

**Министерство высшего и среднего
специального образования
Республики Узбекистан**

**Ташкентский государственный технический
университет
имени Абу Райхана Бери**

Халилова П.Ю.

Безопасность жизнедеятельности

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Ташкент – 2015

УДК 65.012.8

Конспект лекций «Безопасность жизнедеятельности»: Халилова П.Ю. – Ташкент: ТашГТУ, 2015. – 153 с.

В предлагаемом конспекте лекций по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» освещены вопросы охраны труда и безопасности жизнедеятельности. Основное внимание уделено вопросам безвредных и безопасных условий труда, защите человека от негативных факторов среды обитания. В нём изложены темы программы дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Для самоконтроля качества освоения дисциплины студентам предложены контрольные вопросы по каждой теме. Данные вопросы позволяют лучше закрепить полученные знания и при необходимости уточнить изучаемый материал.

Конспект лекций предназначен для студентов, обучающихся по направлениям образования: 5310800 – Электроника и приборостроение (по отраслям); 5310900 – Метрология, стандартизация и менеджмент качества продукции (по отраслям); 5311000 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в производстве); 5311100 – Радиоэлектронные устройства и системы; 5111000 – Проф.образование (Радиоэлектронные

устройства и системы) факультета «Электроника и автоматика». Он также может быть использован специалистами при изучении материала по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Печатается по решению научно – методического совета Ташкентского государственного технического университета

Рецензенты: д.х.н., проф. Юльчибаев А.А. (НУУЗ)

д.х.н., проф. Мухамедгалиев Б.А. (ТашГТУ)

© Ташкентский государственный технический университет, 2015.

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель безопасности жизнедеятельности (БЖД) как науки - получение знаний о методах и средствах обеспечения безопасности и комфортных условий деятельности человека на всех стадиях жизненного цикла.

Жизнедеятельность - это повседневная деятельность и отдых, способ существования человека. На человека в процессе жизнедеятельности негативно воздействуют различные опасности, способные в определенных условиях наносить ущерб его здоровью, непосредственно или косвенно. Также опасности существуют и в трудовой деятельности человека, которая осуществляется в пространстве, называемом производственной средой.

Главной задачей науки о безопасности жизнедеятельности является анализ источников и причин возникновения опасностей, прогнозирование и оценка их воздействия во времени и пространстве.

В результате изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» студент должен знать об основных направлениях уменьшения в техносфере физических, химических, биологических и иных негативных воздействий и приобрести навыки поддержания их в допустимых значениях. Это и определяет совокупность знаний, входящих в науку о безопасности жизнедеятельности, а также место БЖД в общей области знаний - экологии техносферы.

Основным направлением в практической деятельности в области безопасности жизнедеятельности является профилактика причин и предупреждение условий возникновения опасных ситуаций. Безопасное состояние объектов защиты реализуется при полном отсутствии негативного воздействия опасностей или при условии снижения их до допустимых значений.

Будущие специалисты также должны быть грамотными в области законодательной базы, в которой отражены правовые основы

*безопасности жизнедеятельности Республики
Узбекистан.*

Лекция 1. Предмет и содержание курса БЖД, цели и задачи изучения дисциплины БЖД

План лекции:

1. Цель, задачи и структура учебной дисциплины.
2. Сущность дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».
3. Классификация опасных и вредных факторов.

В процессе жизнедеятельности человек подвергается воздействию различных опасностей, под которыми обычно понимают явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно, т.е. вызывать различные нежелательные последствия.

Человек подвергается воздействию опасностей и в своей трудовой деятельности. Эта деятельность осуществляется в пространстве, называемом производственной средой. В условиях производства на человека в основном действуют техногенные, т.е. связанные с техникой, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами.

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

Вредным производственным фактором (ВПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под

действием вредных производственных факторов, называются *профессиональными*.

К опасным производственным факторам следует отнести, например:

- электрический ток определенной силы;
- раскаленные тела;
- возможность падения с высоты самого работающего либо различных деталей и предметов;
- оборудование, работающее под давлением выше атмосферного, и т.д.
- К вредным производственным факторам относятся:
- неблагоприятные метеорологические условия;
- запыленность и загазованность воздушной среды;
- воздействие шума, инфра- и ультразвука, вибрации;
- наличие электромагнитных полей, лазерного и ионизирующих излучений и др.

Все опасные и вредные производственные факторы подразделяются на: физические, химические, биологические и психофизиологические.

К *физическим* факторам относят электрический ток, кинетическую энергию движущихся машин и оборудования или их частей, повышенное давление паров или газов в сосудах, недопустимые уровни шума, вибрации, инфра- и ультразвука, недостаточную освещенность, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и др.

Химические факторы представляют собой вредные для организма человека вещества в различных состояниях.

Биологические факторы – это воздействия различных микроорганизмов, а также растений и животных.

Психофизиологические факторы – это физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда.

Четкой границы между опасным и вредным производственными факторами часто не существует. Рассмотрим в качестве примера воздействие на работника расплавленного

металла. Если человек попадает под его непосредственное воздействие (термический ожог), это приводит к тяжелой травме и может закончиться смертью пострадавшего. В этом случае воздействие расплавленного металла на работающего является согласно определению опасным производственным фактором.

Если же человек, постоянно работая с расплавленным металлом, находится под действием лучистой теплоты, излучаемой этим источником, то под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступает нарушение деятельности сердечно - сосудистой и нервной систем. Кроме того, длительное воздействие инфракрасных лучей вредно влияет на органы зрения – приводит к помутнению хрусталика. Таким образом, во втором случае воздействие лучистой теплоты от расплавленного металла на организм работающего является вредным производственным фактором.

Состояние условий труда, при котором исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов, называется *безопасностью труда*. Безопасность жизнедеятельности в условиях производства имеет и другое название – *охрана труда*. В настоящее время последний термин считается устаревшим, хотя вся специальная литература, изданная приблизительно до 1990 г., использует именно его.

Охрана труда определялась как система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности в процессе труда.

Являясь комплексной дисциплиной, «Охрана труда» включала следующие разделы: производственная санитария, техника безопасности, пожарная и взрывная безопасность, а также законодательство по охране труда. Кратко охарактеризуем каждый из этих разделов.

Производственная санитария – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или

уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

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

Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных и технических средств, направленных на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов, ограничение их последствий.

Законодательство по охране труда составляет часть трудового законодательства.

Одна из самых распространенных мер по предупреждению неблагоприятного воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов – использование средств коллективной и индивидуальной защиты.

Первые из них предназначены для одновременной защиты двух и более работающих, вторые – для защиты одного работающего. Так, при загрязнении пылью воздушной среды в процессе производства в качестве коллективного средства защиты может быть рекомендована общеобменная приточно-вытяжная вентиляция, а в качестве индивидуального – респиратор.

Рассмотрим понятие основных нормативов безопасности труда. Как было сказано выше, при безопасных условиях труда исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов. Всегда ли в условиях реального производства можно так организовать технологический процесс, чтобы значения воздействующих на работающих опасных и вредных производственных факторов равнялись нулю (чтобы на работающих не действовали опасные и вредные производственные факторы)?

Данная задача эквивалентна задаче создания безопасной техники, т.е. достижения абсолютной безопасности труда. Но абсолютная безопасность либо технически недостижима, либо экономически нецелесообразна, так как стоимость разработки

безопасной техники обычно превышает эффект от ее применения. Поэтому при разработке современного оборудования стремятся создать максимально безопасные машины, оборудование, установки и приборы, т. е. свести риск при работе с ними к минимуму. Однако этот параметр не может быть сведен к нулю.

Риск – количественная характеристика действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека.

Существующие нормативы безопасности делятся на две большие группы:

- *предельно допустимые концентрации (ПДК)*, характеризующие безопасное содержание вредных веществ химической и биологической природы в воздухе рабочей зоны;

- *предельно допустимые уровни (ПДУ)* воздействия различных опасных и вредных производственных факторов физической природы (шум, вибрация, ультра- и инфразвук, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и т.д.).

Нормирование психофизиологических опасных и вредных производственных факторов. Они могут быть охарактеризованы параметрами трудовых (рабочих) нагрузок и (или) показателями воздействия этих нагрузок для человека.

В практических целях нормативы безопасности применяются следующим образом. Например, нужно определить, является ли безопасным для работающих воздух рабочей зоны, в котором содержатся пары бензина.

По нормативным документам (ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования») находят, что величина предельно допустимой (безопасной) концентрации (ПДК) этого вещества составляет 100 мг/м^3 . Если действительная концентрация бензина в воздухе не превышает этого значения (например, составляет 90 мг/м^3), то такой воздух является безопасным для работающих.

В противном случае необходимо применить специальные меры для снижения повышенной концентрации паров бензина до безопасного значения (например, используя общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию).

Таким же образом для характеристики безопасности при воздействии опасных и вредных производственных факторов физической природы используют понятие предельно допустимого уровня (ПДУ) этого фактора.

Если нужно, например, определить безопасные допустимые уровни напряжения и тока, то по справочной литературе находят интересующие значения. Так, для переменного тока частотой 50 Гц (промышленная частота) при продолжительности воздействия на организм человека свыше 1 с эти значения составят: напряжение (V) – 36В, ток (I) – 6 мА ($1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}$). Действие на организм человека электрического тока с параметрами, превышающими указанные значения, опасно.

Таким образом, наличие фактора и его воздействие на человека во времени и пространстве представляют собой опасность в виде определенной шкалы риска.

Суть же опасности состоит в том, что в процессе трудовой деятельности, возможно такое воздействие на человека, которое приведет к травмам, ухудшению самочувствия, изменению функциональных свойств жизненно важных систем организма и другим нежелательным последствиям.

Опасность проявляется вследствие действия различных факторов на человека, проявляющегося во взаимодействии с объектом или работающим [1 - 6, 8].

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»?
2. Как можно классифицировать опасные факторы?
3. В чем состоит сущность вредных факторов?
4. В чем состоит роль дисциплины «БЖД»?

Лекция 2. Проблемы безопасности в системе «Человек - среда обитания» - объективные основы возникновения науки о БЖД

План лекции:

1. Объективные основы возникновения науки о БЖД.
2. Понятие безопасности.
3. Проблемы безопасности в системе «Человек-среда обитания».

Вся история жизни человека на Земле - это история его борьбы за свою безопасность. Какова же роль научно-технического прогресса (НТП) в этой борьбе, и какова степень защищенности человека от опасностей на современном этапе? Ответы на эти вопросы пытаются получить, рассматривая условия обеспечения безопасности человека до индустриального и индустриального общества.

Человеческие популяции, в доисторический период занимающиеся охотой и собирательством, почти не отличались от других всеядных млекопитающих по характеру своего взаимодействия с биосферой, частью которой они являлись. На этом этапе развитие человеческой популяции определялось экологическими факторами: климатическими (температура, относительная влажность и др.), физическими (свойства почвы, физико-химические свойства воды, воздуха и др.), пищевыми, биологическими (внутривидовые взаимодействия и взаимодействия между видами). В рассматриваемый период уровень опасности, т.е. уровень риска, или коэффициент смертности популяции определялся вышеуказанными экологическими факторами.

Уменьшение риска вследствие совершенствования средств защиты от опасностей природного характера - повышение безопасности - становится одним из ведущих мотивов деятельности людей с первых шагов цивилизации. Это условие обеспечивается развитием экономики, использованием достижений науки и техники и, соответственно, повышением

материального уровня жизни и ее качества: уровня питания, сервиса, включающего здравоохранение, образование, санитарно-гигиенических условий.

Следовательно, человечество, развивая экономику, создавало социально-экономическую систему безопасности.

На этом этапе развития цивилизации риск смерти определялся уже не только экологическими факторами, а уровнем развития экономики и социальными отношениями в обществе. В этих условиях риск смерти связан с недостаточной защищенностью человека от неблагоприятных последствий, обусловленных естественной средой обитания человека - биосферой.

Причины такой недостаточной защищенности - это низкий уровень развития экономики и несовершенство социальных структур на рассматриваемом этапе развития общества. На этом этапе формировался социально-экономический вид риска.

Уровень безопасности человека постоянно возрастает с развитием цивилизации, о чем свидетельствуют, например, данные роста продолжительности жизни человека. Также имеет место еще один важный показатель - увеличение продолжительности трудового долголетия.

Общий коэффициент смертности, характеризующий уровень риска, и, как следствие, продолжительности жизни (уровень безопасности) во многом является комплексным показателем не только успехов медицины, но и важнейшими индикаторами уровня социально-экономического развития общества.

Развитие науки и техники, характеризующее и рост менталитета человеческого общества, повышая социально-экономическую безопасность общества, привело к появлению новых видов опасности, как для здоровья населения, так и для окружающей среды (ОС).

Опасности техногенного происхождения были вызваны поступлением в ОС отходов промышленного производства, необходимостью участия человека в профессиональной деятельности, обладающей разнообразными источниками опасности.

Таким образом, развитие цивилизации привело к возникновению особых условий существования человека, совокупность которых можно назвать искусственной сферой обитания - ноосферой.

Беспрецедентная интенсификация технологических процессов и сельскохозяйственного производства в последнее десятилетие потребовало нового подхода к обеспечению безопасности, разработки технических систем безопасности (ТСБ), обеспечивающих защиту человека от техногенных факторов [1 - 5].

На сегодняшний день ТСБ так же, как и социально-экономическая система, не могут полностью исключить воздействие техногенных факторов.

Таким образом, уровень безопасности в современном обществе определяется величиной общего (коллективного) риска (R), который обусловлен не только уровнем социально-экономического риска ($R_{сэ}$), но и уровнем техногенного риска ($R_{т}$).

На создание и обеспечение ТСБ приходится использовать определенную долю материальных ресурсов общества из тех областей, в которых создается социально-экономическая система безопасности. Материальные ресурсы общества (например, на языке национальной экономики - ВВП индустриального общества: $C = \text{ВВП}$; $D = I_2 C$, где I_2 - доля ВВП, направляемая на создание и эксплуатацию технических систем безопасности) ограничены. Можно стремиться к постоянному снижению техногенного риска, увеличивая капиталовложения (D) в ТСБ, однако, чем больше эти средства, тем меньше средств ($C - D$), направляемых на повышение безопасности в социально-экономической области. В силу этого встает важная задача об оптимальном распределении материальных и трудовых ресурсов.

Контрольные вопросы:

1. Каковы объективные основы возникновения науки о БЖД?

2. Что подразумевают под «уровнем безопасности»?
3. Суть проблемы безопасности в системе «Человек-среда обитания».

Лекция 3. Законно-правовые основы БЖД. Государственная нормативная система управления охраной труда

План лекции:

1. Основные законодательные документы.
2. Правовые основы природопользования в РУз.
3. Главные задачи государственной политики в области охраны труда.
4. Организационные вопросы безопасности труда.

Правовые вопросы безопасности труда обеспечивает Конституция страны, которая гарантирует права граждан на труд, отдых, охрану здоровья, материальное обеспечение в старости, в случае болезни, при полной или частичной нетрудоспособности. В 1995 г. были приняты «Основы законодательства Республики Узбекистан о труде», которые пересматривались в 1998 г.

Во многих статьях этого документа отражены вопросы создания безопасных условий труда: режимы труда и отдыха при проведении различных работ, гарантии и компенсации для трудящихся во вредных условиях, особенности использования труда женщин и молодежи, компенсации в связи с несчастными случаями, контроль и надзор за соблюдением законодательства о труде и ряд других.

В действующий в настоящее время «Кодекс законов о труде РУз» (КЗоТ РУз) включены основные требования, направленные на создание здоровых и безопасных условий труда.

В 1996 г. в нашей стране введены «Основы законодательства Республики Узбекистан об охране труда», которые устанавливают гарантии осуществления права трудящихся на охрану труда и обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на

предприятиях, учреждениях и организациях всех форм собственности. Этот документ направлен на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

В ст. 1 рассматриваемого документа приводится определение термина «охрана труда». *Охрана труда* – система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические и иные мероприятия.

В ст. 3 «Основ законодательства...» также указывается, что главной задачей государственной политики в области охраны труда являются признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности предприятия. Указывается также, что каждый работник имеет право на охрану труда, которую гарантирует государство в лице органов законодательной, исполнительной и судебной власти. Государственное управление охраной труда заключается в реализации основных направлений государственной политики в области охраны труда, разработке законодательных и иных нормативных актов в этой области, а также требований к средствам производства, технологиям и организации труда, гарантирующим работникам здоровье и безопасные условия труда (ст. 7). Кроме того, в ряде статей этого документа представлены сведения об ответственности предприятий и работодателей за невыполнение требований по созданию здоровых и безопасных условий труда, указано, как должны осуществляться надзор и контроль за соблюдением законодательства об охране труда, а также рассмотрен ряд других моментов.

Правовые вопросы природопользования регламентируются как Конституцией РУз (ст. 9, 36, 42, 58, 72), так и рядом законов, среди которых прежде всего следует указать Гражданский, Земельный и Водный кодексы РУз, законы: «О животном мире», «Об охране окружающей природной среды» и др.,

соответствующие нормативные акты Президента и Правительства РУз, органов местного самоуправления.

В качестве примеров рассмотрим правовые основы охраны атмосферного воздуха, правовые режимы водо- и недропользования, а также правовую основу охраны земель.

Атмосферный воздух – один из основных жизненно важных компонентов окружающей среды. Состояние воздушной среды напрямую связано с жизненными интересами людей. Качество воздуха непосредственно влияет на здоровье человека, продолжительность его жизни, а также на состояние других элементов окружающей среды, в особенности растительного и животного мира.

Основной законодательный акт, наиболее полно регулирующий общественные отношения в этой области, – Закон «Об охране атмосферного воздуха». В нем изложены основные положения по охране воздушного бассейна от загрязнения и шумов, от электромагнитного, радиационного и иного воздействий по предотвращению истощения кислородных запасов, рациональному использованию воздуха в хозяйственных целях и др.

В этом законодательном акте подробно изложены вопросы нормирования ПДК загрязняющих веществ в атмосфере, предусмотрен разрешительный порядок выбросов загрязняющих веществ и других негативных воздействий на воздушную среду, включая воздействие на погоду и климат. Ряд разделов Закона посвящен государственному контролю в области охраны атмосферного воздуха и ответственности должностных лиц и граждан страны за нарушения воздухоохранного законодательства. Государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, в том числе и за соблюдением воздухоохранного законодательства, осуществляется органами местного самоуправления и специально уполномоченными на то государственными межведомственными органами.

Основополагающим правовым актом водного законодательства является Водный кодекс РУз. Он регулирует

водные отношения путем установления правовых основ использования и охраны водных объектов. Кроме того, водопользование осуществляется в соответствии с законодательством о природных лечебных ресурсах, лечебнооздоровительных местах и курортах. Общие экологические требования к водопользованию отражены в законе «Об охране окружающей природной среды». Значительное число подзаконных правовых актов о водопользовании принято Правительством РУз.

Для поддержания водных объектов в состоянии, соответствующем экологическим требованиям, создаются водоохранные зоны. Это территории, примыкающие к акватории водного объекта, на которых устанавливается специальный режим использования и охраны водных ресурсов, а также осуществления иной хозяйственной деятельности.

В пределах водоохранных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, где запрещаются раскопка земель, рубка и корчевка леса, размещение животноводческих ферм и лагерей, а также другая деятельность. Порядок установления размеров и границ водоохранных зон, их прибрежных защитных полос, а также режим их использования устанавливаются Правительством РУз.

Правовая охрана почв и земельных ресурсов РУз осуществляется, в первую очередь, в соответствии с требованиями Конституции страны (ст. 9, 36, 58). Так, в ст. 9 указывается, что земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Республике Узбекистан как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории.

В развитие основополагающих конституционных положений в земельном законодательстве страны предусмотрена система правовых, организационных, экономических и других мероприятий, направленных на рациональное использование земель, предотвращение необоснованного изъятия земель из сельскохозяйственного оборота, защиту от вредных воздействий,

а также на восстановление продуктивности земель (в том числе земель лесного фонда), воспроизводство и повышение плодородия почв.

Правовые основы землепользования в нашей стране раскрываются также в Земельном кодексе и Законе «О крестьянском (фермерском) хозяйстве», в ряде Указов Президента РУз. Для обеспечения соблюдения всеми физическими, должностными и юридическими лицами требований земельного законодательства в целях эффективного использования и охраны земель в РУз создана единая система государственного контроля, в которой наряду с головным земельным контролем сочетаются и другие виды контроля: экологический, санитарно-эпидемиологический, архитектурно-строительный.

Правовой режим недропользования основан на Конституции РУз, законах РУз «О недрах» и «Об охране окружающей природной среды», а также на ряде Указов и распоряжений Президента РУз. Основные требования по рациональному использованию и охране недр изложены в разд. Закона РУз «О недрах». С экологической точки зрения наиболее важные из них: предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с их использованием; предотвращение накопления промышленных и бытовых отходов на площадях водосбора и в местах залегания подземных вод; охрана месторождений полезных ископаемых от затоплений, пожаров и других факторов, снижающих их качество. Отметим, что недра – это часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водостоков, простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения.

В отличие от других природных объектов недра практически невозобновимы как в настоящее время, так и в отдаленной перспективе. В связи с этим возникает необходимость в установлении особых требований, способствующих их рациональному использованию и надлежащей охране. При пользовании недрами необходимо обеспечить оптимальное

сочетание экономических и экологических интересов общества, а также интересов природы и общества, полностью исключить возможность нанесения вреда человеку и окружающей среде, ее составным элементам. Все эти требования отражены в рассмотренных правовых нормах.

Кроме перечисленных выше законодательными документами в области БЖД являются государственные, отраслевые стандарты и стандарты предприятий, правила и нормы, в которых содержатся различные требования к безопасности труда, экологической безопасности и др.

Государственные стандарты охватывают обширные вопросы деятельности человека и являются основными нормативными документами в указанных областях. Государственные стандарты разбиты по классам систем и имеют свои коды. Стандарты безопасности труда начинаются с шифра-кода 12 (например, 12.0.003-74, 12.1.018-85 и др.), стандарты по охране окружающей среды с шифра-кода 17 (например, 17.0.0.01-76, 17.2.6.02-85 и др.).

Едиными правилами, которые содержат требования к обеспечению безопасности труда при проектировании, строительстве и эксплуатации промышленных объектов, являются «Строительные нормы и правила» (СНиП), а также различные санитарные нормы и правила (СН, СанПиН).

На основе государственных стандартов разрабатываются отраслевые стандарты и стандарты предприятий, учитывающие отраслевые и местные условия, а также конкретные условия и технологии производства.

Еще одну группу нормативно-технической документации составляют различные Правила, Положения и Инструкции. Разрабатывают и утверждают эти документы министерства, ведомства, органы Госназдора.

Срок действия нормативных документов обычно составляет 5 лет, местных – 3 года. После чего эти документы пересматривают и срок действия продлевают на 5 лет или они утрачивают силу вообще.

Организационные вопросы безопасности труда. За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль. Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролируемых предприятий. Это Прокуратура РУз, горный и промышленный надзор Республики Узбекистан, надзор Республики Узбекистан по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РУз, Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РУз (Госкомсанэпиднадзор Республики Узбекистан), Государственная инспекция труда при Министерстве труда РУз (Минтрудинспекция).

Общий надзор за выполнением рассматриваемых законов возложен на Генерального прокурора РУз и местные органы прокуратуры. Надзор за соблюдением законодательства по безопасности труда возложен также на профсоюзы РУз, которые осуществляют контроль за обеспечением безопасности на производстве через техническую инспекцию труда.

Контроль за состоянием условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда

для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы. Различают следующие виды инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный внеплановый и текущий.

Вводный инструктаж проводят со всеми рабочими и служащими независимо от профессии до приема на работу, а также с командированными и учащимися, прибывшими на практику. Основные вопросы, затрагиваемые во вводном инструктаже, и примерные затраты времени на их изложение (мин) представлены ниже:

Основные положения законодательства по охране труда	– 10
Правила внутреннего распорядка и режима работы	– 10
Порядок продвижения в зоне производства работ и особые условия труда на отдельных участках	– 10
Общие требования охраны труда на производстве	– 20
Правила электробезопасности	– 10
Требования по пожарной безопасности	– 10
Порядок получения инструмента, спецодежды, спецобуви, предохранительных приспособлений	– 5
Правила производственной санитарии и личной гигиены	– 5
Способы оказания первой доврачебной помощи	– 10
Порядок оформления документов при несчастных случаях на производстве	– 10

Первичный инструктаж на рабочем месте проводит непосредственный руководитель работ перед допуском к работе. Этот вид инструктажа должен сопровождаться показом безопасных приемов работ.

Повторный инструктаж на рабочем месте проводят с работниками независимо от их квалификации, стажа и оплаты работы не реже чем раз в шесть месяцев. Цель этого инструктажа – восстановить в памяти рабочего инструкции по охране труда, а также разобрать конкретные нарушения из практики предприятия.

