горения необходимо наличие горючего вещества, окислителя (обычно кислорода воздуха, а также хлор, фтор, йод, бром, оксиды азота) и источника зажигания. Кроме того необходимо, чтобы горючее вещество было нагрето до определенной температуры и находилось в определенном количественном соотношении с окислителем, а источник зажигания имел бы достаточную энергию.

ВЗРЫВ - чрезвычайно быстрое выделение энергии в ограниченном объеме, связанное с внезапным изменением состояния вещества и сопровождающееся образованием большого количества сжатых газов, способных производить механическую работу.

Взрыв является частным случаем горения. Но с горением в обычном понятии его роднит лишь то, что это окислительная реакция. Для взрыва характерны следующие особенности:

- большая скорость химического превращения;
- большое количество газообразных продуктов;
- мощное дробящее (бризантное) действие;
- сильный звуковой эффект.

Продолжительность взрыва составляет время порядка $10^5 \dots 10^6$ с. Поэтому его мощность весьма велика, хотя запасы внутренней энергии у взрывчатых веществ и смесей не выше, чем у горючих веществ, сгорающих в обычных для них условиях.

При анализе взрывных явлений рассматривают две разновидности взрыва: взрывное горение и детонация.

К первому относятся взрывы топливовоздушных смесей (смеси углеводородов, паров нефтепродуктов, а также сахарной, древесной, мучной и прочей пыли с воздухом). Характерной особенностью такого взрыва является скорость горения порядка нескольких сотен м/с.

ДЕТОНАЦИЯ - весьма быстрое разложение взрывчатого вещества (газо-воздушной смеси), распространяющееся по нему со скоростью в несколько км/с и характеризующееся особенностями, присущими любому взрыву, указанному выше. Детонация характерна для военных и промышленных взрывчатых веществ, а также для топливно-воздушных смесей, находящихся в замкнутом объеме.

Отличие взрывного горения от детонации состоит в скорости разложения, у последней она на порядок выше.

В заключении следует сравнить три вида разложения: обычное горение, взрывное и детонацию.

Процессы **ОБЫЧНОГО ГОРЕНИЯ** протекают сравнительно медленно и с переменной скоростью - обычно от долей санти-

метра до нескольких метров в секунду. Скорость горения существенно зависит от многих факторов, но, главным образом, от внешнего давления, заметно возрастающая с повышением последнего. На открытом воздухе этот процесс протекает сравнительно вяло и не сопровождается сколько-нибудь значительным звуковым эффектом. В ограниченном же объеме процесс протекает значительно энергичнее, характеризуется более или менее быстрым нарастанием давления и способностью газообразных продуктов горения производить работу.

ВЗРЫВНОЕ ГОРЕНИЕ по сравнению с обычным представляет собой качественно иную форму распространения процесса. Отличительными чертами взрывного горения являются: резкий скачок давления в месте взрыва, переменная скорость распространения процесса, измеряемая сотнями метров в секунду и сравнительно мало зависящая от внешних условий. Характер действия взрыва - резкий удар газов по окружающей среде, вызывающий дробление и сильные деформации предметов на относительно небольших расстояниях от места взрыва.

ДЕТОНАЦИЯ представляет собой взрыв, распространяющийся с максимально возможной для данного вещества (смеси) и данных условий, (например, концентрацией смеси) скоростью, превышающей скорость звука в данном веществе и измеряемой тысячами метров в секунду. Детонация не отличается по характеру и сущности явления от взрывного горения, но представляет собой его стационарную форму. Скорость детонации является величиной, постоянной для данного вещества (смеси определенной концентрации). В условиях детонации достигается максимальное разрушительное действие взрыва.

Практическое занятие по теме: «Безопасность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях»

ЗАДАЧА 1

Провести расчеты, связанные с защитой от ионизирующих излучений. Задача состоит из двух заданий.

Задание 1. Защита от неиспользуемого рентгеновского излучения при электронно-лучевой сварке обеспечивается конструкцией сварочной установки. Требуется определить допустимый объем работы дефектоскописта при использовании переносного и передвижного дефектоскопа РУП-150-10-1 ($U=150$ кВ; $I=10$ мА).

Исходные данные:

а) согласно [39] предельно допустимая доза внешнего облучения персонала

в области гонады составляет 5 бэр в год, что составляет 100 мбэр в неделю

или 17 мбэр в день при шестидневной рабочей неделе ($D_{\text{пдд}}=17$ мбэр/день);

б) доза облучения дефектоскописта при транспортировке дефектоскопа к

трубопроводу и установке его – $D_{\text{уст.}}$, мР;

в) доза облучения дефектоскописта при подготовке к просвечиванию и при

просвечивании – $D_{\text{пр}}$, мР;

г) доза облучения дефектоскописта при переезде к следующему сварному

шву – $D_{\text{тр}}$, мР;

д) количество стыков при просвечивании – n .