Внеплановый инструктаж на рабочем месте проводят в случае изменения правил по охране труда, технологического процесса,

нарушения работниками правил техники безопасности, при несчастном случае, при перерывах в работе – для работ, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда, – более чем на 30 календарных дней, для остальных работ – 60 дней.

Текущий инструктаж проводят для работников, которым оформляют наряд-допуск на определенные виды работ.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность:

- *дисциплинарная*, которую накладывает на нарушителя вышестоящее административное лицо (замечание, выговор, перевод на нижеоплачиваемую должность на определенный срок или понижение в должности, увольнение);
- *административная* (подвергаются работники административно-управленческого аппарата; выражается в виде предупреждения, общественного порицания или штрафа);
- *уголовная* (за нарушения, повлекшие за собой несчастные случаи или другие тяжелые последствия);
- *материальная*, которую в соответствии с действующим законодательством несет предприятие в целом (штрафы, выплаты потерпевшим в результате несчастных случаев и др.) или виновные должностные лица этого предприятия.

Контрольные вопросы:

1. В каких документах отражены правовые основы природопользования в РУЗ?
2. Что является главной задачей государственной политики в области охраны труда?
3. Какие нормативные документы регламентируют требования по безопасности труда и экологической безопасности?

4. Как осуществляется контроль за состоянием условий труда на предприятии?
5. Кто несет ответственность за безопасность труда на предприятии?
6. Какие инструктажи по безопасности труда проводят на предприятиях?

Лекция 4. Вредные вещества в промышленности и их воздействие на организм человека

План лекции:

1. Теоретические основы воздействия вредных веществ.
2. Классификация вредных веществ.
3. Действие вредных веществ на организм человека. Пути их проникновения.
4. Предельно допустимая концентрация вредных веществ.

Выполнение различных видов работ в промышленности сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ.

Вредное вещество – это вещество, которое в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящих и последующих поколений.

Наиболее благоприятен для дыхания атмосферный воздух, содержащий (% по объему): азота – 78,08; кислорода – 20,95; инертных газов – 0,93; углекислого газа – 0,03; прочих газов – 0,01.

Необходимо обратить внимание и на содержание в воздухе заряженных частиц – ионов. Например, известно благотворное влияние на организм человека отрицательно заряженных ионов кислорода воздуха.

Вредные вещества, выделяющиеся в воздух рабочей зоны, изменяют его состав, в результате чего он существенно может отличаться от состава атмосферного воздуха. При проведении различных технологических процессов в воздух выделяются твердые и жидкие частицы, а также пары и газы. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы – аэродисперсные системы – аэрозоли.

Аэрозолями называют воздух или газ, содержащие в себе взвешенные твердые или жидкие частицы. Аэрозоли принято делить на пыль, дым, туман. Пыли или дымы – это системы, состоящие из воздуха или газа и распределенных в них частиц твердого вещества, а туманы – системы, образованные воздухом или газом и частицами жидкости.

Размеры твердых частиц пылей превышают 1 мкм (1 мкм = 10^{-6} м), а размеры твердых частиц дыма меньше этого значения. Различают крупнодисперсную (размер твердых частиц более 50 мкм), среднедисперсную (от 10 до 50 мкм) и мелкодисперсную (размер частиц менее 10 мкм) пыль. Размер жидких частиц, образующих туманы, обычно лежит в пределах от 0,3 до 5 мкм.

Проникновение вредных веществ в организм человека происходит через дыхательные пути (основной путь), а также через кожу и с пищей, если человек принимает ее, находясь на рабочем месте. Действие этих веществ следует рассматривать как воздействие опасных или вредных производственных факторов, так как они оказывают негативное (токсическое) действие на организм человека.

Токсичность – ядовитость, способность некоторых химических и биологических веществ оказывать вредное воздействие на живые организмы.

В результате воздействия вредных веществ у человека возникает отравление – болезненное состояние, тяжесть которого зависит от продолжительности воздействия, концентрации и вида вредного вещества.

Существуют различные классификации вредных веществ, в основу которых положено их действие на человеческий организм.

В соответствии с наиболее распространенной (по Е.Я. Юдину и С.В. Белову) классификацией вредные вещества **делятся** на шесть групп: общетоксические, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную (детородную) функцию человеческого организма.

Общетоксические вещества вызывают отравление всего организма. Это оксид углерода, свинец, ртуть, мышьяк и его соединения, бензол и др.

Раздражающие вещества вызывают раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек человеческого организма. К этим веществам относятся: хлор, аммиак, пары ацетона, оксиды азота, озон и ряд других веществ.

Сенсибилизующие вещества действуют как аллергены, т.е. приводят к возникновению аллергии у человека. Этим свойством обладают формальдегид, различные нитросоединения, никотинамид, гексахлоран и др.

Сенсибилизация – повышение реактивной чувствительности клеток и тканей человеческого организма.

Аллергия – необычные, ненормальные реакции организма, например, появление сыпи.

Воздействие *канцерогенных веществ* на организм человека приводит к возникновению и развитию злокачественных опухолей (раковых заболеваний). Канцерогенными являются оксиды хрома, 3,4-бензпирен, бериллий и его соединения, асбест и др.

Мутагенные вещества при воздействии на организм вызывают изменение наследственной информации. Это радиоактивные вещества, марганец, свинец и т.д.

Среди *веществ, влияющих на репродуктивную функцию человеческого организма*, следует в первую очередь назвать ртуть, свинец, стирол, марганец, ряд радиоактивных веществ и др.

Пыль, попадая в организм человека, оказывает фиброгенное воздействие, заключающееся в раздражении слизистых оболочек дыхательных путей. Оседая в легких, пыль задерживается в них. При длительном вдыхании пыли возникают профессиональные

заболевания легких – пневмокониозы. При вдыхании пыли, содержащей свободный диоксид кремния (SiO_2), развивается наиболее известная форма пневмокониоза – силикоз. Если диоксид кремния находится в связанном с другими соединениями состоянии, возникает профессиональное заболевание – силикатоз. Среди силикатозов наиболее распространены асбестоз, цементоз, талькоз.

Для воздуха рабочей зоны производственных помещений в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 устанавливаются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. ПДК выражаются в миллиграммах (мг) вредного вещества, приходящегося на 1 кубический метр воздуха, т. е. $\text{мг}/\text{м}^3$.

В соответствии с указанным выше ГОСТом установлены ПДК для более чем 1300 вредных веществ. Еще приблизительно для 500 вредных веществ установлены ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ).

По ГОСТ 12.1.005-88 все вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на следующие классы: 1 – чрезвычайно опасные, 2 – высокоопасные, 3 – умеренно опасные, 4 – малоопасные. Опасность устанавливается в зависимости от величины ПДК, средней смертельной дозы и зоны острого или хронического действия.

Если в воздухе содержится вредное вещество, то его концентрация не должна превышать величины ПДК.

При одновременном присутствии в воздушной среде нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, должно соблюдаться условие:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \quad (4.1)$$

где $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ – фактические концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_3, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации этих веществ в воздухе рабочей зоны.

Контрольные вопросы:

1. Что такое аэрозоли?
2. Каковы основные пути проникновения вредных веществ в организм человека?
3. Как действуют вредные вещества на организм человека?
4. Представьте классификацию вредных веществ.
5. Что такое фиброгенное действие пыли на организм человека?
6. Дайте определение понятия «предельно допустимая концентрация» (ПДК).
7. Как обеспечить поддержание в воздухе безопасной концентрации вредных веществ?

Лекция 5. Оздоровление воздушной среды

План лекции:

1. Методы оздоровления воздушной среды.
2. Устройство и принцип работы общеобменной вентиляции.
3. Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
4. Основные индивидуальные средства защиты.

Оздоровление воздушной среды достигается снижением содержания в ней вредных веществ до безопасных значений (не превышающих величины ПДК на данное вещество), а также поддержанием требуемых параметров микроклимата в производственном помещении.

Снизить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны можно, используя технологические процессы и оборудование, при которых вредные вещества либо не образуются, либо не попадают в воздух рабочей зоны. Например, перевод различных термических установок и печей с жидкого топлива, при сжигании которого образуется значительное количество вредных веществ,

на более чистое – газообразное топливо, а еще лучше – использование электрического нагрева.

Большое значение имеет надежная герметизация оборудования, которая исключает попадание различных вредных веществ в воздух рабочей зоны или значительно снижает в нем концентрацию их. Для поддержания в воздухе безопасной концентрации вредных веществ используют различные системы вентиляции. Если перечисленные мероприятия не дают ожидаемых результатов, рекомендуется автоматизировать производство или перейти к дистанционному управлению технологическими процессами. В ряде случаев для защиты от воздействия вредных веществ, находящихся в воздухе рабочей зоны, рекомендуется использовать индивидуальные средства защиты работающих (респираторы, противогазы), однако следует учитывать, что при этом существенно снижается производительность труда персонала.

Устройство и принцип работы общеобменной вентиляции, а также ее использование для поддержания требуемых параметров микроклимата. Движение воздуха в этой системе достигается за счет использования специальных воздуходувных машин – вентиляторов. Такая система общеобменной вентиляции носит название механической. В ряде случаев, особенно в горячих цехах и помещениях со значительным избытком явной теплоты, может быть использован и другой тип общеобменной вентиляции – естественная. Перемещение воздуха при естественной вентиляции достигается за счет разности температур в производственном помещении и наружного воздуха (холодный воздух вытесняет из помещения теплый), а также в результате действия ветра (ветрового давления). Простейшим способом естественной вентиляции является проветривание помещений через окна, форточки или фрамуги. Кроме того, воздух может поступать в помещение и удаляться из него через различные щели и неплотности стен, окон и т.д. (инфильтрация воздуха). Также естественная вентиляция производственных помещений может осуществляться с помощью специальных технических приемов:

аэрацией и с использованием дефлекторов. Наиболее часто для снижения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны используется механическая вентиляция, иногда возможно использование вентиляции, состоящей из естественной и механической систем.

Необходимое количество воздуха, подаваемого в помещение для снижения содержания в нем вредных веществ до нормы, может быть определено из выражения [8]:

$$G + L_{np} q_{np} = L_{выт} q_{выт}, \quad (5.1)$$

где L_{np} – требуемое количество поступающего (приточного) воздуха, м³/ч; $L_{выт}$ – требуемое количество удаляемого (вытяжного) воздуха, м³/ч; q_{np} – концентрация вредного вещества в поступающем воздухе, мг/м³; $q_{выт}$ – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе, мг/м³; G – выделяющиеся в помещении с внутренним объемом V (м³) вредные пары или газы, мг/ч.

Учитывая, что $L_{np} \approx L_{выт}$ и обозначая количество приточного или удаляемого воздуха через L (м³/ч), получим равенство (см. 5.1):

$$G + L q_{np} = L q_{выт}$$

Откуда следует:

$$L = \frac{G}{(q_{выт} - q_{np})}. \quad (5.2)$$

Если наружный воздух не содержит вредного вещества (т. е., если $q_{np} = 0$), то формула (5.2) упрощается:

$$L = \frac{G}{q_{выт}}.$$

Далее приведем требования к концентрациям q_{np} и $q_{выт}$. Для обеспечения безопасной концентрации вредного вещества в воздушных выбросах $q_{выт} \leq \text{ПДК}$. Для создания эффективной системы вентиляции должно соблюдаться условие: $q_{np} \leq 0,3 \text{ ПДК}$ вредного вещества.

Если в воздух рабочей зоны выделяется несколько веществ, не обладающих однонаправленным действием, то требуемое количество приточного воздуха L должно рассчитываться для каждого из этих веществ, после чего выбирают наибольшее из полученных значений L .

В случае выделения в воздух рабочей зоны нескольких веществ, обладающих однонаправленным действием (например, паров кислот), рассчитывают по уравнению (5.2) количество воздуха, требуемое для разбавления каждого вещества до его предельно допустимой концентрации при совместном действии вредных веществ, а затем суммируют полученные значения L . Сумма значений L и используется для расчетов вентиляции в этом случае.

Если неизвестны состав и концентрация выделяющихся в воздух рабочей зоны вредных веществ, для ориентировочных расчетов L может быть использовано выражение:

$$L = kV,$$

где k – кратность воздухообмена, показывающая, сколько раз в течение часа воздух меняется в помещении, ч^{-1} ;
 V – объем вентилируемого помещения, м^3 .

Например, рекомендуемые значения k для следующих технологических процессов и производств: участок окраски и сушки машин – 17; участок сварки – 26; участок ремонта электрооборудования – 15; кузнечное отделение – 20; помещение очистных сооружений – 8.

Для удаления вредных веществ у источников их образования служит местная вытяжная вентиляция.

Использование устройств местной вытяжной вентиляции практически полностью позволяет удалить пыль и другие вредные вещества из производственного помещения.

Для более эффективного удаления из помещений вредных веществ система общеобменной вентиляции обычно комбинируется с местной.

В производственном помещении необходим постоянный контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Отбор проб на определение этих веществ обычно проводят на рабочем месте на уровне дыхания работающего.

Для контроля запыленности воздуха рабочей зоны могут быть использованы различные методы: фильтрационные, седиментационные, электрические и др. Наиболее перспективны новые методы измерения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны с использованием лазерной техники. Например, наиболее распространен прямой весовой (гравиметрический) метод измерения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны. Он заключается в отборе всей находящейся в зоне дыхания пыли на специальные аэрозольные фильтры типа АФА ВП. Отбор проб осуществляется с помощью различных аспираторов.

Определение концентрации вредных веществ, присутствующих в воздухе в виде паров и газов, может также осуществляться различными методами, например, с использованием переносных газоанализаторов типа УГ-1 или УГ-2.

Основные *индивидуальные средства защиты*, предназначенные для защиты органов дыхания человека от вредных веществ, находящихся в воздухе рабочей зоны. Указанные средства защиты делятся на фильтрующие и изолирующие.

В *фильтрующих устройствах* вдыхаемый человеком загрязненный воздух предварительно фильтруется, а в *изолирующих* – чистый воздух подается по специальным шлангам к органам дыхания человека от автономных источников. Фильтрующими приборами (респираторами и противогазами)

пользуются при невысоком содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны (не более 0,5% по объему) и при содержании кислорода в воздухе не менее 18%. Респираторы предназначены для защиты человека от пыли и делятся на фильтр-маски, в которых закрывающая лицо человека маска является одновременно фильтром, и патронные, в которых лицевая маска и фильтрующий элемент разделены.

Один из наиболее распространенных респираторов – бесклапанный респиратор ШБ-1 «Лепесток» – предназначен для защиты от воздействия мелкодисперсной и среднedisперсной пыли. Различные модификации «Лепестка» применяются для защиты от пыли, если ее концентрация в воздухе рабочей зоны в 5–200 раз превышает величину ПДК.

Промышленные фильтрующие противогазы предназначены для защиты органов дыхания от различных газов и паров. Они состоят из полумаски, к которой подведен шланг с загубником, присоединенный к фильтрующим коробкам, наполненным поглотителями вредных газов или паров.

Изолирующие противогазы применяются в тех случаях, когда содержание кислорода в воздухе менее 18%, а содержание вредных веществ более 2%. Различают автономные и шланговые противогазы. Автономный противогаз состоит из ранца, наполненного воздухом или кислородом, шланг от которого соединен с лицевой маской. В шланговых изолирующих противогазах чистый воздух подается по шлангу в лицевую маску от вентилятора, причем длина шланга может достигать нескольких десятков метров [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы:

1. Перечислите индивидуальные средства защиты от воздействия вредных веществ.
2. Как рассчитать необходимое количество воздуха, подаваемого в помещение для снижения содержания в нем вредных веществ до нормы?
3. Что такое кратность воздухообмена?

4. Для чего служит местная вытяжная вентиляция?
5. Какие устройства местной вытяжной вентиляции вы знаете?
6. Как осуществляется контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
7. Как устроены фильтрующие и изолирующие противогазы? Какова область их применения?

Лекция 6. Микроклимат промышленного помещения

План лекции:

1. Основные параметры микроклимата в производственных помещениях.
2. Способы распространения тепла.
3. Теплоотдача. Уравнение теплового баланса.

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений.

Воздух рабочей зоны – это воздушная среда в пространстве высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места.

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха рабочей зоны относятся: температура (t , °C), относительная влажность (φ , %), скорость движения воздуха (V , м/с).

Существенное влияние на параметры микроклимата и состояние человеческого организма оказывает также интенсивность теплового излучения (I , Вт/м²) различных нагретых поверхностей, температура которых превышает температуру в производственном помещении.

Относительная влажность воздуха представляет собой отношение фактического количества паров воды в воздухе при данной температуре D (г/м³) к количеству водяного пара, насыщающего воздух при этой температуре:

$$D_0(\text{г/м}^3) : \varphi = \left(\frac{D}{D_0} \right) \cdot 100\%.$$

Если в производственном помещении находятся различные источники тепла, температура которых превышает температуру человеческого тела, то тепло от них самопроизвольно переходит к менее нагретому телу, т.е. к человеку. Различают три способа распространения тепла: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение.

Теплопроводность представляет собой перенос тепла вследствие беспорядочного (теплого) движения микрочастиц (атомов, молекул или электронов), непосредственно соприкасающихся друг с другом. *Конвекцией* называется перенос тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов газа или жидкости. *Тепловое излучение* – это процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волны, обусловленный тепловым движением атомов или молекул излучающего тела. В реальных условиях тепло передается не каким-либо одним из указанных выше способов, а комбинированным.

Тепло, поступающее в производственное помещение от различных источников, влияет на температуру воздуха в нем. В производственных помещениях с большим тепловыделением приблизительно 2/3 тепла поступает за счет излучения, а практически все остальное количество приходится на долю конвекции. Количество тепла, переданного окружающему воздуху конвекцией (Q_K , Вт), при непрерывном процессе теплоотдачи может быть рассчитано по закону теплоотдачи Ньютона, который для непрерывного процесса теплоотдачи записывается в виде:

$$Q_K = \alpha S(t - t_B),$$

где α – коэффициент конвекции, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$;

S – площадь теплоотдачи, м^2 ;

t – температура источника, $^{\circ}\text{C}$;

t_B , – температура окружающего воздуха, °С.

Источниками теплового излучения в производственных условиях являются: расплавленный или нагретый металл, открытое пламя, нагретые поверхности оборудования.

Количество тепла, переданного посредством излучения (Q_u , Дж) от более нагретого твердого тела с температурой T_1 К к менее нагретому телу с температурой T_2 К, определяется по уравнению:

$$Q_u = C_{1-2} \cdot S \tau \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \Theta,$$

где S – поверхность излучения, м²;

τ – время, с;

C_{1-2} – коэффициент взаимного излучения, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}$;

Θ – средний угловой коэффициент, определяемый формой и размерами участвующих в теплообмене поверхностей, их взаимным расположением в пространстве и расстоянием между ними.

Человек в процессе труда постоянно находится в состоянии теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека требуется поддержание практически постоянной температуры его внутренних органов (приблизительно 36,6°С). Способность человеческого организма к поддержанию постоянной температуры носит название *терморегуляции*. Терморегуляция достигается отводом выделяемого организмом тепла в процессе жизнедеятельности в окружающее пространство. Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени его физического напряжения и параметров микроклимата в производственном помещении и составляет в состоянии покоя 85 Вт, возрастая до 500 Вт при тяжелой физической работе.

Теплоотдача от организма человека в окружающую среду происходит следующими путями: в результате теплопроводности через одежду (Q_c); конвекции тела (Q_k) излучения на окружающие

поверхности (Q_H), испарения влаги с поверхности кожи ($Q_{исп}$), а также за счет нагрева выдыхаемого воздуха (Q_B), т. е.:

$$Q_{общ} = Q_T + Q_K + Q_H + Q_{исп} + Q_B.$$

Данное уравнение является *уравнением теплового баланса*. Вклад перечисленных выше путей передачи тепла непостоянен и зависит от параметров микроклимата в производственном помещении, а также от температуры окружающих человека поверхностей (стен, потолка, оборудования и др.). Если температура этих поверхностей ниже температуры человеческого тела, то теплообмен излучением идет от организма человека к холодным поверхностям. В противном случае теплообмен осуществляется в обратном направлении – от нагретых поверхностей к человеку. Теплоотдача конвекцией зависит от температуры воздуха в помещении и скорости его движения на рабочем месте, а отдача теплоты путем испарения – от относительной влажности и скорости движения воздуха. Основную долю в процессе отвода тепла от организма человека (порядка 90% общего количества тепла) вносят излучение, конвекция и испарение.

Нормальное тепловое самочувствие человека при выполнении им работы любой категории тяжести достигается при соблюдении теплового баланса, уравнение которого приведено выше.

Влияние основных параметров микроклимата на теплоотдачу от организма человека в окружающую среду. Влияние температуры окружающего воздуха на человеческий организм связано в первую очередь с сужением или расширением кровеносных сосудов кожи. Под действием низких температур воздуха кровеносные сосуды кожи сужаются, в результате чего замедляется поток крови к поверхности тела и снижается теплоотдача от поверхности тела за счет конвекции и излучения. При высоких температурах окружающего воздуха наблюдается обратная картина: за счет расширения кровеносных сосудов кожи и увеличения притока крови существенно увеличивается теплоотдача в окружающую среду.

Повышенная влажность ($\phi > 85\%$) затрудняет теплообмен между организмом человека и внешней средой вследствие уменьшения испарения влаги с поверхности кожи, а низкая влажность ($\phi < 20\%$) приводит к пересыханию слизистых оболочек дыхательных путей. Движение воздуха в производственном помещении улучшает теплообмен между телом человека и внешней средой, но излишняя скорость движения воздуха (сквозняки) повышает вероятность возникновения простудных заболеваний.

Постоянное отклонение от нормальных параметров микроклимата приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям: при перегреве – к обильному потоотделению, учащению пульса и дыхания, резкой слабости, головокружению, появлению судорог, а в тяжелых случаях – возникновению теплового удара. При переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др.

Для исключения перечисленных выше негативных последствий необходимо правильно выбирать параметры микроклимата в производственных помещениях.

В нормативных документах введены понятия оптимальных и допустимых параметров микроклимата. *Оптимальными микроклиматическими условиями* являются такие сочетания количественных параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимыми условиями являются такие сочетания количественных параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма,

сопровождаящиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

В ГОСТе 12. 1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования» представлены оптимальные и допустимые параметры микроклимата в производственном помещении в зависимости от тяжести выполняемых работ, количества избыточного тепла в помещении и сезона (времени года).

При постоянном тепловом облучении человеческого организма наступают нарушения в деятельности его основных систем и, в первую очередь, сердечно - сосудистой и нервной систем.

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяют следующие основные мероприятия: механизацию и автоматизацию технологических процессов, защиту от источников теплового излучения, устройство систем вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления.

Также большое значение имеет правильная организация труда и отдыха работников, выполняющих трудоемкие работы или работы в горячих цехах. Для этих категорий работников устраивают специальные места отдыха в помещениях с нормальной температурой, оснащенных системой вентиляции и снабжения питьевой водой.

Механизация и автоматизация производственного процесса позволяют либо резко снизить трудовую нагрузку на работающих (массу поднимаемого и перемещаемого вручную груза, расстояние перемещения груза, уменьшить переходы, обусловленные технологическим процессом, и др.), либо вовсе убрать человека из производственной среды, переложив его трудовые функции на автоматизированные машины и оборудование. Но автоматизация технологических процессов требует значительных экономических затрат, что затрудняет внедрение указанных мероприятий в производственную практику.

Для защиты от теплового излучения используют различные теплоизолирующие материалы, устраивают теплозащитные экраны и специальные системы вентиляции (воздушное душирование). Перечисленные выше средства защиты носят понятие *теплозащитных средств*. Теплозащитные средства должны обеспечивать тепловую облученность на рабочих местах не более 350 Вт/м^2 и температуру поверхности оборудования не выше 35°C при температуре внутри источника тепла до 100°C и не выше 45°C – при температуре внутри источника тепла выше 100°C .

Для теплоизоляции используют различные материалы, например, асбестовую ткань и картон, специальные бетон и кирпич, минеральную и шлаковую вату, стеклоткань, углеродный войлок и др.

Теплоизоляционными материалами для трубопроводов пара и горячей воды, а также для трубопроводов холодоснабжения, используемых в промышленных холодильниках, могут быть материалы из минеральной ваты.

Теплозащитные экраны используют для локализации источников теплового излучения, снижения облученности на рабочих местах, а также для снижения температуры поверхностей, окружающих рабочее место. Часть теплового излучения экраны отражают, а часть поглощают.

Для количественной характеристики защитного действия экрана используют следующие показатели: кратность ослабления теплового потока (m), а также эффективность действия экрана ($\eta_э$).

Вышеуказанные характеристики выражаются следующими зависимостями:

$$m = \frac{E_1}{E_2} \quad \text{и} \quad \eta_э = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100\%,$$

где E_1 и E_2 – интенсивность теплового облучения на рабочем месте соответственно до и после установки экранов, Вт/м^2 .

Показатель m определяет, во сколько раз первоначальный тепловой поток на рабочем месте превышал тепловой поток на рабочем месте после установки экрана, а показатель η_0 – какая часть из первоначального теплового потока доходит до рабочего места, защищенного экраном.

Эффективность η_0 для большинства экранов лежит в пределах 50 – 98,8%.

Различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны.

Теплоотражающие экраны изготавливаются из алюминия или стали, а также фольги или сетки на их основе.

Теплопоглощающие экраны представляют собой конструкции из огнеупорного кирпича (типа шамота), асбестового картона или стекла (прозрачные экраны).

Теплоотводящие экраны – это полые конструкции, охлаждаемые изнутри водой.

Своеобразным теплоотводящим прозрачным экраном служит так называемая водяная завеса, которую устраивают у технологических отверстий промышленных печей и через которую вводят внутрь печей инструменты, обрабатываемые материалы, заготовки и др. [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные параметры микроклимата в производственных помещениях.
2. Какие существуют способы распространения тепла?
3. Теплоотдача. Уравнение теплового баланса.
4. Влияние параметров микроклимата на теплоотдачу от организма человека в окружающую среду
5. Поддержание нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне.

Лекция 7. Создание требуемых параметров микроклимата в производственных помещениях

План лекции:

1. Классификация систем вентиляции и отопления.
2. Контрольно-измерительные приборы для контроля параметров микроклимата.
3. Промышленные приборы для измерения интенсивности теплового излучения.

Для создания требуемых параметров микроклимата в производственном помещении применяют системы вентиляции и кондиционирования воздуха, а также различные отопительные устройства [1-5, 8]. Вентиляция представляет собой смену воздуха в помещении, предназначенную поддерживать в нем соответствующие метеорологические условия и чистоту воздушной среды.

Вентиляция помещений достигается удалением из них нагретого или загрязненного воздуха и подачей чистого наружного воздуха. Поскольку в данной главе рассматриваем системы вентиляции, предназначенные для обеспечения заданных метеорологических условий, рассмотрим общеобменную вентиляцию, которая осуществляет смену воздуха во всем помещении. Другие типы вентиляции рассмотрены далее.

Общеобменная вентиляция предназначена для поддержания требуемых параметров воздушной среды во всем объеме помещения.

Для эффективной работы системы общеобменной вентиляции при поддержании требуемых параметров микроклимата количество воздуха, поступающего в помещение ($L_{пр}$), должно быть практически равно количеству воздуха, удаляемого из него ($L_{выт}$).

Количество приточного воздуха, требуемого для удаления избытков явной теплоты из помещения ($Q_{изб} > \text{кДж/ч}$), определяется выражением:

$$L_{np} = \frac{Q_{изб}}{C\rho_{np}(t_{выт} - t_{np})}, \quad (7.1)$$

где L_{np} – требуемое количество приточного воздуха, м³/ч; C – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная 1 кДж/(кг·град); ρ_{np} – плотность приточного воздуха, кг/м³; $t_{выт}$ – температура удаляемого воздуха, °С; t_{np} – температура приточного воздуха, °С.

Для эффективного удаления избытков явной теплоты температура приточного воздуха должна быть на 5 – 8°С ниже температуры воздуха в рабочей зоне.

Количество приточного воздуха, необходимого для удаления влаги, выделившейся в помещении, рассчитывают по формуле:

$$L_{np} = \frac{G_{ВП}}{\rho_{np}(d_{выт} - d_{прит})}, \quad (7.2)$$

где $G_{ВП}$ – масса водяных паров, выделяющихся в помещении, г/ч; $d_{выт}$ – содержание влаги в удаляемом из помещения воздухе, г/кг; $d_{прит}$ – содержание влаги в наружном воздухе, г/кг; ρ_{np} – плотность приточного воздуха, кг/м³.

При одновременном выделении в производственном помещении паров влаги и избыточной теплоты последовательно проводят расчет по формулам (7.1) и (7.2) и в качестве искомого результата используют большее из полученных значений.

По способу перемещения воздуха вентиляция может быть как естественной, так и с механическим побуждением, возможно также сочетание этих двух способов.

При *естественной* вентиляции воздух перемещается за счет разности температур в помещении и наружного воздуха, а также в результате ветрового давления (действия ветра). Способы

естественной вентиляции: инфильтрация, проветривание, аэрация, с использованием дефлекторов.

При *механической* вентиляции воздух перемещается с помощью специальных воздуходувных машин-вентиляторов, создающих определенное давление и служащих для перемещения воздуха в вентиляционной сети. Чаще всего на практике используют осевые и радиальные вентиляторы.

По месту действия вентиляция бывает общеобменной и местной.

Общеобменная вентиляция обеспечивает поддержание требуемых параметров воздушной среды во всем объеме помещения, а *местная* – в определенной его части.

Воздух, всасываемый вентиляторами из атмосферы, после очистки и подогрева поступает в специальные каналы, называемые воздуховодами, и разводится по производственному помещению. Такая вентиляция называется *приточной*.

Нагретый воздух из помещения, содержащий водяные пары, отводится из помещения с помощью системы вытяжной вентиляции.

Приточная и вытяжная ветвь вентиляции могут быть объединены, в этом случае система вентиляции называется *приточно-вытяжной*.

Большое распространение на практике получила приточно-вытяжная вентиляция с рециркуляцией воздуха. Для нее характерно использование части воздуха, удаляемого из помещения и прошедшего очистку в системе приточной вентиляции. При этом рециркулирующий воздух разбавляется частью свежего воздуха, поступающего из атмосферы. Использование такой системы вентиляции позволяет снизить расходы на очистку воздуха, поступающего из атмосферы, и на его нагрев в холодное время года.

Как уже сказано выше, для создания требуемых параметров микроклимата на определенном участке производственного помещения служит местная приточная вентиляция. В отличие от общеобменной приточной вентиляции она подает воздух не во все

помещения, а лишь в ограниченную часть. Различают следующие устройства местной приточной вентиляции: воздушные души и оазисы, а также воздушно-тепловые завесы.

Воздушные души применяются для защиты работающих от воздействия теплового излучения интенсивностью 350 Вт/м^2 и более. Принцип действия этого устройства основан на обдуве работающего струей увлажненного воздушного потока, скорость которого составляет $1 - 3,5 \text{ м/с}$. При этом увеличивается теплоотдача от организма человека в окружающую среду.

В *воздушных оазисах*, представляющих собой часть производственного помещения, ограниченного со всех сторон переносными перегородками, создаются требуемые параметры микроклимата. Указанные источники используются в горячих цехах.

Для защиты людей от переохлаждения в холодное время года в дверных проемах и воротах устраивают *воздушные* и *воздушно-тепловые завесы*. Принцип их работы основан на том, что под углом к холодному воздушному потоку, поступающему в помещение, направлен воздушный поток (комнатной температуры или подогретый), который либо снижает скорость и изменяет направление холодного воздушного потока, уменьшая вероятность возникновения сквозняков в производственном помещении, либо подогревает холодный поток (в случае воздушно-тепловой завесы). Такие воздушно-тепловые завесы установлены на входах на станции метрополитена, а также в дверях крупных магазинов.

В настоящее время для поддержания требуемых параметров микроклимата широко применяются установки для кондиционирования воздуха (кондиционеры).

Кондиционированием воздуха называется создание и автоматическое поддержание в производственных или бытовых помещениях независимо от внешних метеорологических условий постоянных или изменяющихся по определенной программе температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, сочетание которых создает комфортные условия труда или

требуется для нормального протекания технологического процесса. Кондиционер – это автоматизированная вентиляционная установка, которая поддерживает в помещении заданные параметры микроклимата. Эксплуатация установок для кондиционирования воздуха обычно дороже, чем вентиляционных систем.

Для поддержания заданной температуры воздуха в помещениях в холодное время года используют различные системы отопления: водяная, паровая, воздушная и комбинированная.

В системах *водяного отопления* в качестве теплоносителя используется вода, нагретая либо до 100°C либо перегретая выше этой температуры. Эти системы отопления наиболее эффективны в санитарно-гигиеническом отношении.

Системы *парового отопления* используются, как правило, в промышленных помещениях. Теплоносителем в них является водяной пар низкого или высокого давления.

В *воздушных системах* для отопления используется нагретый в специальных установках (калориферах) воздух.

Комбинированные системы отопления используют в качестве элементов рассмотренные выше системы отопления.

Параметры микроклимата в производственных помещениях контролируются различными контрольно-измерительными приборами. Для измерения температуры воздуха в производственных помещениях применяют ртутные (для измерения температуры выше 0°C) и спиртовые (для измерения температуры ниже 0°C) термометры. Если требуется постоянная регистрация изменения температуры во времени, используют приборы, называемые термографами. Например, отечественный прибор – термограф типа М-16 – регистрирует изменение температуры за определенный период (сутки или неделю). Существуют и другие устройства для измерения температуры воздуха, например, термопары.

Для измерения относительной влажности воздуха используются приборы, называемые психрометрами и

гигрометрами, а для регистрации изменения этого параметра во времени служит гигрограф.

Простейший психрометр – это устройство, состоящее из сухого и влажного термометров. У влажного термометра резервуар обернут гигроскопической тканью, конец которой опущен в стаканчик с дистиллированной водой. Сухой термометр показывает температуру воздуха в производственном помещении, а влажный – более низкую температуру, так как испаряющаяся с поверхности влажной ткани вода отнимает тепло у резервуара термометра. Существуют специальные переводные психрометрические таблицы, позволяющие по температурам сухого и влажного термометров определять относительную влажность воздуха в помещении.

Более сложным по конструкции, но и более точным является так называемый аспирационный психрометр, который также состоит из сухого и влажного термометров, помещенных в металлические трубки и обдуваемых воздухом со скоростью 3–4 м/с, в результате чего повышается стабильность показаний термометров и практически устраняется влияние теплового излучения. Определение относительной влажности осуществляется также с использованием психрометрических таблиц. Аспирационные психрометры, например, МВ-4М или М-34, могут быть использованы для одновременного измерения в помещении температуры воздуха и относительной влажности.

Другим устройством для определения относительной влажности служит гигрометр, действие которого основано на свойстве некоторых органических веществ (органических мембран, человеческого волоса) удлиняться во влажном воздухе и укорачиваться в сухом. Измеряя деформацию чувствительного элемента (мембраны или волоса), можно судить о величине относительной влажности в производственном помещении. Гигрографы записывают изменения величины относительной влажности как функцию времени. Примером такого гигрографа может служить прибор типа М-21, который осуществляет суточную или недельную запись регистрируемого параметра.

Скорость движения воздуха в производственном помещении измеряется приборами – анемометрами.

Работа крыльчатого анемометра основана на изменении скорости вращения специального колеса, оснащенного алюминиевыми крыльями, расположенными под углом 45° к плоскости, перпендикулярной оси вращения колеса. Ось колеса соединена со счетчиком оборотов. При изменении скорости воздушного потока изменяется и скорость вращения колеса, т. е. увеличивается (уменьшается) число оборотов за определенный промежуток времени. По этой информации можно определить скорость воздушного потока.

Крыльчатые анемометры рекомендуется применять для измерения скорости воздушного потока в интервале $0,4-10$ м/с, при скоростях $1-35$ м/с применяются чашечные анемометры, в которых крылья заменены чашечками. Примером крыльчатого анемометра служит прибор АСО-3 тип Б, чашечного – тип МС-13. Существуют и другие приборы для измерения скорости движения воздуха: шаровые или цилиндрические кататермометры и термоанемометры.

Интенсивность теплового излучения в отечественной практике измеряют актинометрами, действие которых основано на поглощении теплового излучения и регистрации выделившейся тепловой энергии. Простейший тепловой приемник – термопара. Она представляет собой электрический контур из двух проволок, изготовленных из различных материалов (как металлов, так и полупроводников), например, медь–константан, серебро–палладий, серебро–висмут, висмут–сурьма, вольфрам–рений и др. Две проволоки из различных материалов сваривают или спаивают между собой. Тепловое излучение нагревает один из спаев двух проволок, в то время как другой спай служит для сравнения и поддерживается при постоянной температуре (T_0).

Две проволоки из материалов А и В составляют электрический контур. При нагреве одного из спаев тепловым излучением до температуры T возникает термоЭДС V_{AB} , величина которой измеряется вольтметром. ТермоЭДС в большом интервале

температур прямо пропорциональна разности $T - T_0$ (где T_0 – температура холодного слоя термопары):

$$V_{AB} = \varepsilon_{AB}(T - T_0).$$

Величина ε_{AB} носит название коэффициента Зеебека для веществ А и В. Этот эффект называют термоэлектрическим или эффектом Зеебека в честь его открывателя (1821 г.). Иногда n термопар соединяют между собой последовательно, получая при этом термоэлектрическую батарею. ТермоЭДС и соответственно чувствительность этого прибора в n раз выше, чем у обычной термопары, что позволяет измерять тепловое излучение малой интенсивности.

В основу промышленных приборов для измерения интенсивности теплового излучения – актинометров – положен принцип термоэлектрической батареи. Чувствительный элемент актинометра состоит из алюминиевой пластинки, на которой в шахматном порядке расположены зачерненные и блестящие секции. Зачерненные полосы интенсивно поглощают тепловое излучение, а блестящие отражают его, поэтому первые из них нагреваются значительно сильнее, чем вторые. Положительные спаи термопар, соединенные между собой последовательно, присоединены к зачерненным полоскам алюминиевой фольги и нагреваются под воздействием теплового излучения значительно сильнее, чем отрицательные спаи, присоединенные к блестящим полоскам. Под воздействием разности температур возникает термоЭДС, которая измеряется чувствительным прибором, отградуированным в единицах тепловой радиации ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

При отклонении параметров микроклимата от величин, создающих комфортные условия, большое значение имеет правильный выбор спецодежды. При работе в помещениях с пониженной температурой воздуха необходимо использовать утепленную спецодежду. Для персонала, занятого в горячих цехах, применяют спецодежду, изготовленную из материалов с низкой теплопроводностью.

Контрольные вопросы:

1. Какие параметры являются параметрами микроклимата?
2. Приведите классификацию систем вентиляции.
3. Контрольно-измерительные приборы для контроля параметров микроклимата. Их конструкции и принципы действия.
4. Назовите промышленные приборы для измерения интенсивности теплового излучения, принципы их действия.

Лекция 8. Производственное освещение. Основные характеристики производственного освещения

План лекции:

1. Производственное освещение, основные понятия.
2. Основные световые величины
3. Виды производственного освещения.

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Видимый свет – это электромагнитные волны с длиной волны от 770 до 380 нм ($1 \text{ нм} (1 \text{ нанометр}) = 10^{-9} \text{ м}$). Он входит в оптическую область электромагнитного спектра, который ограничен длинами волн от 10 до 340 000 нм. Кроме видимого света в оптическую область входит ультрафиолетовое излучение (длины волн от 10 до 380 нм) и инфракрасное (тепловое) излучение (от 770 до 340 000 нм).

С физической точки зрения любой источник света – это скопление множества возбужденных или непрерывно возбуждаемых атомов. Каждый отдельный атом вещества является генератором световой волны.

С физиологической точки зрения свет является возбудителем органа зрения человека (зрительного анализатора). Человеческий глаз различает семь основных цветов и более сотни их оттенков. Приблизительные границы длин волн (нм) и соответствующие им ощущения (цвета) следующие:

380-455 – фиолетовый	540-590 - желтый
455-470 – синий	590–610 - оранжевый
470–500 – голубой	610–770 – красный
500–540 – зеленый	

Наибольшая чувствительность органов зрения человека приходится на излучение с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет).

Введем основные световые величины, позволяющие количественно описать видимое излучение.

Часть лучистого потока, воспринимаемая органами зрения человека как свет, называется *световым потоком*, обозначается буквой Φ и измеряется в люменах (лм). С физической точки зрения световой поток – это мощность видимого излучения, т.е. световая энергия, излучаемая по всем направлениям за единицу времени. Но так как измерение светового потока основывается на зрительном восприятии, то световой поток – величина не только физическая, но и физиологическая.

Пространственную плотность светового потока называют *силой света* и измеряют в канделах (кд). Она характеризует неравномерность распространения светового потока в пространстве и определяется выражением:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}, \quad (8.1)$$

где $d\Phi$ – световой поток, исходящий от источника света и распространяющийся равномерно внутри элементарного телесного угла;

$d\Omega$ – величина элементарного телесного угла.

Единицей меры телесного угла является телесный угол, вырезающий из сферы (с центром в вершине угла) площадь,

равную площади квадрата, построенного на радиусе. Такой телесный угол называют стерадианом (ср). Полный телесный угол вокруг точки равен 4π ср, поэтому сила света точечного источника:

$$I = \frac{\Phi}{4\pi}. \quad (8.2)$$

Следующая светотехническая величина – это освещенность. *Освещенностью* поверхности E называется величина, измеряемая отношением светового потока $d\Phi$, падающего на поверхность dS , к величине поверхности dS , т. е.

$$E = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (8.3)$$

Освещенность измеряется в люксах (лк). Освещенность может быть выражена и через силу света. Так, для точечного источника света:

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}, \quad (8.4)$$

где I – сила света в направлении от источника на данную точку поверхности;

r – расстояние от светильника до поверхности;

α – угол между нормалью поверхности и направлением светового потока от источника.

Яркость используется для характеристики протяженного источника света, обладающего светящейся поверхностью dS . *Яркость* протяженного источника света L определяется отношением силы света в данном направлении dI к поверхности источника, видимой по этому направлению, либо отношением светового потока $d\Phi$ к произведению телесного угла $d\Omega$, внутри которого излучается поток, на видимую поверхность источника света:

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \varphi} = \frac{d\Phi}{d\Omega dS \cdot \cos \varphi}, \quad (8.5)$$

где φ – угол между нормалью к светящейся поверхности и глазом наблюдателя.

Яркость измеряется в $\text{кд}/\text{м}^2$.

Кроме перечисленных выше светотехнических величин используют *коэффициент отражения*, характеризующий способность поверхности отражать падающий на нее световой поток:

$$\rho = \frac{\Phi_{\text{отр}}}{\Phi_{\text{пад}}}, \quad (8.6)$$

где $\Phi_{\text{отр}}$ – отраженный от поверхности световой поток;

$\Phi_{\text{пад}}$ – падающий на поверхность световой поток.

Как следует из определения, ρ – безразмерная величина.

Рассмотренные светотехнические величины относятся к количественным показателям производственного освещения.

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное. *Естественное* освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света неба. С физиологической точки зрения естественное освещение наиболее благоприятно для человека. Естественное освещение в течение дня меняется в достаточно широких пределах в зависимости от состояния атмосферы (облачность).

Различают боковое естественное освещение – через световые проемы (окна) в наружных стенах и верхнее естественное освещение, при котором световой поток поступает через световые проемы, расположенные в верхней части (крыше) здания (аэрационные и зенитные фонари и т.д.). Если используется оба вида освещения, то оно называется комбинированным.

Для характеристики естественного освещения используется коэффициент естественной освещенности (КЕО):

$$KEO = \frac{E}{E_0} \cdot 100\%, \quad (8.7)$$

где E – освещенность на рабочем месте, лк;

E_0 – освещенность на улице (при среднем состоянии облачности), лк.

Величины КЕО для различных помещений лежат в пределах 0,1-12%.

Искусственное освещение осуществляется электрическими лампами или прожекторами. Оно может быть общим, местным или комбинированным. Общее предназначено для освещения всего производственного помещения. Местное при необходимости дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах. Сочетание местного и общего освещения называют комбинированным.

Если в светлое время суток уровень естественного освещения не соответствует нормам, то его дополняют искусственным. Такой вид освещения называют *совмещенным*.

По функциональному назначению различают следующие виды искусственного освещения: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное и дежурное [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятия «производственное освещение».
2. Назовите качественные и количественные световые величины, приведите соответствующие формулы.
3. Какие существуют виды производственного освещения?

Лекция 9. Создание требуемых условий освещения на рабочем месте

План лекции:

1. Виды искусственного освещения.
2. Источники искусственного освещения.
3. Нормирование производственного освещения.
4. Расчет светового потока от лампы или группы ламп.

Для создания наилучших условий для видения в процессе труда рабочие места должны быть нормально освещены. Требуемый уровень освещенности в первую очередь определяется точностью выполняемых работ и степенью опасности травмирования. Для характеристики точности выполняемых работ вводится понятие объекта различения – это наименьший размер рассматриваемого предмета, который необходимо различить в процессе работы.

Большое значение имеет характер фона, на котором рассматриваются объекты, т. е. поверхности, непосредственно прилегающей к объекту различения, и контраст объекта с фоном, который определяется соотношением яркостей рассматриваемых объекта и фона.

Количественно фон может быть охарактеризован коэффициентом отражения ρ светового потока от поверхности, образующей фон. Значение ρ лежит в пределах 0,02 – 0,95. Если оно превышает 0,4, то фон называется светлым, при $\rho = 0,2 – 0,4$ – средним, при $\rho < 0,2$ – темным.

Контраст объекта с фоном (K) определяется по формуле:

$$K = \frac{|L_0 - L_\phi|}{L_\phi}, \quad (9.1)$$

где L_{ϕ} и L_0 – яркость соответственно фона и объекта.

При $K > 0,5$ контраст объекта с фоном считается большим, при $K = 0,2-0,5$ – средним, при $K < 0,2$ – малым.

Большое значение имеет также равномерность распределения яркости на рабочей поверхности, отсутствие на ней резких теней, постоянство величины освещенности во времени и ряд других факторов.

Для создания искусственного освещения применяются различные электрические источники света: лампы накаливания и разрядные источники света. Кратко рассмотрим основные параметры электрических источников света. К числу наиболее важных из них относятся показатели, характеризующие излучение, электрический режим и конструктивные параметры.

Излучение электрических источников света характеризуется световым потоком, силой света (силой излучения), энергетической (световой) яркостью и ее распределением, распределением излучения по спектру, а также изменением этих величин в зависимости от времени работы на переменном токе. Для характеристики цвета излучения осветительных ламп дополнительно вводятся цветовые параметры.

Электрический режим характеризуется мощностью лампы, рабочим напряжением на лампе, напряжением питания, силой тока и родом тока (постоянный, переменный с определенной частотой и др.).

К конструктивным параметрам ламп относятся их габаритные и присоединительные размеры, высота светового центра, размеры излучающего света, форма колбы, ее оптические свойства (прозрачная, матированная, зеркализированная и т.д.), конструкция ввода и др.

К эксплуатационным параметрам электрических источников света относятся эффективность, надежность, экономичность и др.

Эффективность источника света определяется как энергетическим КПД преобразования электрической энергии в оптическое излучение, так и эффективным КПД лампы, который представляет собой долю энергии оптического излучения, превращаемую в эффективную энергию приемника (человеческого глаза), т. е. эффективная энергия приемника (человеческого глаза) представляет собой ту часть энергии оптического излучения, которая вызывает в зрительном анализаторе человека определенные ощущения.

Надежность источников оптического излучения характеризуют полным сроком службы или продолжительностью горения и полезным сроком службы, т. е. временем экономически целесообразной эксплуатации лампы. Обычно за эту характеристику выбирают время, в течение которого световой поток, излучаемый лампой, изменяется не более чем на 20%.

Источники света массового применения должны обладать *экономичностью*, за которую обычно принимают стоимость их эксплуатации, отнесенную к одному люмен-часу.

Для освещения производственных помещений используют либо лампы накаливания (источники теплового излучения), либо разрядные лампы.

К преимуществам ламп накаливания следует отнести простоту их изготовления, удобство в эксплуатации. Эти лампы включаются в электрическую сеть без использования каких-либо дополнительных устройств. Основные недостатки – небольшой срок службы ($\approx 2,5$ тыс. ч) и невысокая светоотдача. Кроме того, спектр ламп накаливания, в котором преобладают желтые и красные лучи, значительно отличается от спектра естественного (солнечного) света, что вызывает искажение цветопередачи и не позволяет использовать данные лампы для освещения тех работ, для которых требуется различение оттенков цветов.

Для освещения производственных помещений в настоящее время применяют лампы накаливания следующих типов: вакуумные (НВ), газонаполненные биспиральные (НБК), рефлекторные (НР), являющиеся лампами-светильниками (часть

колбы такой лампы покрыта зеркальным слоем), обладающие большой мощностью кварцевые галогенные лампы (КГ) и др.

Разрядные лампы также широко применяются для освещения производственных помещений. По сравнению с лампами накаливания они обладают повышенной световой отдачей, большим сроком службы (до 10 000 ч). Спектр их излучения близок к спектру естественного света.