Исходные данные	Варианты									
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$D_{\text{уст.}}$, мР	2,05	2,15	2,3	2,4	2,5	0,05	2,15	2,3	2,05	2,05
$D_{\text{пр.}}$, мР	0,36	0,4	0,5	0,6	0,65	0,4	0,36	0,4	0,5	0,4
$D_{\text{тр.}}$, мР	0,01	0,015	0,02	0,03	0,035	0,02	0,015	0,01	0,03	0,035

* По варианту 1 – фактически замеренные дозы облучения, по остальным вариантам предположительные (ориентировочные) в зависимости от диаметра трубопровода.

Указания к решению задачи

Допустимый объем работы дефектоскописта в день, т. е. количество стыков при просвечивании, определяется по формуле:

$$D_{\text{пдд}} = 2 \cdot D_{\text{уст.}} + n \cdot (D_{\text{пр}} + 2D_{\text{тр}}).$$

Задание 2. Точечный изотропный источник C^{60} ($h_{\nu}=1,25$ МэВ) транспортируется в свинцовом контейнере. Определить толщину свинцового экрана контейнера.

Исходные данные:

- активность источника – A , Ки;
- время транспортирования – $t = 24$ ч;
- расстояние от источника до экспедитора, сопровождающего изотропный источник – R , м;
- предельно допустимая доза облучения $D_{\text{пдд}}=0,017$ Р/сут.

Исходные данные	Варианты									
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	0
А, Кн	5,40	2,70	1,35	1,35	5,40	2,70	1,35	1,70	1,35	5,4
Р, м	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	4,0	2,5	3,0	1,0	1,0

Указания к решению задачи.

1. Расчет толщины защитного экрана удобно производить по кратности ослабления K_0 по формуле:

$$K_0 = D/D_{\text{пдд}},$$

где D – рассчитанная или измеренная величина экспозиционной дозы, P ;

$D_{\text{пдд}}$ – нормативное значение экспозиционной дозы при проектировании средств защиты, P .

При расчете защиты от γ – излучения свинцовым экраном могут быть использованы номограммы, по оси ординат которых отложена кратность ослабления K_0 , а по оси – абсцисс необходимая толщина защитного экрана d , см. [«Безопасность производственных процессов». Справочник по ред. Белова С.В. – М., 1985, стр.195].

2. Экспозиционная доза за сутки определяется по формуле:

$$D = A \cdot K_{\gamma} \cdot t / R^2, P,$$

где K_{γ} – гамма-постоянная изотопа C^{60} , равная $12,9 P \cdot \text{см}^2 / (\text{ч} \cdot \text{МКи})$,

ЗАДАЧА 2

Бригаде предстоит работать $t=6$ ч. на радиоактивно загрязнённой местности ($K_{\text{oc.}} = 1$). Определить дозу облучения, которую получают люди при входе в зону через t_n после аварии АЭС, если уровень радиации к этому времени (P_n).

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P_n	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5
t_n	1	2	3	4	3	2	1	2	3	4

Указания к решению задачи

1. Определяем конец работы: $t_k = t_n + t$, ч.

2. В формуле $P_{\tau} = P_0 (\tau / \tau_0)^{-n}$ (при авариях на АЭС $n=0,4$),

заменяя $(\tau/\tau_0)^{-n}$ на коэффициент K_τ получим:

$$P_n = P_0 \cdot K_n, \quad P_k = P_0 \cdot K_k, \quad \text{откуда}$$

$$P_0 = \frac{P_n}{K_n} = \frac{P_k}{K_k},$$

тогда уровень радиации на t_k составит: $P_k = P_n \frac{K_k}{K_n}$, рад/ч.
 Коэффициенты K_k и K_n определяются по таблице 2.1.

3. Доза облучения за 6 ч. работы определяется по формуле:

$$D = \frac{1,7(P_k \tau_k - P_n \tau_n)}{K_{oc}}, \quad \text{рад}$$

Таблица 2.1

Коэффициенты K_k и K_n для пересчёта уровней радиации на различное время после аварии (разрушения) АЭС:

τ , ч	K_τ						
0,5	1,32	4,5	0,545	8,5	0,427	16	0,33
1	1	5	0,525	9	0,417	20	0,303
1,5	0,85	5,5	0,508	9,5	0,408	1	0,282
2	0,76	6	0,49	10	0,4	2	0,213
2,5	0,7	6,5	0,474	10,5	0,39	3	0,182
3	0,645	7	0,465	11	0,385	4	0,162
3,5	0,61	7,5	0,447	11,5	0,377	5	0,137
4	0,575	8	0,434	12	0,37	6	0,137