К недостаткам разрядных ламп в первую очередь следует отнести пульсацию светового потока (периодическое его изменение при работе лампы), ухудшающую условия зрительной работы. Для стабилизации светового потока необходимо использовать дополнительную аппаратуру. Специальные пусковые устройства применяют для включения разрядных ламп. Кроме того, эти лампы при работе могут создавать радиопомехи, для подавления которых устанавливают фильтры. Все это приводит к повышению затрат при монтаже осветительной сети из разрядных ламп по сравнению с лампами накаливания.

Из разрядных источников света на промышленных предприятиях широко применяют различные люминесцентные лампы (ЛЛ), дуговые ртутные лампы (ДРЛ), рефлекторные дуговые ртутные лампы с отражающим слоем (ДРЛР) и ряд других.

За рубежом разработаны и используются для освещения компактные люминесцентные лампы. Особенностью этих разрядных ламп является то, что они предназначены для непосредственной замены ламп накаливания, так как снабжены стандартным резьбовым цоколем и могут вворачиваться в электрический патрон, как обыкновенные лампы накаливания. Компактные люминесцентные лампы дают большую экономию электроэнергии. Современные разрядные источники света постепенно вытесняют из обихода лампы накаливания. В развитых странах мира разрядные лампы создают более половины светового потока и предполагается, что в будущем эта доля будет возрастать.

Источники света располагаются в специальной осветительной

аппаратуре, основная функция которой – перераспределение светового потока лампы с целью повышения эффективности осветительной установки. Комплекс, состоящий из источника света и осветительной арматуры, называют светильником или осветительным прибором.

Нормирование освещенности производится в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». В соответствии с данным нормативным документом в зависимости от степени зрительного напряжения все работы делятся на восемь разрядов (I–VIII) и четыре подразряда (а, б, в, г).

Для определения величин нормированного естественного и искусственного освещения по табл. 1 СНиПа необходимо задать наименьший размер объекта различения, а также характеристику фона и контраст объекта с фоном. Предположим, выполняется работа средней точности.

Работа средней точности характеризуется тем, что размер наименьшего объекта различения лежит в пределах от 0,5 до 1 мм. Условимся, что в процессе зрительной работы фон и контраст объекта с фоном средний. По этим данным можно определить разряд и подразряд зрительной работы, а также нормированные величины освещения. При искусственном освещении величина комбинированной освещенности должна составлять 400 лк, а общей – 200 лк. Соответственно величина КЕО при верхнем или комбинированном естественном освещении должна быть равна 4%, а при боковом - 1,5%. Аналогичные характеристики при совмещенном освещении составят 2,4 и 0,9%.

Для определения норм освещенности можно воспользоваться СНиПа. Для определения норм освещенности необходимо задать характеристику помещения. Пусть, надо определить норму освещенности в учебной аудитории вуза. По соответствующей таблице СНиПа 23-05-95 находим, что освещенность доски в аудитории при искусственном освещении должна составлять 500 лк, а освещенность на рабочих столах и партах, расположенных на высоте 0,8 м от уровня пола, - 300 лк. Соответственно величина КЕО должна составлять 1,5% при

боковом освещении и 4% – при верхнем или комбинированном освещении.

Определив по СНиП 23-05-95 нормативную величину освещенности в помещении при использовании электрических источников света, необходимо рассчитать общую мощность электрической осветительной установки.

Для расчета искусственного освещения применяют метод светового потока, точечный метод и метод удельной мощности. Рассмотрим в качестве примера расчет с применением метода светового потока, который используется для определения общего равномерного освещения на горизонтальной поверхности.

Световой поток от лампы накаливания или группы разрядных ламп, образующих светильник, рассчитывают по формуле:

$$\Phi_n = \frac{100E_n SzK}{N\eta}, \quad (9.2)$$

где Φ_n – световой поток лампы или группы ламп, лм; N – число светильников в помещении, шт.; E_n – нормированная минимальная освещенность, лк; S – площадь освещаемого помещения, м²; z – коэффициент минимальной освещенности, равный отношению E_{cp}/E_{min} значение которого для ламп накаливания составляет 1,15, а для люминесцентных ламп – 1,1; k – коэффициент запаса, составляющий для ламп накаливания 1,3–1,6 и для разрядных ламп – 1,4–1,8; η – коэффициент использования светового потока ламп (справочные данные).

Рассчитав по формуле (9.2) световой поток лампы Φ_n , по справочнику подбирают ближайшую стандартную лампу, после чего определяют электрическую мощность всей осветительной системы.

Для правильной организации рабочих мест в производственном помещении требуется проводить расчеты коэффициентов естественной освещенности. КЕО рассчитывают при боковом освещении e_p^b или при верхнем e_p^6 , используя

следующие выражения:

$$e_p^\delta = \frac{(\varepsilon_\delta q + \varepsilon_{30} R) r_1 \tau_0}{k_3}, \quad (9.3)$$

$$e_p^\varepsilon = \frac{[\varepsilon_\varepsilon + \varepsilon_{cp} (r_2 k_\phi - 1)] \tau_0}{k_3}, \quad (9.4)$$

где ε_δ и ε_ε – соответственно геометрический КЕО в расчетной точке при боковом или верхнем освещении; q – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба; $\varepsilon_{3д}$ – геометрически учитывающий отражение света от противостоящих зданий; R – коэффициент, учитывающий относительную яркость противостоящих зданий; ε_{cp} – среднее значение геометрического КЕО; r_1 r_2 – коэффициенты, учитывающие повышение КЕО из-за отражения от поверхностей помещения; τ_0 – общий коэффициент светопропускания; k_3 – коэффициент запаса, находящийся в пределах 1,2–2,0; k_ϕ – коэффициент, учитывающий тип фонаря.

Все величины и коэффициенты, входящие в представленные формулы для определения КЕО, рассчитываются в соответствии СНиП 23-05-95.

Для измерения освещенности в производственных помещениях применяют приборы, называемые люксометрами. В отечественной практике наиболее часто применяют люксометры марок Ю-16, Ю-116, Ю-117. Эти приборы измеряют фототок, возникающий в цепи селенового фотоэлемента и соединенного с ним измерительного прибора под влиянием падающего на чувствительный слой светового потока. Чем больше световой поток, тем сильнее отклоняется стрелка прибора от нулевой точки. Прибор градуирован в люксах.

Для измерения яркости используют промышленно выпускаемый яркометр типа ФПЧ.

К средствам индивидуальной защиты органов зрения относятся различные защитные очки, щитки и шлемы. Все они должны защищать органы зрения от ультрафиолетового и инфракрасного излучений, повышенной яркости видимого

излучения и ряда других факторов. Указанные средства защиты снабжены специальными светофильтрами, которые подбираются в зависимости от характера и интенсивности излучения в соответствии с ГОСТ 12.4.080-79. Так, например, для газо- и электросварщиков используют светофильтры типа Г и Э, для защиты глаз работающих у сталеплавильных и доменных печей – светофильтры П и Д [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент естественного освещения (КЕО)?
2. Какие разновидности имеет искусственное освещение?
3. Охарактеризуйте источники искусственного освещения.
4. Как нормируется производственное освещение?
5. Как рассчитывается световой поток от лампы или группы ламп?
6. Как измеряется освещенность в производственном помещении?

Лекция 10. Производственный шум и вибрация, меры защиты от их воздействия. Инфразвук

План лекции:

1. Производственный шум и вибрация, основные понятия.
2. Физические параметры шума, вибрации.
3. Основные методы борьбы с шумом, инфра- и ультразвуком и вибрацией.

Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным уровнем шума и вибрации, негативно влияющих на состояние здоровья работающих. С точки зрения безопасности труда шум и вибрация – одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве, которые при определенных условиях

могут выступать как опасные производственные факторы. Кроме шумового и вибрационного воздействия, вредное влияние на человека в процессе труда могут оказывать инфразвуковые и ультразвуковые колебания.

Основные физические характеристики шума, вибрации, ультра- и инфразвука.

Шум – это сочетание звуков различной частоты и интенсивности. С физиологической точки зрения шумом называют любой нежелательный звук, оказывающий вредное воздействие на организм человека.

Звуковые колебания, воспринимаемые органами слуха человека, являются механическими колебаниями, распространяющимися в упругой среде (твердой, жидкой или газообразной).

Основным признаком механических колебаний является повторность процесса движения через определенный промежуток времени. Минимальный интервал времени, через который происходит повторение движения тела, называют *периодом колебаний* (T), а обратную ему величину – частотой колебаний (f). Эти величины связаны между собой простым соотношением:

$$f = \frac{1}{T}, \quad (10.1)$$

где f – частота колебаний в герцах (Гц);

T – период колебаний в секундах, с.

Таким образом, частота колебаний определяет число колебаний, произошедших за 1 секунду. Единица измерения частоты – герц (Гц), $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$.

Для характеристики колебаний используют также *циклическую частоту* (ω , с^{-1}), которая определяется как число колебаний, происходящих за 2π секунд. Между обычной и циклической частотами существует следующая связь:

$$\omega = 2\pi f. \quad (10.2)$$

Циклическая частота и период колебаний связаны следующим соотношением:

$$\omega = 2\pi / T. \quad (10.3)$$

Одним из наиболее частых видов колебаний, существующих в природе, являются гармонические колебания, описываемые уравнением:

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0), \quad (10.4)$$

где x – смещение тела от положения равновесия;
 ω – циклическая частота колебаний;
 t – время.

Максимальное значение смещения от положения равновесия (x_m) называется амплитудой колебания. Величина, стоящая под знаком косинуса, называется фазой гармонического колебания:

$$\varphi = \omega t + \varphi_0. \quad (10.5)$$

Фаза колебаний φ_0 в начальный момент времени $t = 0$ называется начальной фазой. Фаза колебания характеризуется величиной и направлением отклонения колебания от положения равновесия в зависимости от времени.

Колебания в упругой среде не ограничиваются центром возбуждения этих колебаний. Колеблющиеся частицы среды передают свою энергию соседним частицам. Процесс распространения колебаний в упругой среде называется *волной*. Каждая из частиц среды при этом колеблется около положения устойчивого равновесия. Поверхность, которая отделяет колеблющиеся частицы от частиц, пока еще не пришедших в колебательное движение, называют фронтом волны. Совокупность точек, колеблющихся в одинаковых фазах, образует волновую поверхность. Все точки фронта волны имеют нулевую

фазу. Отсюда следует, что фронт волны представляет собой одну из волновых поверхностей. Фронт волны расположен перпендикулярно к направлению распространения волны. По форме фронта волны различают плоские и сферические. Расстояние между двумя соседними частицами, находящимися в одинаковом режиме движения или в одинаковой фазе, называется длиной волны λ .

Источник звуковых колебаний, возбуждающий *плоские волны*, представляет собой плоскую поверхность, размер которой существенно больше длины волны. Фронты этих волн расположены параллельно плоскости возбуждения.

Сферическая волна создается маленьким по сравнению с длиной волны возбудителем колебаний – точечным источником звуковых колебаний. При очень большом (бесконечном) удалении источника звуковых колебаний сферические волны могут частично становиться плоскими.

Тип распространяющейся в звукопроводящем материале волны зависит от его вида и размеров, а также от длины волны. Рассмотрим важный с практической точки зрения случай распространения звуковых волн в неограниченных средах, размеры которых значительно больше длины волны. В этих средах распространяются продольные и поперечные волны. В продольной волне меняются местами зоны сжатия (области с повышенным давлением) и зоны растяжения (области с пониженным давлением). Поэтому другое название этих волн – волны сжатия (волны давления). Для этих волн направление колебания частиц совпадает с направлением распространения волны. В природе такой тип волн распространяется в твердых, жидких и газообразных средах, например, слышимый звук в воздухе.

Для поперечных волн направление колебания частиц перпендикулярно направлению распространения волны. Эти волны также носят название сдвиговых волн, так как вызывают в звукопроводящем материале сдвиг. Они могут распространяться только в твердой среде.

Скорость V распространения колебаний в пространстве называется скоростью волны. Связь между длиной волны λ , скоростью волны V и периодом колебания T определяется выражением:

$$\lambda = VT, \quad (10.6)$$

откуда $V = \frac{\lambda}{T}$. (10.7)

Учитывая, что частота колебания связана с периодом соотношением (10.7), скорость волны можно выразить через частоту:

$$V = \lambda f.$$

Скорость распространения звуковых волн в газообразной среде (идеальный газ) определяется выражением:

$$C_{\text{газ}} = \sqrt{X(P/\rho)}, \quad (10.8)$$

где X – показатель адиабаты (постоянная величина, для воздуха равная 1,41);

P – давление газа;

ρ – плотность газа.

По современным измерениям скорость звука в воздухе при нормальных условиях равна 331 м/с.

Звуковые волны переносят энергию. Для характеристики среднего потока энергии в какой-либо точке среды вводят понятие интенсивности звука – это количество энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени через единицу площади поверхности, нормальной (расположенной под углом 90°) к направлению распространения волны. Интенсивность звука выражается следующим образом:

$$I = \frac{P^2}{\rho C}, \quad (10.9)$$

где I – интенсивность звука, Вт/м²;
 P – звуковое давление (разность между мгновенным значением полного давления и средним значением давления, которое наблюдается в среде при отсутствии звукового поля). Па;
 ρ – плотность среды, кг/м³;
 C – скорость звука в среде, м/с.

Сила воздействия звуковой волны на барабанную перепонку человеческого уха и вызываемое ею ощущение громкости зависят от звукового давления. Звуковое давление – это дополнительное давление, возникающее в газе или жидкости при нахождении там звуковой волны.

В природе величины звукового давления и интенсивности звука, генерируемые различными источниками шума, меняются в широких пределах: по давлению – до 10⁸ раз, а по интенсивности – до 10¹⁶ раз. В соответствии с законом Вебера – Фехнера прирост силы ощущения анализатора человека, в том числе и слухового, пропорционален логарифму отношения энергий двух сравниваемых раздражений. Поэтому для характеристики уровня шума используют не непосредственно значения интенсивности звука и звукового давления, которыми неудобно оперировать, а их логарифмические значения, называемые уровнем интенсивности звука или уровнем звукового давления.

Уровень интенсивности звука определяют по формуле:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (10.10)$$

где L_I – уровень интенсивности в децибелах (дБ);
 I – интенсивность звука, Вт/м²;
 I_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости человеческого уха (I_0 – постоянная величина; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² на частоте 1000 Гц).

Человеческое ухо, а также многие акустические приборы реагируют не на интенсивность звука, а на звуковое давление, уровень которого определяется по формуле:

$$L_p = 101g\left(\frac{P^2}{P_0^2}\right) = 201g\left(\frac{P}{P_0}\right), \quad (10.11)$$

где P – звуковое давление. Па;

P_0 – пороговое звуковое давление (P_0 – постоянная величина, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц).

Связь между уровнем интенсивности и уровнем звукового давления определяется следующим выражением:

$$L_I = 101g \frac{I}{I_0} = 101g [P^2 \rho_0 C_0 / P_0^2 \rho C] = 101g \left(\frac{P^2}{P_0^2}\right) + 101g \left[\frac{\rho_0 C_0}{\rho C}\right] = L_p + 101g \left[\frac{\rho_0 C_0}{\rho C}\right], \quad (10.12)$$

где ρ_0 и C_0 – соответственно плотность среды и скорость звука при нормальных атмосферных условиях, т. е. при $t = 20$ °С и $P_0 = 10^5$ Па;

ρ и C – плотность среды и скорость звука в условиях измерения.

При распространении звука в нормальных атмосферных условиях $L_I = L_p$. При расчетах уровня шума используют величину интенсивности звука, а для оценки воздействия шума на человека – уровень звукового давления.

Человеческое ухо воспринимает как слышимые колебания, лежащие в пределах от 20 до 20 000 Гц. Звуковой диапазон принято подразделять на низкочастотный (20 – 400 Гц), среднечастотный (400 – 1000 Гц) и высокочастотный (свыше 1000 Гц). Звуковые волны с частотой менее 20 Гц называются инфразвуковыми, а с частотами более 20 000 Гц – ультразвуковыми. Инфразвуковые и ультразвуковые колебания органами слуха человека не воспринимаются.

Ультразвуковой диапазон частот делится на два поддиапазона – низкочастотный (20–100 кГц) и высокочастотный (100 кГц–1000 МГц). Ультразвуки весьма сильно поглощаются газами и во много раз слабее – жидкостями. Так, например, коэффициент поглощения ультразвука в воздухе приблизительно в 1000 раз больше, чем в воде. Ультразвуки применяются в промышленности для контрольно-измерительных целей (дефектоскопия, измерение толщины стенок трубопроводов и др.), а также для осуществления и интенсификации различных технологических процессов (очистка деталей, сварка, пайка, дробление и т.д.). Ультразвуки ускоряют протекание процессов диффузии, растворения и химических реакций.

Инфразвук – это область акустических колебаний в диапазоне ниже 20 Гц. В производственных условиях инфразвук, как правило, сочетается с низкочастотным шумом, а в ряде случаев и с низкочастотной вибрацией. Источниками инфразвука в промышленности являются компрессоры, дизельные двигатели, вентиляторы, реактивные двигатели, транспортные средства и др.

Характеристиками ультразвуковых и инфразвуковых колебаний, как и в случае звуковых волн, являются уровень интенсивности (Вт/м^2), уровень звукового давления (Па) и частота (Гц).

Действие шума, ультра- и инфразвука, а также вибрации на организм человека. Звуки очень большой силы, уровень которых превышает 120 - 130 дБ, вызывают болевое ощущение и повреждения в слуховом аппарате (акустическая травма).

Разрыв барабанных перепонок в органах слуха человека происходит под воздействием шума, уровень звукового давления которого составляет ≈ 186 дБ. Воздействие на организм человека шума, уровень которого около 196 дБ, приведет к повреждению легочной ткани (порог легочного повреждения).

Однако не только сильные шумы, приводящие к мгновенной глухоте или повреждению органов слуха человека, вредно отражаются на здоровье и работоспособности людей. Шумы небольшой интенсивности, порядка 50 – 60 дБА (в дБА

выражается уровень шума, замеренный по шкале А шумомера), негативно воздействуют на нервную систему человека, вызывают бессонницу, неспособность сосредоточиться, что ведет к снижению производительности труда и повышает вероятность возникновения несчастных случаев на производстве. Если шум постоянно действует на человека в процессе труда, то могут возникнуть различные психические нарушения, сердечно - сосудистые, желудочно-кишечные и кожные заболевания, тугоухость.

Последствия воздействия шума небольшой интенсивности на организм человека зависят от ряда факторов, в том числе возраста и состояния здоровья работающего, вида трудовой деятельности, психологического и физического состояния человека в момент действия шума и ряда других факторов. Шум, производимый самим человеком, обычно не беспокоит его. В отличие от этого посторонние шумы часто вызывают сильный раздражающий эффект. Если сравнивать шумы с одинаковым уровнем звукового давления, то высокочастотные шумы ($f > 1000$ Гц) более неприятны для человека, чем низкочастотные ($f < 400$ Гц). В ночное время шум с уровнем 30 – 40 дБА является серьезным беспокоящим фактором.

При постоянном воздействии шума на организм человека могут возникнуть патологические изменения, называемые шумовой болезнью, которая является профессиональным заболеванием.

Инфразвук также оказывает негативное влияние на органы слуха, вызывая утомление, чувство страха, головные боли и головокружения, а также снижает остроту зрения. Особенно неблагоприятно воздействие на организм человека инфразвуковых колебаний с частотой 4 – 12 Гц.

Вредное воздействие ультразвука на организм человека выражается в нарушении деятельности нервной системы, снижении болевой чувствительности, изменении сосудистого давления, а также состава и свойств крови. Ультразвук передается либо через воздушную среду, либо контактным путем через

жидкую и твердую среду (действие на руки работающих). Контактный путь передачи ультразвука наиболее опасен для организма человека.

Воздействие вибрации на организм человека. Вибрация - это совокупность механических колебаний, простейшим видом которых являются гармонические. В ГОСТе 24346-80 «Вибрация. Термины и определения» вибрация определяется как движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений по крайней мере одной координаты. Вибрацию вызывают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе различных машин и механизмов. Примером таких устройств могут служить ручные перфораторы, кривошипно-шатунные механизмы и другие, детали которых совершают возвратно-поступательные движения. Вибрацию также создают неуравновешенные вращающиеся механизмы (электродрели, ручные шлифовальные машины, металлообрабатывающие станки, вентиляторы и т.д.), а также устройства, в которых движущиеся детали совершают ударные воздействия (зубчатые передачи, подшипники и т.д.). В промышленности также используются специальные вибрационные установки, в частности, при уплотнении бетонных смесей, при дроблении, измельчении и сортировке сыпучих материалов, при разгрузке транспортных средств и в ряде других случаев.

Если вибрирующая система совершает гармонические колебания, то для ее описания используют следующие характеристики:

- амплитуду виброперемещения, т. е. наибольшее отклонение колеблющейся точки от положения равновесия, X_m , м;
- колебательную скорость, или виброскорость, a_m , м/с;
- ускорение колебаний, или виброускорение, V_m , м/с²;
- период колебаний, T , с;
- частоту колебаний, f , гц.

Если вибрации имеют несинусоидальный характер, то их можно представить в виде суммы синусоидальных

(гармонических) составляющих с помощью разложения в ряд Фурье.

Значения виброскорости и виброускорения для различных источников изменяются в очень широких пределах, поэтому, как и для шума, удобнее пользоваться их логарифмическими характеристиками. Так, логарифмический уровень виброскорости (или просто уровень виброскорости) определяется по формуле:

$$L_v = 201g \frac{V}{V_0}, \quad (10.13)$$

где L_v – уровень виброскорости, дБ;
 V – колебательная скорость, м/с;
 V_0 – пороговое значение колебательной скорости, стандартизованное в международном масштабе ($V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с).

По аналогии логарифмический уровень виброускорения может быть определен следующим образом:

$$L_a = 201g \frac{a}{a_0}, \quad (10.14)$$

где L_a – уровень виброускорения, дБ;
 a – ускорение колебаний, м/с²;
 a_0 – пороговое значение ускорения колебаний, стандартизованное в международном масштабе ($a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$ м²/с).

Необходимо различать общую и местную вибрации. Общая вибрация действует на весь организм в целом, а местная – только на отдельные части его (верхние конечности, плечевой пояс, сосуды сердца).

При воздействии общей вибрации наблюдаются нарушение сердечной деятельности, расстройство нервной системы, спазмы сосудов, изменения в суставах, приводящие к ограничению подвижности. Если частоты колебания рабочих мест совпадают с собственными частотами колебаний внутренних органов человека

(явление резонанса), то возможно механическое повреждение данных органов вплоть до разрыва.

Для большинства внутренних органов человека частоты собственных колебаний составляют 6 – 9 Гц.

При действии на руки работающих местной вибрации (вибрирующий инструмент) происходит нарушение чувствительности кожи, окостенение сухожилий, потеря упругости кровеносных сосудов и чувствительности нервных волокон, отложение солей в суставах кистей рук и пальцев и другие негативные явления. Длительное воздействие вибрации приводит к профессиональному заболеванию – вибрационной болезни, эффективное лечение которой возможно лишь на начальной стадии ее развития.

Рассмотрим вопросы, связанные с нормированием шума, инфра- и ультразвук, вибрации.

Шум нормируется на рабочих местах согласно ГОСТу 12.1.003-83 и СН № 3223-85 «Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах». В указанных нормативных документах предусмотрены два метода нормирования шума: по предельному спектру шума и по интегральному показателю – эквивалентному уровню шума в дБА. Выбор метода нормирования в первую очередь зависит от временных характеристик шума. По этим характеристикам все шумы подразделяются на постоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБА, и непостоянные, аналогичная характеристика которых изменяется за рабочий день более чем на 5 дБА.

Нормирование по предельному спектру шума является основным для постоянных шумов. *Предельный спектр шума* – это совокупность нормативных значений звукового давления на следующих стандартных среднегеометрических частотах: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Сокращенно предельные спектры шума обозначаются ПС (предельный спектр) с указанием допустимого уровня звукового давления на частоте 1000 Гц, например: ПС-45, ПС-55, ПС-75 и

др. Постоянный шум на рабочих местах не должен превышать нормированных уровней, представленных в ГОСТе 12.003-83.

Существует и другой метод нормирования шума, устанавливающий предельно допустимые уровни как постоянного, так и непостоянного шума. Он основан на измерении шума по стандартной шкале А шумомера. Эта шкала имитирует частотную чувствительность человеческого уха. Уровень шума, измеренный по шкале А шумомера, обозначается дБА. Постоянные шумы предпочтительно характеризовать по предельному спектру шума, а непостоянные – только в дБА.

Определение предельных значений инфразвука. Чаще всего в условиях производства инфразвук сочетается с низкочастотным шумом и вибрацией. Как и в случае шума, инфразвук измеряется шумомерами.

Инфразвук подразделяется на постоянный, уровень звукового давления которого, измеренного по стандартной шкале «линейная» шумомера, изменяется не более чем на 10 дБ за время наблюдения 1 мин, и непостоянный, аналогичная характеристика которого изменяется не менее чем на 10 дБ за тот же период наблюдения.

Для постоянного инфразвука нормируется уровень звукового давления на частотах 2, 4, 8, 16 и 31,5 Гц, а для непостоянного – общий уровень звукового давления по стандартной шкале «линейная» шумомера, дБ.

Допустимый уровень ультразвука нормируется в соответствии с ГОСТом 12.1.003-83 и Санитарными нормами № 2282-80. Полные названия этих нормативных документов: ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности» и СН № 2282-80 «Санитарные нормы и правила при работе с оборудованием, создающим ультразвук, передаваемый локальным путем на руки работающих».

Весь ультразвуковой диапазон частот принято подразделять на низкочастотный с частотой колебаний до 100 кГц и высокочастотный (от 100 до 1 000 000 кГц). Низкочастотные колебания распространяются как воздушным, так и контактным

путем, а высокочастотные – только контактным. Для низкочастотных ультразвуковых колебаний в соответствии с названными выше нормативными документами также установлены предельные значения звукового давления на рабочих местах.

Если ультразвуковые колебания передаются на руки и другие части тела работающих контактным путем, то уровень звукового давления не должен превышать 110 дБ.

Как было сказано выше, различают общую вибрацию, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную (местную), передающуюся через руки человека.

В зависимости от источника возникновения выделяют три категории вибрации:

- транспортная;
- транспортно-технологическая;
- технологическая.

Вибрацию нормируют в соответствии с ГОСТом 12.1.012-78 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности», а также в соответствии с СН № 3044-84 «Санитарные нормы вибрации рабочих мест» (общая вибрация) и СН № 3041-84 «Санитарные нормы и правила при работе с машинами и оборудованием, создающими локальную вибрацию, передающуюся на руки работающих».

Для каждой из трех категорий вибрации нормируют величины виброскорости и виброускорения как в линейных единицах (м/с и м/с²), так и в логарифмических (дБ) в зависимости от частоты вибрации. Общая вибрация нормируется в диапазоне частот 0,8 – 80 Гц, а местная (локальная) – в диапазоне частот 8 – 1000 Гц. Обычно вибрация включает как горизонтальную, так и вертикальную составляющие, поэтому при ее нормировании учитывают направление действия вибрации. При этом используют следующие обозначения: Z – вертикальная ось, а X и Y – горизонтальные оси.

Основные методы борьбы с шумом, инфра- и ультразвуком и вибрацией

Причиной возникновения шумов являются различные механические, аэродинамические и электромагнитные явления. Механические шумы возникают при работе различных машин и механизмов и вызваны трением и соударениями составляющих их деталей, ударными процессами, используемыми в производстве (ковка, штамповка) и рядом других факторов. Аэродинамические и гидродинамические шумы возникают при течении газов и жидкостей. Электромагнитные шумы обычно сопровождают работу различных электрических установок. Перечислим основные способы, используемые для снижения шума в производственных помещениях.

Наиболее рациональный способ уменьшения шума – снижение звуковой мощности его источника (машины, установки, агрегата и т.д.). Уровень звуковой мощности (L_p) рассчитывается по следующей формуле:

$$L_p = 10L \lg P/P_0, \quad (10.15)$$

где P – звуковая мощность, Вт;
 P_0 – пороговая звуковая мощность, равная 10^{-12} Вт;
 L_p – уровень звуковой мощности, дБ.

Этот способ борьбы с шумом носит название *уменьшения шума в источнике его возникновения*. Снижение механических шумов достигается: улучшением конструкции машин и механизмов, заменой деталей из металлических материалов на пластмассовые, заменой ударных технологических процессов на безударные (например, клепку рекомендуется заменять сваркой, штамповку – прессованием и т.д.), применением вместо зубчатых передач в машинах и механизмах других видов передач (например, клиноременных) или использованием зубчатых передач, не издающих громких звуков (например, при

использовании не прямозубых, а косозубых или шевронных шестерен), нанесением смазки на трущиеся детали и рядом других мероприятий.

Аэродинамические и гидродинамические шумы сопровождают течение жидкости или газа. Эти шумы также возникают при работе вентиляторов, компрессоров, газовых турбин, двигателей внутреннего сгорания, при выпуске пара или воздуха в атмосферу, при вращении винтов самолета, при работе насосов для перекачки жидкостей и др.

Для уменьшения аэродинамических и гидродинамических шумов рекомендуются снижение скорости обтекания газовыми или воздушными потоками препятствий, улучшение аэродинамики тел, работающих в контакте с потоками; снижение скорости истечения газовой струи и уменьшение диаметра отверстия, из которого эта струя истекает; выбор оптимальных режимов работы насосов для перекачивания жидкостей; правильное проектирование и эксплуатация гидросистем и ряд других мероприятий. Часто не удастся уменьшить аэродинамические шумы в источнике их возникновения, поэтому приходится использовать другие методы борьбы с этими шумами (применение звукоизоляции источника, установка глушителей).

Для борьбы с шумами электромагнитного происхождения рекомендуется тщательно уравнивать вращающиеся детали электромашин (ротор, подшипники), осуществлять тщательную притирку щеток электродвигателей, применять плотную прессовку пакетов трансформаторов и т.д.

Следующим способом снижения шума является *изменение направленности его излучения*. Этот способ применяется в том случае, когда работающее устройство (машина, агрегат, установка) направленно излучает шум.

Если на территории предприятия расположен один или несколько шумных цехов, то их рекомендуется сосредоточить в одном-двух местах, максимально удаленных от остальных производств. При расположении предприятия на территории города шумные производства должны находиться на

значительном удалении от жилых домов. Это мероприятие по борьбе с шумом называется *рациональной планировкой предприятий и цехов*.

Следующий способ борьбы с шумом связан с *уменьшением звуковой мощности по пути распространения шума (звукоизоляция)*. Практически это достигается использованием звукоизолирующих ограждений, звукоизолирующих кабин и пультов управления, звукоизолирующих кожухов и акустических экранов.

К звукоизолирующим ограждениям относятся стены, перекрытия, перегородки, остекленные проемы, окна, двери. Основная количественная характеристика эффективности звукоизолирующих свойств ограждений – коэффициент звукопроницаемости τ (безразмерная величина), который может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\tau = \frac{I_{np}}{I_{над}} = \frac{P_{np}}{P_{над}}, \quad (10.16)$$

где I_{np} и $I_{над}$ – интенсивности прошедшего через ограждение и падающего звука, Вт/м²;

P_{np} и $P_{над}$ – звуковое давление прошедшего через ограждение и падающего звука, Па.

Используется и другая величина, называемая звукоизолирующей способностью ограждения (R , дБ). Она находится из следующего выражения:

$$R = 101g \frac{1}{\tau}. \quad (10.17)$$

Для практических расчетов звукоизолирующей способности однослойных ограждений применяется формула:

$$R = 20 \text{ Lg} (m_{of}) - 47,5, \quad (10.18)$$

где m_0 – масса 1 м² ограждения, кг;
 f – частота звука, Гц.

Из формулы (10.18) следует, что звукоизолирующая способность конструкции тем выше, чем больше ее поверхностная плотность (чем тяжелее материал, из которого изготовлена конструкция). Кроме того, звукоизолирующие свойства ограждения возрастают с повышением частоты звука. Но пользоваться формулой (10.18) для расчета R следует со значительной долей осторожности, так как в ней не учтено влияние жесткости и размеров ограждения. Для корректного расчета R необходимо пользоваться методиками, изложенными в специальной литературе. Например, пособием для расчета может служить специальный справочник «Средства защиты в машиностроении»/ Под ред. С.В.Белова. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.

Звукоизолирующими кожухами обычно полностью закрывают издающее шум устройство (машину, агрегат, установку и т.д.). Кожухи изготавливают из листового металла (сталь, дюралюминий и т.д.) или пластмассы. Как и в случае звукоизолирующих ограждений, кожухи более эффективно снижают уровень шума на высоких частотах, чем на низких. Так, например, стальной кожух с размером стенки 4х4 м и толщиной стенки 1,5–2 мм обеспечивает снижение шума на частоте $f=63$ Гц на 21 дБ, а на частоте $f=4000$ Гц – на 50 дБ.

Звукоизолирующие кабины применяют для размещения пультов управления и рабочих мест в шумных цехах. Их изготавливают из кирпича, бетона и подобных материалов или из металлических панелей.

Акустические экраны представляют собой конструкцию, изготовленную из сплошных твердых листов (металлических и т.п.) толщиной 1,5 – 2 мм, с покрытой звукопоглощающим материалом поверхностью. Эти экраны устанавливаются на пути распространения звука. За ними возникает зона звуковой тени.

Основной акустический эффект (снижение уровня шума) достигается в результате отражения звука от этих конструкций.

В производственных помещениях уровень звука существенно повышается из-за отражения шума от строительных конструкций и оборудования. Для снижения уровня отраженного звука применяют специальную акустическую обработку помещения с использованием средств звукопоглощения, к которым относятся звукопоглощающие облицовки и штучные звукопоглотители. Как следует из названия этих материалов, они не отражают шум, а поглощают его. При этом колебательная энергия звуковой волны переходит в тепловую (диссипирует) вследствие потерь на трение в звукопоглотителе. Для звукопоглощения используют пористые материалы (т.е. материалы, обладающие несплошной структурой), так как потери на трение в них наиболее значительны. (И наоборот, звукоизолирующие конструкции, отражающие шум, изготавливают из массивных, твердых и плотных материалов).

Звукопоглощающими называют материалы, у которых величина α превышает 0,2. Примером этих материалов могут служить плиты и маты из минеральной ваты, базальтового и стеклянного волокна, акустические плиты с зернистой или волокнистой структурой типа «Акмигран», «Акминит», «Силак-пор» и др.

Штучные звукопоглотители представляют собой объемные звукопоглощающие тела, изготовленные в виде конуса, куба, параллелепипеда и подвешенные к потолку помещения.

Способы *борьбы с аэродинамическим шумом*. Для этого используют устройства, называемые глушителями шума. Различают абсорбционные, реактивные и комбинированные глушители. В первом из них затухание аэродинамического шума происходит в порах звукопоглощающих материалов, заполняющих глушитель.

Реактивные глушители отражают звуковую энергию обратно к источнику. В комбинированных глушителях снижение шума достигается за счет сочетания поглощения и отражения звука.

Некоторые способы *защиты от инфразвука* аналогичны способам защиты от шума. К ним следует отнести снижение уровня инфразвука в его источнике, увеличение жесткости колеблющихся конструкций, применение глушителей реактивного типа.

Вместе с тем такие известные методы борьбы с шумом, как звукоизоляция и звукопоглощение, малоэффективны при инфразвуке. Значительно более эффективный подход – борьба с инфразвуком в источнике его возникновения.

Как известно, одним из основных промышленных источников инфразвука являются различные тихоходные машины, число рабочих циклов которых не превышает 20 в секунду (двигатели внутреннего сгорания, компрессоры, вентиляторы и т.д.).

Если существует техническая возможность повышения быстроходности этих машин, то возможно обеспечить перевод максимума их звуковой мощности в диапазон слышимых частот, после чего применяют описанные выше методы борьбы с шумом. Для *снижения или исключения вредного воздействия ультразвука*, передающегося воздушным путем, ультразвуковые установки рекомендуется размещать в специальных помещениях, используя для проведения технологических процессов на них системы дистанционного управления. Большой эффект дает автоматизация этих установок.

Более экономичный способ защиты от воздействия ультразвука заключается в использовании звукоизолирующих кожухов, которыми закрываются ультразвуковые установки, или экранов, располагающихся на пути распространения ультразвука. Эти экраны изготавливают из листовой стали или дюралюминия, пластмассы (гетинакса) либо из специальной резины. Например, применение кожухов на некоторых ультразвуковых установках позволяет снизить уровень ультразвука на 60 – 80 дБ.

Основные методы защиты от вибрации делятся на две большие группы:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения;

- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника.

Для того чтобы снизить вибрацию в источнике ее возникновения, необходимо уменьшить действующие в системе переменные силы. Это достигается заменой динамических технологических процессов статическими (например, ковку и штамповку рекомендуется заменять прессованием, операцию ударной правки – вальцовкой, пневматическую клепку – сваркой и т.д.). Рекомендуется также тщательно выбирать режимы работы оборудования, чтобы вибрация была минимальной. Большой эффект дает тщательная балансировка вращающихся механизмов, применение специальных редукторов с низким уровнем вибрации и другие мероприятия.

Важно, чтобы собственные частоты вибрации агрегата или установки не совпадали с частотами переменных сил, вызывающих вибрацию. В противном случае может возникнуть резонанс, в результате чего резко увеличится амплитуда колебаний (виброперемещение) устройства, что может привести к его поломке или разрушению. Исключить резонансные режимы работы оборудования и тем самым снизить уровень вибрации можно либо путем изменения массы и жесткости вибрирующей системы, либо установлением нового режима работы агрегата.

Следующий метод защиты от вибрации называется вибродемпфированием (вибропоглощением), под которым понимают превращение энергии механических колебаний системы в тепловую. Это достигается использованием в конструкциях вибрирующих агрегатов специальных материалов (например, сплавов систем медь – никель, никель – титан, титан – кобальт), применением двухслойных материалов типа сталь – алюминий, сталь – медь. Хорошей вибродемпфирующей способностью обладают и традиционные материалы: пластмассы, дерево, резина. Значительный эффект достигается при нанесении на колеблющиеся детали вибропоглощающих покрытий. Пример таких покрытий – различные упруговязкие материалы, такие, как пластмасса или резина, а также различные мастики. Известными

вибропоглощающими мастиками являются так называемые «Антивибриты» («Антивибрит-2», «Антивибрит-3»), изготавливаемые на основе эпоксидных смол.

Виброгашение, или динамическое гашение, колебаний достигается в первую очередь установкой вибрирующих машин и механизмов на прочные массивные фундаменты. Массу фундамента рассчитывают таким образом, чтобы амплитуда колебаний его подошвы была в пределах 0,1 – 0,2 мм, а для особо важных сооружений – 0,005 мм.

Если какой-либо агрегат колеблется с определенной частотой, то снизить его вибрацию можно установкой на агрегат динамического виброгасителя – самостоятельной колебательной системы, обладающей массой m и жесткостью q .

Достаточно эффективным способом защиты является виброизоляция, которая заключается в уменьшении передачи колебания от вибрирующего устройства к защищаемому объекту помещением между ними упругих устройств. Эти устройства называются виброизоляторами.

В качестве виброизоляторов используют пружинные опоры либо упругие прокладки из резины, пробки и т.д. Возможно использование сочетания этих устройств (комбинированные виброизоляторы).

Для уменьшения вибрации ручного инструмента его ручки выполняются с использованием упругих элементов – виброизоляторов, снижающих уровень вибрации.

Рассмотренные выше методы защиты от шума, инфра- и ультразвука, а также от вибрации относятся к коллективным методам защиты.

К средствам индивидуальной защиты от шума относятся противозумные вкладыши, наушники и шлемы. Противозумные вкладыши вставляют в слуховой канал и перекрывают его. В зависимости от частоты они обеспечивают снижение уровня шума на 5 – 20 дБ. Их изготавливают из специального ультратонкого волокна, а также из резины или эбонита. Это наиболее дешевые и

компактные индивидуальные средства защиты слуха человека, однако они могут вызвать раздражение слухового прохода.

Акустические характеристики противошумных наушников более эффективны, чем вкладышей. В зависимости от частоты они обеспечивают снижение шума на 7 – 47 дБ. Наиболее эффективно наушники обеспечивают защиты на высоких частотах.

При очень высоких уровнях шума (более 120 дБ) применяют шлемы.

В качестве индивидуальных средств защиты от контактного действия ультразвука можно рекомендовать применение специальных инструментов с изолированными ручками (покрытыми пористой резиной или поролоном), а также использовать резиновые перчатки.

К средствам индивидуальной защиты от вибраций относятся специальные рукавицы, перчатки и прокладки. Для защиты ног используют виброзащитную обувь, снабженную прокладками из упругодемпфирующих материалов (пластмассы, резины или войлока).

С целью профилактики вибрационной болезни персонала, работающего с вибрирующим оборудованием, необходимо строго соблюдать режимы труда и отдыха, чередуя при этом рабочие операции, связанные с воздействием вибрации, и без нее.

Для измерения уровня шума, инфра- и ультразвука, а также вибрации используют различные приборы, позволяющие определять основные характеристики виброакустических факторов.

В шумомерах, например, используют конденсаторные или пьезоэлектрические микрофоны, преобразующие звуковые колебания в электрические, которые затем усиливаются, проходят через корректирующие фильтры (анализатор частоты) и выпрямитель и поступают на прибор – регистратор.

Среди приборов для измерения шума можно указать ВШВ-003, позволяющий проводить измерения в частотном диапазоне 10 – 20 000 Гц (уровень измеряемого звука 25 – 140 дБ), и ШВК-1 с

фильтрами ФЭ-2 (уровень измеряемого звука 30 – 140дБ в частотном диапазоне 2 – 40 000 Гц.). Как следует из их частотных характеристик, эти приборы захватывают и инфразвуковой диапазон [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятий «шум», «ультразвук», «инфразвук», «вибрация».
2. Какими физическими параметрами характеризуется шум?
3. Какими физическими параметрами характеризуются ультразвуковые и инфразвуковые колебания?
4. Каково действие шума, ультра- и инфразвука, а также вибрации на организм человека?
5. В чем заключается нормирование шума, ультра- и инфразвука, а также вибрации?
6. Основные методы защиты от воздействия шума, ультра- и инфразвука, вибрации.
7. Что такое звукоизоляция, звукопоглощение?
8. Что такое виброизоляция?
9. Что такое глушители шума? Для защиты от каких шумов их используют?
10. Назовите индивидуальные средства защиты от шума, ультразвука и вибрации.
11. Какими приборами измеряют шум, ультра- и инфразвук, а также вибрацию?

Лекция 11. Электромагнитные поля, их воздействие на организм человека, методы защиты

План лекции:

1. Электромагнитные поля и излучения, основные понятия, источники.
2. Характеристики электромагнитных полей и излучений.
3. Основные методы защиты от электромагнитных излучений.

Электромагнитные волны (ЭМВ) - это взаимосвязанное распространение в пространстве изменяющихся электрического и магнитного полей. ЭМВ возникают при ускоренном движении электрических зарядов. Совокупность этих полей, неразрывно связанных друг с другом, называется электромагнитным полем (ЭМП). Несмотря на то, что длина ЭМВ и их свойства различны, все они, начиная от радиоволн и заканчивая гамма-излучением, – одной физической природы. Исследованный в настоящее время диапазон ЭМВ состоит из волн с длинами, соответствующими частотам от 10^3 до 10^{24} Гц. По мере убывания длины волны в диапазон включаются радиоволны, инфракрасное излучение, видимый свет (световые лучи), ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и гамма-излучение.

Источниками ЭМП являются атмосферное электричество, космические лучи, излучение солнца, а также искусственные источники.

В зависимости от длины волны электромагнитное излучение делят на ряд диапазонов.

Скорость распространения ЭМВ в вакууме не зависит от длины волны и равна: $C = 2,997925 \cdot 10^8$ м/с.

ЭМВ, распространяясь в неограниченном пространстве со скоростью света, создает переменное электромагнитное поле, которое способно воздействовать на заряженные частицы и токи, в результате чего происходит превращение энергии поля в другие виды энергии. Как было сказано выше, переменное ЭМП представляет собой совокупность магнитного и электрического полей, количественной характеристикой которых являются напряженность электрического поля E (размерность – вольт на метр, или В/м) и напряженность магнитного поля H (размерность – ампер на метр, или А/м).

Величины E и H – векторные, их колебания происходят во взаимоперпендикулярных плоскостях.

При распространении в воздухе или в вакууме $E = 377 H$. Плотность потока энергии (I) может быть записана (в векторной форме) как $\vec{I} = \vec{E}\vec{H}$. Эти величины показывают, какое количество энергии протекает за 1 с через площадку, расположенную перпендикулярно движению волны.

Если сформировавшаяся ЭМВ имеет сферическую форму, то справедливо следующее равенство:

$$I = \frac{P_{\text{ист}}}{4\pi r^2} = \vec{E}\vec{H} = \frac{E^2}{377}, \quad (11.1)$$

где $P_{\text{ист}}$ – мощность источника излучения, Вт;
 r – расстояние от источника излучения, м.

Откуда можно определить напряженность электрического поля:

$$E = \frac{\sqrt{30P_{\text{ист}}}}{r}. \quad (11.2)$$

Начиная от источника излучения, всю область распространения ЭМВ условно делят на три зоны: ближнюю, промежуточную и дальнюю. Радиус ближней зоны приблизительно составляет 1/6 волны от источника излучения, а

дальняя зона начинается на расстоянии, равном примерно 6 длинам волн; промежуточная зона находится между ними.

Переменные ЭМП способны оказывать негативное воздействие на организм человека, последствия которого зависят от напряженности электрического и магнитного полей, частоты излучения, плотности потока энергии, размера облучаемой поверхности тела человека и индивидуальных способностей его организма. Ткани человеческого организма поглощают энергию ЭМП, в результате этого происходит нагрев тела человека. Интенсивнее всего ЭМП воздействуют на органы и ткани с большим содержанием воды: мозг, желудок, желчный и мочевой пузырь, почки. При воздействии электромагнитного излучения на глаза человека возможно помутнение хрусталика (катаракта).

Известно, что человеческий организм обладает свойством терморегуляции, т. е. поддержания постоянной температуры тела. При нагреве человеческого организма в ЭМП происходит отвод избыточной теплоты до плотности потока энергии $I = 10 \text{ мВт/см}^2$. Эта величина называется *тепловым порогом*, начиная с которого система терморегуляции не справляется с отводом генерируемого тепла, происходит перегрев организма человека, что негативно сказывается на его здоровье.

Воздействие ЭМП с интенсивностью, меньшей теплового порога, также небезопасно для здоровья человека. Оно нарушает функции сердечно - сосудистой системы, ухудшает обмен веществ, приводит к изменению состава крови, снижает биохимическую активность белковых молекул. При длительном воздействии на работающих электромагнитного излучения различной частоты возникают повышенная утомляемость, сонливость или нарушение сна, боли в области сердца, торможение рефлексов и т.д.

Произошедшие под действием ЭМП нарушения в организме обратимы, если в нем не произошло патологических изменений. Для этого необходимо либо прекратить контакт с излучением, либо разработать мероприятия по защите от него.

При воздействии на организм человека постоянных магнитных и электростатических полей с интенсивностью, превышающей безопасный уровень, могут развиваться нарушения в деятельности сердечно - сосудистой системы, органов дыхания и пищеварения, возможно изменение состава крови и др. Электрические поля промышленной частоты ($f = 50$ Гц) воздействуют на мозг и центральную нервную систему.

Между человеком, находящимся в таком поле и обладающим определенным потенциалом, и металлическим проводником с меньшим потенциалом может возникнуть электрический заряд, приводящий к судорожным сокращениям мышц или иным, более тяжелым последствиям.

Предельно допустимые уровни облучения в диапазоне радиочастот определяются ГОСТом 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». В соответствии с этим нормативным документом установлена предельно допустимая напряженность электрического поля ($E_{пд}$, В/м) в диапазоне 0,06 – 300 МГц и предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочий день [$\mathcal{E}H_{E_{пд}}$, (В/м)²·ч]. Между этими величинами существует следующая связь:

$$E_{пд} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}H_{E_{пд}}}{T}}, \quad (11.3)$$

где T – время воздействия в течение рабочего дня, ч.

Предельно допустимая напряженность магнитного поля в диапазоне частот 0,06 – 3 МГц в соответствии с названным выше ГОСТом должна составлять $H_{пд} = 50$ А/м. Между этой характеристикой и предельно допустимой энергетической нагрузкой за рабочий день [$\mathcal{E}H_{H_{пд}}$, (А/м)²·ч] имеется зависимость:

$$H_{пд} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}H_{H_{пд}}}{T}}, \quad (11.4)$$

где T – время воздействия, ч (величина $EH_{H_{пл}}$ не должна превышать 200 А/м^2).

Предельно допустимые уровни воздействия постоянных магнитных полей нормируются в соответствии с СН № 1742-77. Напряженность такого поля не должна превышать 8000 А/м .

Электрические поля промышленной частоты нормируются в соответствии с ГОСТом 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряжения и требования к проведению контроля на рабочих местах», согласно которому предельно допустимый уровень напряженности электрического поля (E) составляет 25 000 В/м .

Также разработаны гигиенические нормативы для электростатических полей, электрических полей диапазона частот $1 - 12 \text{ кГц}$, магнитных полей промышленной частоты (50 Гц) и др.

Основные методы защиты от электромагнитных излучений. К ним относятся: рациональное размещение излучающих и облучаемых объектов, исключающее или ослабляющее воздействие излучения на персонал; ограничение места и времени нахождения работающих в электромагнитном поле; защита расстоянием, т. е. удаление рабочего места от источника электромагнитных излучений; уменьшение мощности источника излучений; использование поглощающих или отражающих экранов; применение средств индивидуальной защиты и др.