ЗАДАЧА 3

Формированию предстоит преодолеть на автомобиле со скоростью v , км/ч участок местности в ЗРЗ длиной L , км. Известно, что уровни радиации через 1 час после аварии на АЭС в пункте 1– P_1 , рад/ч; в пункте 2– P_2 , рад/ч; в пункте 3– P_3 , рад/ч и в пункте 4– P_4 , рад/ч. Определить время начала движения при

условии, что допустимая доза радиации – D_0 , рад., а коэффициент ослабления – $K_{oc} = 2$.

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
v , км/ч	20	20	21	22	25	23	30	32	35	30
L , км	15	20	30	40	35	25	45	50	55	60
P_1 , рад/ч	10	12	14	15	16	15	14	12	14	10
P_2 , рад/ч	12	14	16	16	18	16	16	14	13	15
P_3 , рад/ч	13	15	18	17	14	17	10	10	10	10
P_4 , рад/ч	5	9	12	12	12	12	15	9	10	5
D_0 , рад.	5	10	10	5	10	10	5	5	10	5

Указания к решению задачи

- Средний уровень радиации на маршруте:

$$P_{cp.} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{n}, \text{ (рад/ч)}$$

- Доза излучения при въезде через 1 час после аварии определяется по формуле:

$$D = P_{cp} \frac{L}{v} \cdot \frac{1}{K_{oc}}, \text{ рад}$$

$$K_{\tau} = \frac{D_0}{D}$$

По значению K_{τ} и таблице 2.1 определим время начала движения – через t часов после аварии (это время с момента аварии до пересечения формированием середины участка маршрута в ЗРЗ). Весь путь займёт t_x часов.

Время въезда в ЗРЗ: $t - t_x + (t_x/2)$ часов, время выезда: $t + (t_x/2)$ часов после аварии.

ЗАДАЧА 4

На объекте взорвалась цистерна с бензином массой – M , тонн (одиночное хранение). Определить характер разрушения цеха с лёгким каркасом, пожарную обстановку на объекте и потери людей. Цех находится на расстоянии – R_3 , метров от цистерны. Плотность населения в районе аварии – P , тыс.человек/км², удельная теплота пожара бензина $Q_0 = 280$ кДж/м².

Исходные данные:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
M , т	120	110	100	90	80	70	140	150	160	130
R_3 , м	500	450	400	350	300	250	600	650	700	260
P , тыс.чел/км ²	2	3	4	5	4	2	1	3	2	1

Указания к решению задачи

1. Радиус бризантного действия взрыва определяется по формуле:

$$R_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \text{ м},$$

где: Q – масса газа или топлива в резервуаре; ($Q = 0,5M$ – одиночный резервуар,

$Q = 0,9M$ – групповое хранение); M – ёмкость резервуара, т.

2. Радиус бризантного действия продуктов взрыва (осколков) и огненного шара определяется по формуле:

$$R_2 = 1,7 \cdot R_1, \text{ м},$$

Избыточное давление в зоне огненного шара:

$$\Delta P_{\phi 2} = 1300 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 + 50, \text{ кПа}$$

3. Избыточное давление в районе цеха определяется в зависимости от значения Ψ :

$$\Psi = 0,24 \cdot \frac{R_3}{R_1} \leq 2$$

При избыточное давление в зоне R_3 определяется по формуле:

$$\Delta P_{\phi 3} = \frac{700}{3 \cdot \left(\sqrt{1 + 29,8 \cdot \Psi^3} - 1 \right)}, \text{ кПа}$$

$$\text{При } \Psi > 2: \Delta P_{\phi 3} = \frac{22}{\Psi \sqrt{1,9 \Psi + 0,158}}, \text{ кПа}$$

4. Интенсивность теплового излучения взрыва на расстоянии R_3 :

$$J = Q_0 \cdot F \cdot T, \text{ кВт/м}^2$$

где: Q_0 – удельная теплота пожара, кДж/м²;

$$T - \text{прозрачность воздуха } (T = 1 - 0,058 \cdot l_n \cdot R_3);$$

$$l_n = 0,0124.$$

F - угловой коэффициент, характеризующий взаимное расположение источника и объекта, определяется по фор-

$$F = \frac{R_2^2 \cdot R_3}{\sqrt{(R_2^2 + R_3^2)^3}}$$

муле:

5. Продолжительность существования огненного шара определяется по формуле :

$$\tau_{св} \cong 4,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \text{ с}$$

6. Значение теплового импульса на R_3 :

$$U_{\tau} = J \cdot \tau_{св}, \text{ кДж/м}^2$$

Определим поражающее действие взрыва цистерны с бензином :

- цех получит ----- разрушения;

- число погибших людей $N = 3 \cdot P \cdot Q^{0,666}$,

где P - плотность населения, тыс.чел/м².