Из перечисленных выше методов защиты чаще всего применяют экранирование либо рабочих мест, либо непосредственно источника излучения.

Защитное действие экранов. Под действием ЭМП в материале экрана возникают вихревые токи (токи Фуко), которые наводят в нем вторичное поле. Амплитуда наведенного поля приблизительно равна амплитуде экранируемого поля, а фазы этих полей противоположны. Поэтому результирующее поле, возникающее в результате суперпозиции (сложения) двух

рассмотренных полей, быстро затухает в материале экрана, проникая в него на малую глубину.

Эффективность действия экрана, или эффективность экранирования (\mathcal{E}), определяется как:

$$\mathcal{E} = \frac{I_0}{I}, \quad (11.5)$$

где I_0 – плотность потока энергии в данной точке при отсутствии экрана Вт/м²;

I – плотность потока энергии в той же точке при наличии экрана, Вт/м²;

или в децибелах:

$$\mathcal{E} = 10 \lg \frac{I_0}{I}, \text{ дБ}. \quad (11.6)$$

Например, замкнутый экран, сваренный из листовой стали непрерывным швом, имеет эффективность экранирования в диапазоне частот 0,15 – 10 000 МГц примерно 100 дБ.

Действие поглощающих экранов сводится к поглощению ЭМВ. Эти экраны изготавливаются в виде эластичных и жестких пенопластов, резиновых коврик, листов поролон или волокнистой древесины, обработанной специальным составом, а также из ферромагнитных пластин. Отраженная мощность излучения от этих экранов не превышает 4 %.

Также, например, существуют и другие типы экранов – многослойные.

Экранами могут защищаться оконные проемы и стены зданий и сооружений, находящихся под воздействием электромагнитного излучения. Строительные конструкции (стены, перекрытия зданий), а также отделочные материалы (краски и т.д.) могут либо поглощать, либо отражать ЭМВ.

Защита от электрических полей промышленной частоты, возникающих вдоль ЛЭП: увеличение высоты подвеса проводов

линий, уменьшение расстояния между ними, создание санитарно-защитных зон вдоль трассы ЛЭП на населенной территории.

Индивидуальная защита от электромагнитного излучения: применение специальных комбинезонов и халатов, изготовленных из металлизированной ткани (экранируют ЭМП). Для защиты глаз от воздействия электромагнитного излучения применяют очки марки ЗП5-90, стекла которых покрыты диоксидом олова (SnO_2), обладающим полупроводниковыми свойствами [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы:

1. Что называется электромагнитным полем?
2. Какими физическими параметрами характеризуется электромагнитное излучение?
3. Назовите источники электромагнитных полей и излучений.
4. Биологическое действие электромагнитных полей на организм человека?
5. Нормирование электромагнитных полей.
6. Перечислите и охарактеризуйте основные методы защиты от электромагнитных полей и излучений.
7. Индивидуальные средства защиты от воздействия электромагнитного излучения.
8. Какими приборами измеряют электромагнитное излучение?

Лекция 12. Ионизирующее излучение, основные понятия

План лекции:

1. Ионизирующее излучение, основные понятия, источники.
2. Виды ионизирующих излучений.
3. Характеристики ионизирующего излучения.
4. Действие ионизирующих излучений на организм человека.

Ионизирующим излучением (ИИ) называют такое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов различных знаков.

Источники ИИ используются в технике, химии, медицине, сельском хозяйстве и других областях, например, при измерении плотности почв, обнаружении течей в газопроводах, измерении толщины листов, труб и стержней, антистатической обработке тканей, полимеризации пластмасс, радиационной терапии злокачественных опухолей и т.д. Но в то же время источники ИИ представляют существенную угрозу здоровью и жизни использующих их людей.

Существуют два вида ионизирующих излучений:

- корпускулярное, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля (альфа- и бета-излучение и нейтронное излучение);

- электромагнитное (гамма (γ) - излучение и рентгеновское) с очень малой длиной волны.

Основные характеристики вышеуказанных излучений. **Альфа-излучение** представляет собой поток ядер гелия, обладающих большой скоростью. Эти ядра имеют массу 4 и заряд +2. Они образуются при радиоактивном распаде ядер или при ядерных реакциях. На сегодняшний день известно более 120 искусственных и естественных альфа-радиоактивных ядер, которые, испуская альфа-частицу, теряют 2 протона и 2 нейтрона. Энергия альфа-частиц не превышает нескольких МэВ. Излучаемые альфа-частицы движутся практически прямолинейно со скоростью примерно 20 000 км/с.

Длина пробега частицы в воздухе или других средах – это наибольшее расстояние от источника излучения, при котором еще можно обнаружить частицу до ее поглощения веществом. Длина пробега частицы зависит от заряда, массы, начальной энергии и среды, в которой происходит движение.

При увеличении начальной энергии частицы и уменьшении плотности среды длина пробега возрастает. Если начальная энергия излучаемых частиц одинакова, то тяжелые частицы обладают меньшими скоростями, чем легкие. Если частицы движутся медленно, то их взаимодействие с атомами вещества среды более эффективно и частицы быстрее растрачивают имеющийся у них запас энергии.

Длина пробега альфа-частиц в воздухе обычно менее 10 см. Например, альфа-частицы с энергией 4 МэВ обладают длиной пробега в воздухе примерно в 2,5 см. В воде или в мягких тканях человеческого тела, плотность которых более чем в 700 раз превышает плотность воздуха, длина пробега альфа-частиц составляет несколько десятков микрометров. Вследствие своей большой массы при взаимодействии с веществом альфа-частицы быстро теряют свою энергию. Это объясняет их низкую проникающую способность и высокую удельную ионизацию: при движении в воздушной среде альфа-частица на 1 см своего пути образует несколько десятков тысяч пар заряженных частиц – ионов.

Бета-излучение представляет собой поток электронов (β^- -излучение, или, чаще всего, просто β -излучение) или позитронов (β^+ -излучение), возникающих при радиоактивном распаде. Известно около 900 бета-радиоактивных изотопов.

Масса бета-частиц в несколько десятков тысяч раз меньше массы альфа-частиц. В зависимости от природы источника бета-излучений скорость этих частиц может лежать в пределах 0,3 – 0,99 скорости света. Энергия бета-частиц не превышает нескольких МэВ, длина пробега в воздухе составляет приблизительно 1800 см, а в мягких тканях человеческого тела ~ 2,5 см.

Проникающая способность бета-частиц выше, чем альфа-частиц (из-за меньших массы и заряда). Например, для полного поглощения потока бета-частиц, обладающих максимальной энергией 2 МэВ, требуется защитный слой алюминия толщиной 3,5 мм. Ионизирующая способность бета-излучения ниже, чем альфа-излучения: на 1 см пробега бета-частиц в среде образуется несколько десятков пар заряженных ионов.

Нейтронное излучение - поток ядерных частиц, не имеющих электрического заряда. Масса нейтрона приблизительно в 4 раза меньше массы альфа-частиц. В зависимости от энергии различают медленные нейтроны (с энергией менее 1 КэВ), нейтроны промежуточных энергий (от 1 до 500 КэВ) и быстрые нейтроны (от 500 КэВ до 20 МэВ). Среди медленных нейтронов различают тепловые нейтроны с энергией менее 0,2 эВ. Тепловые нейтроны находятся в состоянии термодинамического равновесия с тепловым движением атомов среды. Наиболее вероятная скорость движения таких нейтронов при комнатной температуре составляет 2200 м/с.

Вторичное излучение, состоящее из заряженных частиц и гамма - квантов (гамма - излучение) возникает при неупругом взаимодействии нейтронов с ядрами атомов среды. При упругих взаимодействиях нейтронов с ядрами может наблюдаться обычная ионизация вещества. Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она значительно выше, чем у альфа- или бета-частиц. Например, длина пробега нейтронов промежуточных энергий составляет около 15 м в воздушной среде и 3 см в биологической ткани, аналогичные показатели для быстрых нейтронов – соответственно 120 м и 10 см. Таким образом, нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью и представляет для человека наибольшую опасность из всех видов корпускулярного излучения.

Гамма-излучение (γ -излучение) представляет собой электромагнитное излучение с высокой энергией и с малой длиной волны. Оно испускается при ядерных превращениях или взаимодействии частиц. Высокая энергия (0,01 – 3МэВ) и малая

длина волны обуславливает большую проникающую способность гамма-излучения. Гамма-лучи не отклоняются в электрических и магнитных полях. Это излучение обладает меньшей ионизирующей способностью, чем альфа- и бета-излучение.

Рентгеновское излучение может быть получено в специальных рентгеновских трубах, в ускорителях электронов, в среде, окружающей источник бета - излучения, и др. Рентгеновские лучи представляют собой один из видов электромагнитного излучения. Энергия его обычно не превышает 1 МэВ.

Рентгеновское излучение, как и гамма-излучение, обладает малой ионизирующей способностью и большой глубиной проникновения.

Приведем основные показатели, применяемые для характеристики ИИ. Как уже сказано выше, при распаде ядер атомов его продукты вылетают с большой скоростью. Встречая на своем пути преграду, они производят в ее веществе различные изменения. Воздействие излучения на вещество тем больше, чем больше распадов происходит в единицу времени. Для характеристики числа распадов вводится понятие *активности (A)* радиоактивного вещества, под которым понимают число самопроизвольных ядерных превращений dN в этом веществе за малый промежуток времени dt , деленное на этот промежуток времени:

$$A = \frac{dN}{dt}. \quad (12.1)$$

Единицей измерения активности является Кюри (Ку), соответствующая $3,7 \cdot 10^{10}$ ядерных превращений в секунду. Такая активность соответствует активности 1 г радия-226. Реже используется единица активности - беккерель (Бк).

$$1 \text{ Ку} = 3,7 \cdot 10^{11} \text{ Бк.}$$

Для характеристики воздействия ИИ на вещество введено понятие дозы излучения.

Дозой излучения называется часть энергии, переданная излучением веществу и поглощенная им.

Количественной характеристикой взаимодействия ИИ и вещества является *поглощенная доза излучения* (D), равная отношению средней энергии dE , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе облученного вещества в этом объеме dm :

$$D = \frac{dE}{dm}. \quad (12.2)$$

Поглощенная доза является основной дозиметрической величиной. В системе СИ в качестве единицы поглощенной дозы принят грей (Гр). 1 Гр соответствует поглощению в среднем 1 Дж энергии ионизирующего излучения в массе вещества, равной 1 кг, т. е. 1 Гр = 1 Дж/кг.

До недавнего времени за количественную характеристику только рентгеновского и гамма-излучения, основанную на их ионизирующем действии, принималась *экспозиционная доза* X – отношение полного электрического заряда dQ ионов одного знака, возникающих в малом объеме сухого воздуха, к массе воздуха dm в этом объеме, т. е.

$$X = \frac{dQ}{dm}. \quad (12.3)$$

Единицей экспозиционной дозы в системе СИ является кулон на килограмм (Кл/кг).

Внесистемной единицей дозы рентгеновского и гамма-излучения является рентген (р)

При хроническом воздействии ИИ произвольного состава для оценки возможного ущерба здоровью вводится понятие *эквивалентной дозы* (H). Эта величина определяется как произведение поглощенной дозы D на средний коэффициент

качества излучения Q (безразмерный) в данной точке ткани человеческого тела, т. е.:

$$H = D \cdot \bar{Q}. \quad (12.4)$$

Единицей эквивалентной дозы в системе СИ является зиверт (Зв).

Существует еще одна характеристика ИИ – *мощность дозы* X (соответственно поглощенной, экспозиционной или эквивалентной), представляющая собой приращение дозы за малый промежуток времени dx , деленное на этот промежуток dt . Так, мощность экспозиционной дозы (X или W , Кл/кг-с) составит:

$$X = W = \frac{dX}{dt}. \quad (12.5)$$

Аналогично рассчитывают мощность поглощенной (Гр/с) или эквивалентной (Зв/с) доз.

Биологическое действие ИИ на организм человека различно.

Проходя через вещество и сталкиваясь с атомами, альфа-частицы ионизируют (заряжают) их, выбивая электроны. В редких случаях эти частицы поглощаются ядрами атомов, переводя их в состояние с большей энергией. Эта избыточная энергия способствует протеканию различных химических реакций, которые без облучения не идут или идут очень медленно. Альфа-излучение производит сильное действие на органические вещества, из которых состоит человеческий организм (жиры, белки и углеводы). На слизистых оболочках это излучение вызывает ожоги и другие воспалительные процессы.

Под действием бета - излучений происходит радиолиз (разложение) воды, содержащейся в биологических тканях, с образованием водорода, кислорода, пероксида водорода H_2O_2 , заряженных частиц (ионов) OH^- и HO_2^- . Продукты разложения воды обладают окислительными свойствами и вызывают разрушение многих органических веществ, из которых состоят ткани человеческого организма.

Действие гамма- и рентгеновского излучений на биологические ткани обусловлено в основном образующимися свободными электронами. Нейтроны, проходя через вещество, производят в нем наиболее сильные изменения по сравнению с другими ИИ.

Таким образом, биологическое действие ИИ сводится к изменению структуры или разрушению различных органических веществ (молекул), из которых состоит организм человека. Это приводит к нарушению биохимических процессов, протекающих в клетках, или даже к их гибели, в результате чего происходит поражение организма в целом.

Различают внешнее и внутреннее облучение организма.

Внешнее облучение - воздействие на организм ИИ от внешних по отношению к нему источников.

Внутреннее облучение осуществляется радиоактивными веществами, попавшими внутрь организма через дыхательные органы, желудочно-кишечный тракт или через кожные покровы. Источники внешнего излучения – космические лучи, естественные радиоактивные источники, находящиеся в атмосфере, воде, почве, продуктах питания и др., источники альфа-, бета-, гамма-, рентгеновского и нейтронного излучений, используемые в технике и медицине, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы (в том числе и аварии на ядерных реакторах) и ряд других.

Радиоактивные вещества, вызывающие внутреннее облучение организма, попадают в него при приеме пищи, курении, питье загрязненной воды. Поступление радиоактивных веществ в человеческий организм через кожу происходит в редких случаях (если кожа имеет повреждения или открытые раны). Внутреннее облучение организма длится до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадется или не будет выведено из организма в результате процессов физиологического обмена. Внутреннее облучение опасно тем, что вызывает длительно незаживающие язвы различных органов и злокачественные опухоли.

При работе с радиоактивными веществами значительному

облучению подвергаются руки операторов. Под действием ИИ развивается хроническое или острое (лучевой ожог) поражение кожи рук. Хроническое поражение характеризуется сухостью кожи, появлением на ней трещин, изъязвлением и другими симптомами. При остром поражении кистей рук возникают отеки, омертвление тканей, язвы, на месте образования которых возможно развитие злокачественных опухолей.

Под влиянием ИИ у человека возникает лучевая болезнь. Различают три степени ее: первая (легкая), вторая и третья (тяжелая).

Симптомами лучевой болезни первой степени являются слабость, головные боли, нарушение сна и аппетита, которые усиливаются на второй стадии заболевания, но к ним дополнительно присоединяются нарушения в деятельности сердечно - сосудистой системы, изменяется обмен веществ и состав крови, происходит расстройство пищеварительных органов. На третьей стадии болезни наблюдаются кровоизлияния и выпадение волос, нарушается деятельность центральной нервной системы и половых желез. У людей, перенесших лучевую болезнь, повышается вероятность развития злокачественных опухолей и заболеваний кроветворных органов. Лучевая болезнь в острой (тяжелой) форме развивается в результате облучения организма большими дозами ионизирующих излучений за короткий промежуток времени.

Опасно воздействие на организм человека и малых доз радиации, так как при этом могут произойти нарушение наследственной информации человеческого организма, возникнуть мутации.

Нижний уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения примерно 1 Зв, тяжелая форма лучевой болезни, при которой погибает половина всех облученных, наступает при эквивалентной дозе облучения 4,5 Зв. 100%-ный смертельный исход лучевой болезни соответствует эквивалентной дозе облучения 5,5 – 7,0 Зв.

В настоящее время разработан ряд химических препаратов (протекторов), существенно снижающих негативный эффект воздействия ИИ на организм человека.

Предельно допустимые уровни ИИ и принципы радиационной безопасности регламентируются «Нормами радиационной безопасности» НРБ-76, «Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» ОСП72-80 [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятия «ионизирующее излучение», назовите его источники.
2. Перечислите виды ионизирующих излучений, их характерные особенности.
3. Характеристики ионизирующего излучения и соответствующие единицы измерения.
4. В чем состоит биологическое действие ионизирующих излучений на организм человека.

Лекция 13. Защита от ионизирующего излучения

План лекции:

1. Способы защиты от ионизирующих излучений.
2. Индивидуальные средства защиты.
3. Приборы для измерения ионизирующего излучения.

Радиационная безопасность и её основные принципы.

Основные принципы радиационной безопасности заключаются в: неперевышении установленного основного дозового предела, исключении всякого необоснованного облучения и снижении дозы излучения до возможно низкого уровня. Для реализации вышеуказанных принципов на практике обязательно контролируются дозы облучения, полученные персоналом при работе с источниками ионизирующих излучений (ИИ), работа

проводится в специально оборудованных помещениях, используется защита расстоянием и временем, применяются различные средства коллективной и индивидуальной защиты.

Чтобы установить индивидуальные дозы облучения персонала, необходимо систематически проводить радиационный (дозиметрический) контроль, объем которого зависит от характера работы с радиоактивными веществами. Каждому оператору, имеющему контакт с источниками ИИ, выдается индивидуальный дозиметр для контроля полученной дозы гамма-излучений. В помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, необходимо обеспечить и общий контроль за интенсивностью различных видов излучений. Эти помещения должны быть изолированы от прочих помещений, оснащены системой приточно-вытяжной вентиляции с кратностью воздухообмена не менее пяти. Окраска стен, потолка и дверей в этих помещениях, а также устройство пола выполняются таким образом, чтобы исключить накопление радиоактивной пыли и избежать поглощения радиоактивных аэрозолей, паров и жидкостей отделочными материалами (окраска стен, дверей и в некоторых случаях потолков должна производиться масляными красками, полы покрываются материалами, не впитывающими жидкости, – линолеумом, полихлорвиниловым пластикатом и др.). Все строительные конструкции в помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, не должны иметь трещин и несплошностей; углы закругляют для того, чтобы не допустить скопления в них радиоактивной пыли и облегчить уборку. Не менее одного раза в месяц проводят генеральную уборку помещений с обязательным мытьем горячей мыльной водой стен, окон, дверей, мебели и оборудования. Текущая влажная уборка помещений проводится ежедневно.

Чтобы снизить облучение персонала, все работы с этими источниками проводят с использованием длинных захватов или держателей. Защита временем заключается в том, что работу с радиоактивными источниками проводят за такой период времени,

чтобы доза облучения, полученная персоналом, не превышала предельно допустимого уровня.

Коллективные средства защиты от ИИ регламентируются ГОСТом 12.4.120-83 «Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие требования». В соответствии с ним основными средствами защиты являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортирования и хранения источников ИИ, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов, защитные сейфы и боксы и др.

Стационарные и передвижные защитные экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины. Если работу с источниками ИИ проводят в специальном помещении – рабочей камере, то экранами служат ее стены, пол и потолок, изготовленные из защитных материалов. Такие экраны носят название стационарных. Для устройства передвижных экранов используют различные щиты, поглощающие или ослабляющие излучение.

Для сооружения стационарных средств защиты стен, перекрытий, потолков и т. д. используют кирпич, бетон, баритобетон и баритовую штукатурку (в их состав входит сульфат бария – $BaSO_4$). Эти материалы надежно защищают персонал от воздействия гамма- и рентгеновского излучения.

Для создания передвижных экранов используют различные материалы. Защита от альфа - излучения достигается применением экранов из обычного или органического стекла толщиной несколько миллиметров. Достаточной защитой от этого вида излучения является слой воздуха в несколько сантиметров. Для защиты от бета - излучения экраны изготавливают из алюминия или пластмассы (органическое стекло). От гамма- и рентгеновского излучения эффективно защищают свинец, сталь, вольфрамовые сплавы. Смотровые системы изготавливают из специальных прозрачных материалов, например, свинцового стекла. От нейтронного излучения защищают материалы, содержащие в составе водород (вода, парафин), а также бериллий,

графит, соединения бора и т.д. Бетон также можно использовать для защиты от нейтронов.

Защитные сейфы применяются для хранения источников гамма-излучения. Они изготавливаются из свинца и стали.

Для работы с радиоактивными веществами, обладающими, альфа- и бета-активностью, используют защитные перчаточные боксы.

Защитные контейнеры и сборники для радиоактивных отходов изготавливаются из тех же материалов, что и экраны – органического стекла, стали, свинца и др.

При проведении работ с источниками ИИ опасная зона должна быть ограничена предупреждающими надписями.

Опасная зона – это пространство, в котором возможно воздействие на работающего опасного и (или) вредного производственных факторов (в данном случае – ИИ).

Принцип действия приборов, предназначенных для контроля за персоналом, который подвергается воздействию ИИ, основан на различных эффектах, возникающих при взаимодействии этих излучений с веществом.

Основные методы обнаружения и измерения радиоактивности – ионизация газа, сцинтилляционные и фотохимические методы. Наиболее часто используется ионизационный метод, основанный на измерении степени ионизации среды, через которую прошло излучение.

Сцинтилляционные методы регистрации излучений основаны на способности некоторых материалов, поглощая энергию ИИ, превращать ее в световое излучение. Примером такого материала может служить сульфид цинка (ZnS). Сцинтилляционный счетчик представляет собой фотоэлектронную трубку с окошком, покрытым сульфидом цинка. При попадании внутрь этой трубки излучения возникает слабая вспышка света, которая приводит к возникновению в фотоэлектронной трубке импульсов электрического тока. Эти импульсы усиливаются и подсчитываются.

Фотохимические методы, или методы автордиографии, основаны на воздействии радиоактивного образца на слой фотоэмульсии, содержащий галогениды серебра. Уровень радиоактивности образца оценивают после проявления пленки.

Существуют и другие методы определения ИИ, например, калориметрические, основанные на измерении количества тепла, выделяющегося при взаимодействии излучения с поглощающим веществом.

Все приборы дозиметрического контроля делятся на две группы: дозиметры, используемые для количественного измерения мощности дозы, и радиометры или индикаторы излучения, применяемые для быстрого обнаружения радиоактивных загрязнений.

Рассмотрим, например, дозиметры марок ДРГЗ-04 и ДКС-04. Первый используется для измерения гамма- и рентгеновского излучения в диапазоне энергий 0,03 – 3,0 МэВ. Шкала прибора проградуирована в микрорентген/секунду (мкР/с).

Второй прибор используется для измерения гамма- и бета - излучения в энергетическом диапазоне 0,5 – 3,0 МэВ, а также нейтронного излучения (жесткие и тепловые нейтроны). Шкала прибора проградуирована в миллирентгенах в час (мР/ч).

Также выпускаются бытовые дозиметры, предназначенные для населения, например, бытовой дозиметр «Мастер-1» (предназначен для измерения дозы гамма-излучения), дозиметр-радиометр бытовой АНРИ-01 («Сосна»).

К средствам индивидуальной защиты от ИИ относится спецодежда – халаты, комбинезоны, полукомбинезоны и шапочки, изготовленные из хлопчатобумажной ткани. При значительном загрязнении производственного помещения радиоактивными веществами на спецодежду из ткани дополнительно надевают пленочную одежду (нарукавники, брюки, фартук, халат и т.д.), изготовленную из пластика. Для защиты рук используют просвинцованные резиновые перчатки.

Если приходится работать в условиях значительного радиационного загрязнения, для защиты персонала используют

пневмокостюмы (скафандры) из пластмассовых материалов с поддувом по гибким шлангам воздуха или снабженные кислородным аппаратом. Для поддержания нормальных температурных условий в скафандре расход воздуха должен составлять 150 – 200 л/мин.

Для защиты глаз от ИИ применяют очки со стеклами, содержащими специальные добавки (фосфата, вольфрама или свинца), а при работе с источниками альфа- и бета - излучений глаза защищают щитками из органического стекла.

Если в воздухе находятся радиоактивные аэрозоли, то надежным средством защиты органов дыхания являются респираторы и противогазы [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы:

1. Каковы способы защиты от ионизирующих излучений?
2. Назовите индивидуальные средства защиты от ИИ.
3. Какими приборами измеряют ионизирующие излучения?
4. Что такое индивидуальные дозиметры?
5. Какие материалы применяют для изготовления защитных экранов от ионизирующих излучений?

Лекция 14. Безопасность оборудования и производственного процесса в системах электроники и автоматики

План лекции:

1. Характерные опасные и вредные производственные факторы.
2. Основные средства коллективной защиты.
3. Системы дистанционного управления.

В процессе проектирования и изготовления машин и оборудования необходимо учитывать основные требования безопасности для обслуживающего их персонала, а также надежность и безопасность эксплуатации этих устройств.

При проведении различных технологических процессов на производстве возникают опасные зоны, в которых на работающих

воздействуют опасные и (или) вредные производственные факторы. Примером таких факторов могут служить опасность механического травмирования (получение травм в результате воздействия движущихся частей машин и оборудования, передвигающихся изделий, падающих с высоты предметов и др.), опасность поражения электрическим током, воздействие различных видов излучения (теплого, электромагнитного, ионизирующего), инфра- и ультразвука, шума, вибрации и т.д.

Размеры опасной зоны в пространстве могут быть переменными, что связано с движением частей оборудования или транспортных средств, а также с перемещением персонала, либо постоянными.

Как было сказано выше, для защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов используют средства коллективной и индивидуальной защиты.

Рассмотрим основные средства коллективной защиты, которые делятся на: оградительные, предохранительные, блокирующие, сигнализирующие, системы дистанционного управления машинами и оборудованием, а также специальные.

Оградительными средствами защиты, или ограждениями, называют устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Ограждения могут быть стационарными (несъемными), подвижными (съемными) и переносными. Практически ограждения выполняются в виде различных сеток, решеток, экранов, кожухов и др. Они должны иметь такие размеры и быть установлены таким образом, чтобы в любом случае исключить доступ человека в опасную зону.

При устройстве ограждений должны соблюдаться определенные требования:

- ограждения должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать удары частиц (стружки), возникающих при обработке деталей, а также случайное воздействие обслуживающего персонала, и надежно закрепленными;
- ограждения изготавливаются из металлов (как сплошных, так и металлических сеток и решеток), пластмасс, дерева,

прозрачных материалов (органическое стекло, триплекс и др.);

- все открытые вращающиеся и движущиеся части машин должны быть закрыты ограждениями;
- внутренняя поверхность ограждений должна быть окрашена в яркие цвета (ярко-красный, оранжевый), чтобы было заметно, если ограждение снято;
- запрещается работа со снятым или неисправным ограждением.

Предохранительные устройства – это такие устройства, которые автоматически отключают машины или агрегаты при выходе какого-либо параметра оборудования за пределы допустимых значений. Это звено разрушается или не срабатывает при отклонении режима эксплуатации оборудования от нормального.

Наиболее известный пример такого звена – плавкие электрические предохранители («пробки»), предназначенные для защиты электрической сети от больших токов, вызываемых короткими замыканиями и очень большими перегрузками. Такие токи могут повредить электроаппаратуру и изоляцию проводов, а также привести к пожару. Плавкий предохранитель действует следующим образом: ток проходит через тонкую проволоку (плавкую вставку), сечение которой рассчитано на определенный максимальный ток. При перегрузке проволока расплавляется, отключая неисправный или перегруженный ток участок сети.

Примерами устройств этого типа могут служить: предохранительные клапаны и разрывные мембраны, устанавливаемые на сосуды, работающие под давлением, для предотвращения аварии; различные тормозные устройства, позволяющие быстро остановить движущиеся части оборудования; концевые выключатели и ограничители подъема, предохраняющие движущиеся механизмы от выхода за установленные пределы, и др.

Блокировочные устройства исключают возможность проникновения человека в опасную зону или устраняют опасный

фактор на время пребывания человека в опасной зоне. По принципу действия блокировочные устройства бывают: механические, электрические, фотоэлектрические, радиационные, гидравлические, пневматические и комбинированные.

Например, фотоэлектрические блокировочные устройства применяются в конструкциях турникетов, установленных на входах станций метрополитена. Проход через турникет контролируется световыми лучами. При несанкционированной попытке прохода через турникет человека на станцию он пересекает световой поток, падающий на фотоэлемент. Изменение светового потока дает сигнал на измерительно-командное устройство, которое приводит в действие механизмы, перекрывающие проход. При санкционированном проходе блокировочное устройство отключается.

Различные **сигнализирующие устройства** предназначены для информации персонала о работе машин и оборудования, для предупреждения об отклонениях технологических параметров от нормы или о непосредственной угрозе.

По способу представления информации различают сигнализацию звуковую, визуальную (световую) и комбинированную (светозвуковую). В газовом хозяйстве используют одорационную (по запаху) сигнализацию об утечке газа, подмешивая к газу пахнущие вещества.

В шумных условиях рекомендуется использовать визуальную сигнализацию, которая включает различные источники света, световые табло, цветовую окраску и т.д. Для звуковой сигнализации используют сирены или звонки.

В зависимости от назначения все системы сигнализации принято делить на оперативную, предупредительную и опознавательную.

Оперативная сигнализация представляет информацию о протекании различных технологических процессов. Для этого используются различные измерительные приборы – амперметры, вольтметры, манометры, термометры и др.

Предупредительная сигнализация включается в случае возникновения опасности. В устройстве этой сигнализации используют все перечисленные выше способы представления информации.

Опознавательная сигнализация применяется для выделения наиболее опасных узлов и механизмов промышленного оборудования, а также зон.

В красный цвет окрашивают сигнальные лампочки, предупреждающие об опасности, кнопку «стоп», противопожарный инвентарь, токоведущие шины и др. В желтый – элементы строительных конструкций, которые могут являться причиной получения травм персоналом, внутризаводской транспорт, ограждения, устанавливаемые на границах опасных зон, и т.д. В зеленый цвет окрашивают сигнальные лампы, двери эвакуационных и запасных выходов, конвейеры, рольганги и другое оборудование.

Помимо отличительной окраски, используют и различные знаки безопасности. Эти знаки наносят на контейнеры, электроустановки и другое оборудование.

Системы дистанционного управления основаны на использовании телевизионных или телеметрических систем, а также визуального наблюдения с удаленных на достаточное расстояние от опасных зон участков. Управление работой оборудования из безопасного места позволяет убрать персонал из труднодоступных зон и зон повышенной опасности. Чаще всего системы дистанционного управления используют при работе с радиоактивными, взрывоопасными, токсичными и легковоспламеняющимися веществами и материалами.

В ряде случаев применяют специальные средства защиты, к которым относятся двуручное включение машин, различные системы вентиляции, глушители шума, осветительные приборы, защитное заземление и ряд др.

Двуручное включение машин и оборудования осуществляется двумя рукоятками посредством двухпусковых органов, что исключает случайный запуск этих устройств.

Если коллективные средства защиты работающих не предусмотрены или они не дают требуемого эффекта, прибегают к индивидуальным средствам защиты [1 - 5, 8].

Контрольные вопросы:

1. Приведите примеры характерных опасностей оборудования и производственного процесса.
2. Перечислите основные средства коллективной защиты. Их назначение, принципы действия.
3. Особенности систем дистанционного управления.

Лекция 15. Электробезопасность. Анализ условий поражения электрическим током. Классификация помещений по степени электробезопасности

План лекции:

1. Электробезопасность, основные понятия.
2. Виды электротравм.
3. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током.
4. Классификация помещений по степени электробезопасности.
5. Виды включения человека в электросеть.
6. Основные способы и средства электрозащиты, их характеристики.

При работе с электрическими установками, приборами и агрегатами необходимо соблюдать требования электробезопасности, которые представляют собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Основные понятия, используемые при описании электрических явлений.

Электрическим током называют всякое упорядоченное движение носителей зарядов. В металлах носителями зарядов являются электроны – отрицательно заряженные частицы с элементарным зарядом. За направление электрического тока условно принимается направление, противоположное направлению движения отрицательных зарядов.

Силой тока i называют количество электричества dq , проходящее через поперечное сечение проводника за бесконечно малый промежуток времени dt .

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (15.1)$$

Если за любые равные промежутки времени через поперечное сечение проводника проходят одинаковые заряды, ток называют постоянным (по величине и направлению) и обозначают буквой I . За единицу тока в системе СИ принят ампер (А).

Переменным называется такой ток, сила или направление которого (или и то и другое) изменяются во времени. Токи, изменяющиеся только по величине, называются пульсирующими. На практике часто используют переменный синусоидальный ток.

Электрическая дуга - это длительный самостоятельный электрический разряд в газах, поддерживающийся за счет термоэлектронной эмиссии с отрицательно заряженного электрода – катода.

Термоэлектронной эмиссией называют выход электронов из металла под действием теплового движения (при нагреве).

Статическое электричество – это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией (ослаблением) свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов, изделий или на изолированных проводниках.

Диэлектриками называют вещества, практически не проводящие электрического тока, а полупроводниками – большой класс веществ, сопротивление которых изменяется в широких

пределах и в очень сильной степени уменьшается с повышением температуры.

Электротравмы – это поражение электрическим током организма человека. На производстве число травм, вызванных электрическим током, относительно невелико и составляет 11–12% их общего числа, но из всех случаев травм со смертельным исходом на долю электротравм приходится наибольшее количество (порядка 40%). До 80% всех случаев поражения электрическим током со смертельным исходом приходится на электроустановки напряжением до 1000 В (в первую очередь, работающих под напряжением 220 – 380 В).

Проходя через тело человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие. Первое заключается в нагреве и ожогах различных частей и участков тела человека, второе – в изменении состава (разложении) и свойств крови и других органических жидкостей. Биологическое действие электрического тока выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма и в нарушении протекания в нем различных внутренних биоэлектрических процессов. Например, прекращение процесса дыхания и остановка сердца.

Электротравмы делятся на общие (электрические удары) и местные, под которыми понимают четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги.

Местные электротравмы – это электрические ожоги, электрические знаки на коже, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия.

Электрические ожоги вызываются протеканием тока через тело человека, особенно при непосредственном контакте тела с электрическим проводом, а также под воздействием на тело человека электрической дуги (дуговой ожог), температура которой достигает нескольких тысяч градусов. Приблизительно 2/3 всех электротравм сопровождается ожогами.

На коже в тех местах, где проходил электрический ток, появляются электрические знаки, представляющие собой пятна серого или бледно-желтого цвета. Эти пятна, как правило, излечиваются, и с течением времени пораженная кожа приобретает нормальный вид. Такие знаки встречаются примерно у каждого пятого получившего электротравму.

Под действием электрической дуги в верхние слои кожи человека могут проникнуть мелкие расплавленные частицы металла. Такая электротравма носит название металлизации кожи. Довольно редко могут возникнуть механические повреждения органов и тканей человеческого тела (разрывы кожи и различных тканей, вывихи, переломы костей и др.) в результате судорожных сокращений мышц, вызываемых действием тока.

К местным электротравмам относится также электроофтальмия – возникающее под действием ультрафиолетового излучения электрической дуги воспаление наружных оболочек глаз. В ряде случаев лечение этого профессионального заболевания является сложным и длительным.

Более трети всех электротравм приходится на электрический удар, под которым понимают возбуждение живых тканей организма электрическим током, сопровождающееся судорожными сокращениями мышц тела. По тяжести последствий электроудары делятся на четыре степени:

- первая – судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- вторая – судорожное сокращение мышц с потерей сознания; дыхание и деятельность сердца сохраняются;
- третья – потеря сознания, нарушение сердечной деятельности и дыхания или того и другого;
- четвертая – клиническая (мнимая) смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Необходимо различать понятие клинической (мнимой) и биологической (истинной) смерти. У здоровых людей, подвергшихся воздействию электрического тока, длительность клинической смерти составляет 7 – 8 минут. За этот период

средствами современной медицины (реанимация) возможно оживление организма. В более поздние сроки в клетках и тканях организма возникают необратимые изменения, т. е. наступает биологическая (истинная) смерть.

У человека в состоянии клинической смерти наблюдается отсутствие дыхания и остановка сердца. Он не реагирует на болевые раздражители, а зрачки его глаз (расширенные) – на воздействие света.

Последствия действия тока на организм человека зависят от: силы тока (основной фактор), длительности его действия, рода и частоты тока, пути тока в теле человека и индивидуальных свойств человека. Важной характеристикой, определяющей исход воздействия тока, является электрическое сопротивление тела человека, которое является суммой сопротивления кожи и сопротивления внутренних тканей. Ток, проходящий через тело человека ($I_{чел}$, А), условно определяют по закону Ома:

$$I_{чел} \approx \frac{U_{np}}{R_{чел}}, \quad (15.2)$$

где U_{np} - приложенное напряжение;
 $R_{чел}$ - сопротивление тела человека, Ом.

Для расчетов обычно принимают $R_{чел} = 1000$ Ом. Основное сопротивление распространению тока оказывает кожа человека. Если кожа повреждена, увлажнена или загрязнена токопроводящей пылью (металлической или углеродной), сопротивление тела человека может быть и ниже 1000 Ом.

Основным физическим фактором, вызывающим тяжесть электротравмы, является сила тока – количество электричества, проходящего через тело человека в единицу времени. Принято различать три степени воздействия тока на организм человека и соответствующие им три пороговых значения: ощутимое, неотпускающее и фибрилляционное.

Пока сила тока не достигла ощутимого значения, человек не чувствует его воздействия. Если человек попал под воздействие переменного тока промышленной частоты ($f = 50$ Гц), он начинает ощущать протекающий через него ток, когда его значение достигнет 0,6 – 1,5 мА. Для постоянного тока это пороговое значение составляет 6 – 7 мА. Ощутимый ток вызывает у человека малоболезненные (или безболезненные) раздражения, и человек может самостоятельно освободиться от провода или токоведущей части, находящейся под напряжением.

Если сила переменного тока, протекающего через организм, составляет 10 – 15 мА и более, а постоянного – 50 – 70 мА (или более), то такие токи называют неотпускающими, так как они вызывают непреодолимые и болезненные судорожные сокращения мышц рук при касании ими (захвате) токопроводящих частей или проводов. Человек не может самостоятельно разжать руку и освободиться от воздействия тока. При повышении силы переменного тока промышленной частоты до 25 – 50 мА затрудняется или даже прекращается процесс дыхания (при воздействии этого тока в течение нескольких минут).

Фибрилляционными называют токи, вызывающие быстрые хаотические и одновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл), в результате чего сердце теряет способность перекачивать кровь, в организме прекращаются процессы кровообращения и дыхания и наступает смерть. При воздействии переменного тока промышленной частоты величина порогового фибрилляционного тока составляет 100 мА (при продолжительности воздействия более 0,5 с), а для постоянного тока – 300 мА при той же продолжительности.

Степень поражения электрическим током зависит также от рода и частоты тока. Переменный ток с частотой от 20 – 100 Гц наиболее опасен для человека.

Токи с частотой выше 500 000 Гц могут вызвать лишь термические ожоги и не оказывают раздражающего действия на ткани организма.

При напряжениях, превышающих 500 В, наиболее опасен постоянный ток, а при меньших напряжениях – переменный.

Чем больше время воздействия тока, тем сильнее будет поражение и тем меньше вероятность восстановления жизненных функций организма.

Существенное влияние на тяжесть поражения человека электрическим током оказывает путь, по которому он распространяется в организме. Опасность поражения резко увеличивается, если на пути тока оказываются мозг, сердце или легкие.

Цепь (петля) тока через тело человека зависит от места его прикосновения к оголенным проводам или токоведущим частям. Наиболее характерны следующие цепи: руки – ноги, рука – рука и рука – туловище.

Индивидуальными особенностями человека считаются: состояние его здоровья, обученность правильной и безопасной работе на электроустановках (с присвоением соответствующей квалификационной группы) и др.

Условия, в которых работает человек, могут увеличивать или уменьшать опасность его поражения электрическим током. К ним относятся сырость, высокая температура воздуха, наличие в помещениях токопроводящей пыли, химически активной или органической среды и др.

Для учета условий, в которых находится работающий, все помещения делятся по степени опасности поражения током на три категории: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные.

Помещениями без повышенной опасности называют сухие (с относительной влажностью воздуха, не превышающей 60%), беспыльные, с нормальной температурой воздуха и с изолирующими (например, деревянными) полами.

Для помещений с повышенной опасностью характерно наличие одного из следующих условий: сырость (помещения называют сырыми, если относительная влажность в них

превышает 75%); токопроводящая пыль (металлическая, углеродная и т.д.); токопроводящие полы – металлические, земляные, железобетонные, кирпичные; высокая температура, длительно превышающая 35°C или кратковременно 40°C (помещения с такой температурой называют жаркими); возможность одновременного прикосновения к металлическим деталям и корпусам электрооборудования, которые при повреждении изоляции могут оказаться под напряжением, и заземленным металлоконструкциям. Примером таких помещений могут служить лестничные клетки различных зданий с токопроводящими полами, цеха механической обработки материалов, складские неотапливаемые помещения и др.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий: особая сырость (стены, пол и потолок таких помещений покрыты влагой; относительная влажность воздуха в них близка к 100%); наличие химически активной (агрессивные газы, пары, жидкости) или органической (плесень и т.д.) среды, которые разрушающе действуют на электроизоляцию и токоведущие части электрооборудования.

При наличии двух или более условий повышенной опасности (например, высокая температура и токопроводящая пыль) в помещении его следует относить к особо опасным. Примерами таких помещений могут служить: помещения гальванических цехов, моечные отделения, замкнутые металлические емкости, в которых производится работа, и др.

Человек может получить электротравму в следующих случаях:

- при двухфазном прикосновении, т. е. при одновременном прикосновении к двум фазам сети переменного тока;

- при двухполюсном прикосновении, т.е. при одновременном прикосновении к двум полюсам сети постоянного тока;

- при приближении на опасные расстояния к неизолированным токопроводящим частям, находящимся под напряжением;

- в результате прикосновения к оболочке (корпусу) электрооборудования, оказавшейся под напряжением;
- в результате попадания под напряжение шага в зоне растекания тока;
- при попадании под напряжение при освобождении человека от воздействия тока;
- при воздействии атмосферного электричества, грозových разрядов и статического электричества или электрической дуги.

Ток, проходящий через тело человека (ток поражения), зависит от напряжения и схемы питания электроустановок, сопротивления элементов электрической сети и условий включения человека в цепь тока. Рассмотрим эти вопросы подробнее.

Все электроустановки условно делят на работающие под напряжением до 1000 В и выше 1000 В.

Если установки работают под напряжением выше 1000 В, то прикосновение к токопроводящим частям опасно в любых условиях. При эксплуатации установок, работающих под напряжением до 1000 В, человек может быть поражен током в результате случайного прикосновения к токопроводящим частям или корпусам электрооборудования, оказавшимися под напряжением.

Чаще всего электроустановки напряжением до 1000 В работают от четырехпроводных сетей с глухозаземленной нейтралью.

Нейтралью называется нейтральная точка источника питания (генератора, трансформатора).

Электрические сети с глухозаземленной нейтралью используются для питания основной массы электроустановок, работающих под напряжением 380 / 220 В (электродвигатели, осветительные приборы, установки электронагрева, бытовая электроаппаратура и др.).

При повышенных требованиях безопасности используют сети с изолированной от земли нейтралью. Они используются для питания электроустановок, работающих под напряжением до 1000 В, но гораздо менее распространены, чем предыдущие.

При работе с электроустановками возможно прикосновение операторов к токоведущим частям оборудования. Наиболее часто встречаются две схемы включения человека в электрическую сеть: двухфазная – присоединение человека к двум проводам и однофазная – включение человека между проводом и землей.

Чаще встречается однофазное включение человека в электрическую сеть. В этом случае ток поражения $I_{чел}$ зависит от того, заземлена нейтраль источника тока или нет. Если человек прикоснется к фазному проводу с нарушенной изоляцией при заземленной нейтрали, то через него пройдет ток, определяемый выражением:

$$I_{чел} = \frac{U_{\phi}}{R_{чел} + R_n + R_{об} + R_0} \approx \frac{U_{\phi}}{R_{чел} + R_n + R_{об}}, \quad (15.3)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В; R_n – сопротивление участка пола, имеющего соприкосновение со ступнями ног, Ом; $R_{чел}$ – сопротивление тела человека, Ом; $R_{об}$ – сопротивление обуви, Ом; R_0 – сопротивление заземления нейтрали, Ом.

Фазное напряжение – это напряжение между началом и концом одной обмотки источника тока (трансформатора, генератора) или между фазным и нулевым проводами.

Существует следующая связь между линейным (U_l) и фазным (U_{ϕ}) напряжениями:

$$U_l = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3}} = \frac{U_{\phi}}{1,73}. \quad (15.4)$$

На производстве возможны случаи обрыва электрических проводов и падения их на землю или нарушение изоляции кабеля, находящегося в земле. При этом вокруг любого проводника, оказавшегося на земле или в земле, образуется зона растекания

тока. Если человек окажется в этой зоне и будет стоять на поверхности земли, имеющей различные электрические потенциалы в местах, где расположены ступни его ног, то по длине шага возникает шаговое напряжение $U_{ш}$.

Шаговым напряжением или напряжением шага называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися на расстоянии шага (0,8 – 1,0 м), на которых одновременно стоит человек.

Напряжение шага $U_{ш}$ определяется по формуле:

$$U_{ш} = U^I - U^{II}, \quad (15.5)$$

где U^I – потенциал в точке касания земли одной ноги человека, В;

U^{II} – потенциал в точке касания земли второй ноги человека, В.

Наибольший электрический потенциал возникает в точке соприкосновения провода с землей. Опасность поражения человека шаговым напряжением повышается по мере приближения человека к месту замыкания провода на землю и при увеличении величины шага. Практически напряжение шага падает до нуля на расстоянии 20 м от точки падения провода. Из зоны поражения выходить следует мелкими шагами. Защитное действие оказывает обувь, обладающая изоляционными свойствами, например, резиновая.

Защита человека от поражения электрическим током.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Они регламентированы действующими правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на: коллективные и индивидуальные; средства, предупреждающие прикосновение людей к элементам сети,

находящимся под напряжением, и средства, которые обеспечивают безопасность, если прикосновение все-таки произошло.

Основные способы и средства *электрозащиты*:

- изоляция токоведущих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сетей;
- защитное заземление;
- выравнивание потенциалов;
- зануление;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной электрозащиты.

Изоляция токоведущих частей – одна из основных мер электробезопасности. Согласно ПУЭ сопротивление изоляции токоведущих частей электрических установок относительно земли должно быть не менее 0,5 – 10 МОм (1МОм – 10^6 Ом).

Различают рабочую, двойную и усиленную рабочую изоляцию.

Рабочей называется изоляция, обеспечивающая нормальную работу электрической установки и защиту персонала от поражения электрическим током.

Двойная изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной, используется в тех случаях, когда требуется обеспечить повышенную электробезопасность оборудования (например, ручного электроинструмента, бытовых электрических приборов и т.д.). Сопротивление двойной изоляции должно быть не менее 5 МОм, что в 10 раз превышает сопротивление обычной рабочей.

В ряде случаев рабочую изоляцию выполняют настолько надежно, что ее электросопротивление составляет не менее 5 МОм и потому она обеспечивает такую же защиту от поражения током, как и двойная. Такую изоляцию называют усиленной рабочей изоляцией.

Разделяют основные и дополнительные изолирующие средства.

Основными называют такие электрoзащитные средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение.

Дополнительные электрoзащитные средства усиливают изоляцию человека от токопроводящих частей и земли.

Неизолированные токоведущие части электрoустановок, работающих под любым напряжением, должны быть надежно ограждены или расположены на недоступной высоте, чтобы исключить случайное прикосновение к ним человека. Конструктивно ограждения изготавливают из сплошных металлических листов или металлических сеток.

Для предупреждения об опасности поражения электрическим током используют различные звуковые, световые и цветовые сигнализаторы, устанавливаемые в зонах видимости и слышимости персонала.

Также в конструкциях электрoустановок предусмотрены блокировки – автоматические устройства, с помощью которых преграждается путь в опасную зону или предотвращаются неправильные, опасные для человека действия. Блокировки могут быть: механическими (стопоры, защелки, фигурные вырезы), электрическими или электрoмагнитными.

С целью информации персонала об опасности служат предупредительные плакаты, которые в соответствии с назначением делятся на: предостерегающие, запрещающие, разрешающие и напоминающие.

Части оборудования, представляющие опасность для людей, окрашивают в сигнальные цвета и на них наносят знак безопасности согласно ГОСТ 12.4.026-76 «Цвета сигнальные и знаки безопасности». Красным цветом окрашивают кнопки и рычаги аварийного отключения электрoустановок.

Чтобы снизить опасность поражения током людей, работающих с переносным электрoинструментом и осветительными лампами, используют малое напряжение, не превышающее 42 В. Например, при работе в металлическом

резервуаре, для питания ручных переносных ламп используют напряжение 12 В.

Для повышения безопасности проводят электрическое разделение сетей на отдельные короткие электрически не связанные между собой участки с помощью разделяющих трансформаторов. Такие разделенные сети обладают малой емкостью и высоким сопротивлением изоляции. Раздельное питание используют при работе с переносными электрическими приборами, на строительных площадках, при ремонтах на электростанциях и др.