люди в районе цеха получают ожоги ----- степени (табл. 4.1)

Поражающее действие теплового импульса определяют, сравнивая U_{τ} с данными таблицы 4.1.

Таблица 4.1.

Поражающее действие тепловых импульсов:

Степень Ожога	Тепловой Импульс U_{τ} , кДж/м ²	Материал	Воспламеняющий тепловой импульс, кДж/м ²
Лёгкая (I ст.)	80-100	Доски тёмные, резина	250-400
Средняя (II ст.)	100-400	Стружка, бумага	330-500
Тяжёлая (III ст.)	400-600	Брезент	420-500
Смертельная (IV ст.)	Свыше 600	Дерево сухое	500-670
		Кроны деревьев	500-750
		Кровля (рубероид)	580-810
		Древесностружечная плита	150-200

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое ЧС, их классификация.
2. Каковы основные причины возникновения ЧС и их профилактика. Каким образом обеспечивается устойчивость промышленных объектов.

3. Каким образом классифицируются ЧС техногенного происхождения.
4. Как классифицируются ЧС природного происхождения.
5. Каким образом должна быть организована работа по защите персонала объекта при угрозе и возникновении ЧС. В чем заключаются функции единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС.
6. Как осуществляется противопожарная безопасность на предприятии.
7. Пожаробезопасность. Классификация производств по пожаро- и электробезопасности. Каковы основные средства и способы тушения пожаров.
8. Огнестойкость зданий и сооружений. Классификация пожаров.
9. Огнетушители. Классификация. Огнегасительные вещества. Автоматические средства пожаротушения. Выбор средств пожаротушения. Пожарные извещатели. Размещение огнетушителей в производственных помещениях. Установка пожарных кранов. Расчет водонапорного пожаротушения.
10. Температура воспламенения. Температура горения. Причины возникновения пожаров. Выбор огнегасительных средств.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование : справочник / С.В. Белов, А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин и др. ; под. ред. С.В. Белова. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : санитарные нормы. – М. : Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.
3. Дьяков, В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию : практ. пособие. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1991. – 160 с.
4. Долин, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках : учеб. пособие для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Знак, 2001. – 440 с. : ил.
5. Правила устройства электроустановок : Раздел 1. Об-

щие правила. – 7-е изд. – М. : Изд-во ДЕАН, 2002. – 80 с.

6. ГОСТ 12.1.038-82 (2001). ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М. : Изд-во стандартов, 2002.

7. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – СПб. : Изд-во ДЕАН, 2003. – 304 с.

8. Сибаров, Ю.Г. Средства защиты электробезопасности : учебное пособие / Ю.Г. Сибаров, Н.Н. Сколотнев, М.П. Филипченко и др. – М. : РАПС, 1999. – 46 с.

9. Долин, П.А. Справочник по технике безопасности. – М. : Энергоатомиздат. 1984 – 824 с.

10. Виноградов, Б.В. Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении. – М. : Машгиз, 1963. – 246 с.

11. СНиП 23-05-95. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Естественное и искусственное освещение. – М. : Стройиздат, 1995. – 32 с.

12. ОСТ 32.120-98. Стандарт отрасли. Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта. – М. : Транспорт, 1984. – 70 с.

13. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 1992. – 448 с. : ил.

14. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г.М. Кнорринга. – Л. : Энергия, 1976. – 384 с. : ил.

15. Комментарий к Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – М. : МЦФЭР, 2004. – 720 с.

16. Руководство по изучению Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (в вопросах и ответах): справочное пособие / сост. П.Н. Ушаков – М. : Metallургия, 1979. – 312 с.

17. Инженерные решения по охране труда в строительстве / Г.Г. Орлов, В.И. Булыгин, Д.В. Виноградов и др. ; под ред. Г.Г. Орлова. – М. : Стройиздат, 1985. – 278 с.: ил. – (Справочник строителя).

18. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87 // Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок / Тяжпромэлектропроект. – 1988. – № 6. – М. : Энергоатомиздат,

1989. – 34 с.

19. Безопасность жизнедеятельности в условиях производства : учеб. пособие / В.М. Гарин, Т.А. Бойко, Е.Б. Воробьев и др. ; под общ. ред. В.М. Гарина; Рост. гос. ун-т путей сообщения, – Ростов н/Д, 2003. – 346 с.