В случаях замыканий тока на конструктивные части электрооборудования (замыкание на корпус) на них появляются напряжения, достаточные для поражения людей или возникновения пожара. Защита от поражения электрическим током и возгорания в этом случае осуществляется тремя способами: защитным заземлением, занулением и защитным отключением.

Защитное заземление – это преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые в обычном состоянии не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним при случайном соединении их с токоведущими частями.

Если произошло замыкание и корпус электроустановки оказался под напряжением, то прикоснувшийся к нему человек попадает под напряжение прикосновения (U_{np}), которое определяется выражением:

$$U_{np} = U_3 - U_x, \quad (15.6)$$

где U_3 – полное напряжение на корпусе электроустановки, В;
 U_x – потенциал поверхности земли или пола, В.

Таким образом, напряжением прикосновения называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно может коснуться человек.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения (и напряжения шага), вызванных замыканием на корпус.

Защитному заземлению (занулению) подвергают металлические части электроустановок и оборудования, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, например, корпуса электрических машин, трансформаторов, светильников, каркасы распределительных щитов, металлические трубы и оболочки электропроводок, а также металлические корпуса переносных электроприемников.

Обязательно заземляют электроустановки, работающие под напряжением 380 В и выше переменного тока и питающиеся от источника постоянного тока с напряжением 440 В и выше. Кроме того, в помещениях повышенной и особой опасности заземляют установки с напряжением от 42 до 380 В переменного тока и от 110 до 440 В постоянного тока.

Заземляющее устройство – это совокупность заземлителя – металлических проводников, соприкасающихся с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем. В зависимости от взаимного расположения заземлителей и заземляемого оборудования различают выносные и контурные заземляющие устройства. Первые из них характеризуются тем, что заземлители вынесены за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточены на некоторой части этой площадки.

Контурное заземляющее устройство, заземлители которого располагаются по контуру (периметру) вокруг заземляемого оборудования на небольшом расстоянии друг от друга (несколько метров), обеспечивает лучшую степень защиты, чем предыдущее.

Заземлители бывают искусственные, которые применяются только для целей заземления, и естественные, в качестве которых используют находящиеся в земле трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей или газов), металлические конструкции, арматуру железобетонных конструкций, свинцовые

оболочки кабелей и др. Искусственные заземлители изготавливают из стальных труб, уголков, прутков или полосовой стали.

Требования к сопротивлению защитного заземления регламентируются ПУЭ. В любое время года это сопротивление не должно превышать:

- 4 Ом – в установках, работающих под напряжением до 1000 В; если мощность источника тока составляет 100 кВт-А и менее, то сопротивление заземляющего устройства может достигать 10 Ом;

- 0,5 Ом – в установках, работающих под напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью.

Наибольшее сопротивление заземляющего устройства (R , Ом) не должно быть более $250/I_3$ (не более 10 Ом) в установках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью. При использовании заземляющего устройства одновременно для установок напряжением до 1000 В, R не должно быть более $125/I_3$ (не более 4 или 10 Ом, соответственно). В этих формулах I_3 - ток замыкания на землю, А.

Защитное зануление предназначено для защиты в трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью, работающих под напряжением до 1000 В, так как в этих сетях использование защитного заземления неэффективно. Обычно это сети 220/127, 380/220 и 660/380 В.

Ток короткого замыкания I_3 может оказаться недостаточным для срабатывания защиты, и электроустановка может не отключиться. В таком случае корпус электроустановки будет находиться под опасным напряжением, т. е. защитное заземление в подобных ситуациях не обеспечивает надежной защиты человека, поэтому используют не заземление, а зануление.

Зануление – это преднамеренное соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Проводник, который соединяет зануляемые части электроустановки с глухозаземленной нейтральной точкой

обмотки трансформатора, называют нулевым защитным. Назначение этого проводника заключается в создании для тока короткого замыкания электрической цепи с малым электросопротивлением, чтобы данный ток был достаточен для быстрого отключения повреждения от сети. Это достигается срабатыванием элемента защиты сети от тока короткого замыкания.

Цепь зануления имеет очень малое электрическое сопротивление (доли Ом). Ток короткого замыкания, возникающий при замыкании на корпус и проходящий по цепи зануления, достигает большого значения (нескольких сотен ампер), что обеспечивает быстрое и надежное срабатывание элементов защиты.

Для устранения опасности обрыва нулевого провода устраивают его повторное многократное рабочее заземление через каждые 250 м.

Основное требование безопасности к занулению: оно должно обеспечивать надежное и быстрое срабатывание защиты. Для этого необходимо выполнение следующего условия:

$$I_{кз} \geq kI_{ном}, \quad (15.7)$$

где $I_{ном}$ – номинальное значение тока, при котором происходит срабатывание элемента защиты;

k – коэффициент, характеризующий кратность тока короткого замыкания относительно номинального значения тока, при котором срабатывает элемент защиты.

Время срабатывания элементов защиты зависит от силы тока. Так, для плавких предохранителей и тепловых автоматов при $k = 10$ время срабатывания предохранителя составляет 0,1 с, а при $k = 3$ – 0,2 с. Электромагнитный автоматический выключатель обесточивает сеть за 0,01 с. Согласно требованиям ПУЭ в помещениях с нормальными условиями k должен находиться в пределах 1,2 – 3, а во взрывоопасных помещениях – $k = 1,4$ – 6.

Защитное отключение – это защита от поражения электрическим током в электроустановках, работающих под напряжением до 1000 В, обеспечиваемая автоматическим отключением всех фаз аварийного участка сети за время, допустимое по условиям безопасности для человека.

Основная характеристика этой системы – быстроедействие, время срабатывания не должно превышать 0,2 с. Принцип защиты основан на ограничении времени протекания опасного тока через тело человека.

При замыкании фазного провода на заземленный или зануленный корпус электроустановки на нем возникает напряжение корпуса U_k . Если оно превышает заранее установленное предельно допустимое напряжение $U_{k \text{ доп}}$ (т. е. если $U_k > U_{k \text{ доп}}$), срабатывает защитное отключающее устройство.

Защитное отключение рекомендуется применять:

- в передвижных установках напряжением до 1000 В;
- для отключения электрооборудования, удаленного от источника питания, как дополнение к занулению;
- в электрифицированном инструменте, как дополнение к защитному заземлению или занулению;
- в скальных и мерзлых грунтах при невозможности выполнить необходимое заземление.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию электроустановок. К ним относятся: оформление соответствующих работ нарядом или распоряжением, допуск к работе, надзор за проведением работ, строгое соблюдение режима труда и отдыха, переходов на другие работы и окончания работ.

Нарядом для проведения работы в электроустановках называют составленное на специальном бланке задание на ее безопасное производство, определяющее содержание, место, время начала и окончания работы, необходимые меры безопасности, состав бригад и лиц, ответственных за безопасность выполнения работ.

Распоряжением называют то же задание на безопасное производство работы, но с указанием содержания работы, места, времени и лиц, которым поручено ее выполнение.

Все работы на токоведущих частях электроустановок под напряжением и со снятием напряжения выполняют по наряду, кроме кратковременных работ (продолжительностью не более 1 ч), требующих участия не более трех человек. Эти работы выполняют по распоряжению.

К организационным мероприятиям также относится обучение персонала правильным приемам работы с присвоением работникам, обслуживающим электроустановки, соответствующих квалификационных групп.

Также значительную опасность для человека представляет **статическое электричество**, под которым понимают совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией (ослаблением) свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических веществ, материалов, изделий или на изолированных проводниках.

Протекание различных технологических процессов, таких, как измельчение, распыление, фильтрация и другие, сопровождается электризацией материалов и оборудования, причем возникающий на них электрический потенциал достигает значений тысяч и десятка тысяч вольт.

Воздействие статического электричества на организм человека проявляется в виде слабого длительно протекающего тока либо в форме кратковременного разряда через тело человека, в результате чего может произойти несчастный случай.

Вредное воздействие на организм человека оказывает и электрическое поле повышенной напряженности. Оно вызывает функциональные изменения центрально - нервной, сердечно - сосудистой и некоторых других систем организма.

Защиту от статического электричества осуществляют по двум основным направлениям: уменьшение генерации электрических зарядов и устранение зарядов статического электричества. Для реализации первого направления необходимо правильно

подбирать конструкционные материалы, из которых изготавливаются машины, агрегаты и другое технологическое оборудование. Эти материалы должны быть слабо электризующимися или неэлектризующимися. Например, синтетический материал, состоящий на 40% из нейлона и 60% дакрона, не электризуется при трении о хромированную поверхность.

Для снятия зарядов статического электричества с поверхности технологического оборудования его обязательно заземляют.

Кроме вышеуказанных способов защиты большое значение имеет уменьшение удельного поверхностного электрического сопротивления перерабатываемых материалов. Это достигается повышением относительной влажности в помещении, где производится обработка поглощающих воду материалов (древесины, бумага, хлопчатобумажной ткани и др.), до 65 – 70%, нанесением на их поверхность специальных антистатических составов, введением в состав твердых диэлектриков электропроводящих материалов (графита, углеродных волокон, алюминиевой пудры и т.д.).

Также существуют и другие методы защиты от статического электричества.

Отметим, что измерения уровня тока, напряжения, сопротивления, мощности и других параметров сети, осуществляемые с целью обеспечения безопасности работающих на электроустановках, проводят с использованием обычных амперметров, вольтметров, омметров, ваттметров и других приборов. Конструкции, принципы работы, области применения и методики измерений соответствующих электрических величин рассматриваются в курсах физики и электротехники [1 - 6, 8].

Контрольные вопросы:

1. Укажите действие электрического тока на организм человека.

2. Электротравмы, их виды. Назовите причины электротравматизма.
3. Назовите факторы, от которых зависит исход поражения электрическим током.
4. Охарактеризуйте допустимые уровни напряжения и тока.
5. Назовите основные случаи включения человека в электросеть.
6. Что такое шаговое напряжение?
7. Основные способы и средства электрозащиты, их характеристики.
8. Какова классификация производственных помещений по степени опасности поражения электрическим током?
9. В чем состоит принцип защитного заземления и как с его помощью осуществляется защита человека от поражения электрическим током?
10. Что такое зануление и каков принцип обеспечения электробезопасности с его помощью?
11. Защитное отключение, принципы его работы.
12. Назовите индивидуальные средства защиты от поражения электрическим током.

Лекция 16. Основы пожарной профилактики. Физико - химические основы процесса горения

План лекции:

1. Основы пожарной профилактики.
2. Физико - химические основы процесса горения.
3. Разновидности горения и их характеристики.
4. Взрывопожароопасные свойства веществ и материалов.
5. Основные показатели пожарной опасности.
6. Меры по предотвращению пожаров и взрывов.

Пожар - это неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб.

Пожарная и взрывная безопасность – система организационных и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов.

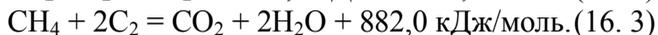
Пожары на промышленных предприятиях, на транспорте, в быту представляют большую опасность для людей и причиняют огромный материальный ущерб. Поэтому вопросы обеспечения пожарной и взрывной безопасности имеют государственное значение.

Физико-химические основы процесса горения.

Горением называют сложное, быстропотекающее физико-химическое превращение веществ, сопровождающееся выделением тепла и света.

Экзотермическими называют химические реакции, протекающие с выделением тепла.

Примером таких экзотермических реакций горения могут служить взаимодействия углерода, водорода и метана с кислородом:



Для протекания процесса горения требуется наличие трех факторов: горючего вещества, окислителя и источника зажигания (импульса).

Чаще всего окислителем является кислород воздуха, но его роль могут выполнять и некоторые другие вещества: хлор, фтор, бром, йод, оксиды азота и др. Некоторые вещества (например, сжатый ацетилен, хлористый азот, озон) могут взрываться с образованием тепла и пламени.

Горение многих веществ прекращается, когда концентрация кислорода понижается с 21 до 14 – 18%. Некоторые вещества,

например, водород, этилен, ацетилен, могут гореть при содержании кислорода воздуха до 10% и менее.

Источниками зажигания могут быть: случайные искры различного происхождения (электрические, возникшие в результате накопления статического электричества, искры от газо- и электросварки и т.д.), нагретые тела, перегрев электрических контактов и др.

Различают полное и неполное горение. Процессы полного горения протекают при избытке кислорода, а продуктами реакции являются вода, диоксиды серы и углерода, т. е. вещества, не способные к дальнейшему окислению.

Неполное горение происходит при недостатке кислорода, продуктами реакции в этом случае являются токсичные и горючие (т. е. способные к дальнейшему окислению) вещества, например, оксид углерода, спирты, альдегиды, кетоны и др.

В зависимости от свойств горючей смеси горение бывает гомогенным и гетерогенным. При гомогенном горении горючее вещество и окислитель имеют одинаковое агрегатное состояние (например, смесь горючего газа и воздуха), а при гетерогенном – вещества при горении имеют границу раздела (например, горение твердых или жидких веществ в контакте с воздухом).

По скорости распространения пламени различают следующие виды горения:

- дефлаграционное (скорость распространения пламени – десятки метров в секунду);
- взрывное (сотни метров в секунду);
- детонационное (тысячи метров в секунду).

Для пожаров характерно дефлаграционное горение.

Горючие смеси в зависимости от соотношения горючего и окислителя делятся на бедные и богатые. Бедные смеси содержат в избытке окислитель, а богатые – горючее.

Процессы возникновения горения следующие:

- вспышка – быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов;

- возгорание – возникновение горения под действием источника зажигания;
- воспламенение – возгорание, сопровождающееся появлением пламени;
- самовозгорание – явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению горения вещества при отсутствии источника зажигания;
- самовоспламенение – самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Взрыв – чрезвычайно быстрое химическое (взрывчатое) превращение, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

При пожаре на людей воздействуют следующие опасные факторы: повышенная температура воздуха или отдельных предметов, открытый огонь и искры, токсичные продукты сгорания (например, угарный газ), дым, пониженное содержание кислорода в воздухе, взрывы и др.

Пожарная опасность (пожароопасность) различных веществ и материалов с учётом их агрегатного состояния (твёрдое, жидкое или газообразное). Основные показатели пожарной опасности – температура самовоспламенения и концентрационные пределы воспламенения.

Температура самовоспламенения – минимальная температура вещества или материала, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся пламенным горением.

Отличие этого процесса от процесса возгорания заключается в том, что при последнем процессе загорается только поверхность вещества или материала, а при самовоспламенении горение происходит во всем объеме. Процесс самовоспламенения происходит только в том случае, если количество теплоты, выделяемое в процессе окисления, превысит ее отдачу в окружающую среду.

Смеси горючих газов, паров и пыли с окислителем способны гореть только при определенном соотношении в них горючего вещества.

Минимальную концентрацию горючего вещества, при котором оно способно загораться и распространять пламя, называют **нижним концентрационным пределом воспламенения**. Наибольшую концентрацию, при которой еще возможно горение, называют **верхним концентрационным пределом воспламенения**.

Область концентрации между этими пределами представляет собой **область воспламенения**.

Значения нижнего и верхнего пределов воспламенения не являются постоянными, а зависят от мощности источника воспламенения, содержания в горючей смеси инертных компонентов, температуры и давления горючей смеси.

Кроме концентрационных различают и температурные пределы (нижний и верхний) воспламенения, под которыми понимают такие температуры вещества или материала, при которых его насыщенные горючие пары образуют в окислительной среде концентрации, равные, соответственно, нижнему и верхнему концентрационным пределам распространения пламени.

Температура воспламенения – это минимальная температура вещества или материала, при которой они выделяют горючие пары и газы с такой скоростью, что при наличии источника зажигания возникает устойчивое горение.

После удаления этого источника вещество продолжает гореть. Таким образом, температура воспламенения характеризует способность вещества к самостоятельному устойчивому горению.

Температура вспышки ($t_{всп}$) – это минимальная температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхнуть от источника. Скорость образования горючих газов при вспышке еще недостаточна для возникновения пламени.

Температура вспышки используется для характеристики всех горючих жидкостей по пожарной опасности.

По этому показателю все горючие жидкости делятся на два класса: легковоспламеняющиеся (ЛВЖ), к которым относятся жидкости с температурой вспышки до 61°C (бензин, ацетон, этиловый спирт и др.) и горючие (ПК) с температурой вспышки выше 61°C (масло, мазут, формалин и др.).

Температура воспламенения, температура вспышки, а также температурные пределы воспламенения относятся к показателям пожарной опасности.

Пыли многих твердых горючих веществ, взвешенные в воздухе, образуют с ним воспламеняющиеся смеси. Минимальную концентрацию пыли в воздухе, при которой происходит ее загорание, называют нижним концентрационным пределом воспламенения пыли.

Понятие верхнего концентрационного предела воспламенения для пыли не применяется, так как невозможно создавать очень большие концентрации пыли во взвешенном состоянии.

Кроме рассмотренных характеристик пожароопасности веществ и материалов, используется понятие горючести вещества или материала, т. е. их способности к горению. По этому признаку все вещества делятся на: горючие (сгораемые), трудногорючие (трудносгораемые) и негорючие (несгораемые).

Горючими называют такие вещества и материалы, которые продолжают гореть и после удаления источника зажигания.

Трудносгораемые вещества способны возгораться на воздухе от источника зажигания, но после его удаления самостоятельно гореть не могут.

Негорючие вещества и материалы не способны гореть на воздухе.

Для количественной характеристики горючести веществ и материалов используют **показатель возгораемости (B)**:

$$B = \frac{Q_0}{Q_u}, \quad (16.4)$$

где Q_u – количество теплоты, полученной от источника поджигания;

Q_0 – количество теплоты, выделяемой образцом при горении в процессе испытания.

Если величина B более 0,5, то материалы относят к сгораемым, для трудносгораемых $B = 0,1 – 0,5$, а для несгораемых – B менее 0,1.

Основными причинами пожаров на производстве являются нарушение технологического режима работы оборудования, неисправность электрооборудования, плохая подготовка оборудования к ремонту, самовозгорание различных материалов и др.

В соответствии с нормативными документами (ГОСТ 12.1.044-84 «Пожарная безопасность» и ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность. Общие требования») вероятность возникновения пожара или взрыва в течение года не должна превышать 10^{-6} .

При проектировании промышленных предприятий следует учитывать требования пожарной безопасности. Необходимо, чтобы используемые строительные конструкции обладали требуемой огнестойкостью, т. е. способностью сохранять под действием высоких температур пожара свои рабочие функции, связанные с огнепреграждающей, теплоизолирующей или несущей способностью.

Огнепреграждающая способность строительных конструкций характеризует их стойкость к образованию трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя.

Теплоизолирующая способность конструкции зависит от их способности к прогреву. Многие строительные материалы плохо проводят тепло (обладают низкой теплопроводностью). Это объясняется тем, что они имеют пористую структуру, причем в их ячейках заключен воздух, теплопроводность которого мала. Огнестойкость по теплоизолирующей способности

характеризуется повышением температуры в любой точке на необогреваемой поверхности конструкции более чем на 190 °С по сравнению с ее первоначальной температурой (до нагрева).

Потеря несущей способности строительной конструкции характеризуется ее обрушением.

Количественно огнестойкость строительных конструкций характеризуют **пределом огнестойкости**, т. е. временем (в часах или минутах), по истечении которого строительная конструкция теряет несущую или ограждающую способность.

Потеря ограждающей способности – это образование в несущих конструкциях трещин, через которые в соседние помещения могут проникать продукты горения и пламя, или прогрев строительных конструкций до таких температур, при которых возможно самовоспламенение веществ в смежных помещениях.

Для повышения огнестойкости зданий и сооружений их металлические конструкции оштукатуривают или облицовывают материалами с низкой теплопроводностью, например, гипсовыми плитами. Хороший эффект дает окрашивание металлических и деревянных конструкций специальными огнезащитными красками. Для защиты деревянных конструкций от огня их также оштукатуривают или пропитывают антипиренами (например, фосфорнокислым или сернокислым аммонием и др.).

Антипирены – это химические вещества, придающие древесине негорючесть.

Существенное значение имеет зонирование территорий, которое заключается в группировании на территории предприятий, цехов и участков с повышенной пожарной опасностью в определенных местах (с подветренной стороны). Кроме того, необходимо учитывать рельеф местности. Например, склады и резервуары с горючим надо располагать в низких местах, чтобы при возникновении пожара разлившаяся горючая жидкость не могла стекать к низлежащим зданиям и сооружениям.

Чтобы огонь при пожаре не распространялся с одного здания на другое, их располагают на определенном расстоянии друг от друга. Это расстояние называют противопожарным разрывом. Для различных категорий зданий противопожарные разрывы составляют 9 – 18 м.

Для защиты от пожара в зданиях устраивают противопожарные преграды, т. е. конструкции с нормируемым пределом огнестойкости, препятствующие распространению огня из одной части здания в другую. К этим преградам, имеющим предел огнестойкости не менее 2,5 ч, относятся стены, перегородки, перекрытия, двери, ворота, окна и др.

При проектировании и строительстве необходимо предусмотреть пути эвакуации работающих, т. е. пути, ведущие к эвакуационному выходу на случай возникновения пожара. Здания и сооружения должны быть снабжены устройствами, предназначенными для удаления дыма при пожаре: аэрационными фонарями, специальными дымовыми люками и др. [1 - 5, 8, 14].

Контрольные вопросы:

1. Опишите физико – химические основы процесса горения.
2. Назовите разновидности горения и их характеристики.
3. Основные показатели пожароопасности веществ и материалов.
4. Каковы характеристики материалов по горючести?
5. Дайте определение понятия «огнестойкость строительной конструкции».

Лекция 17. Способы тушения пожаров

План лекции:

1. Способы тушения пожаров.
2. Огнегасительные вещества.
3. Средства пожаротушения.
4. Пожарные датчики (извещатели).

Для тушения пожара используют следующие способы: разбавление воздуха негорючими газами до таких концентраций кислорода, при которых горение прекращается; охлаждение очага горения ниже определенной температуры (температуры горения); механический срыв пламени струей жидкости или газа; снижение скорости химической реакции, протекающей в пламени; создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы.

Огнегасительные – это вещества, которые при введении в зону сгорания прекращают горение. Основные огнегасящие вещества и материалы – это вода и водяной пар, химическая и воздушно - механическая пены, водные растворы солей, негорючие газы, галоидоуглеводородные огнегасительные составы и сухие огнетушащие порошки.

Наиболее распространенным веществом, применяемым для тушения пожара, является вода. Она снижает температуру очага горения. При нагреве до 100°C 1 литра воды поглощается приблизительно $4 \cdot 10^5$ Дж теплоты, а при испарении – $22 \cdot 10^5$ Дж. Водяной пар (из 1 литра воды образуется около 1700 л пара) препятствует доступу кислорода к горящему веществу. Вода, подаваемая к очагу горения под большим давлением, механически сбивает пламя, что облегчает тушение пожара. Вода хорошо проводит электрический ток, поэтому ее не используют для тушения электроустановок, находящихся под напряжением (это приводит к короткому замыканию).

Водяной пар можно применять для тушения ряда твердых, жидких и газообразных веществ.

Химические и воздушно-механические пены применяют для тушения твердых и жидких веществ, не взаимодействующих с водой. Одной из основных характеристик этих пен является их кратность, т. е. отношение объема пены к объему ее жидкой фазы.

Пеной называют неоднородную систему, состоящую из жидкости и распределенных в ней пузырьков воздуха или газа.

Применение инертных и негорючих газов (аргон, азот, галоидированные углеводороды и др.) основано на разбавлении воздуха и снижении в нем концентрации кислорода до значений, при которых горение прекращается. Высокими огнегасительными свойствами обладают и галоидированные углеводороды (хладоны, бромистый этил и др.).

К числу жидких огнегасительных веществ относятся водные растворы некоторых солей, например, бикарбоната натрия, хлористого кальция, хлористого аммония, аммиачно-фосфорных солей и др. Кроме того, на испарение воды затрачивается значительное количество теплоты, что приводит к понижению температуры очага горения. При разложении некоторых солей в результате горения в воздухе выделяются негорючие газы, снижающие концентрацию кислорода.

Порошковые огнегасительные составы препятствуют поступлению кислорода к поверхности горящего материала. Их используют для тушения небольших количеств различных горючих веществ и материалов, при тушении которых нельзя применять другие огнесительные средства. Примером этих материалов могут служить хлориды калия и натрия, порошки на основе карбонатов и бикарбонатов натрия и калия.

Средства пожаротушения подразделяют на: первичные, стационарные и передвижные (пожарные автомобили).

Первичные средства используют для ликвидации небольших пожаров и загораний. Их обычно применяют до прибытия пожарной команды. К первичным средствам относятся: передвижные и ручные огнетушители, переносные огнегасительные установки, внутренние пожарные краны, ящики с песком, асбестовые покрывала, противопожарные щиты с набором инвентаря и др.

В зависимости от вида огнегасительного средства, находящегося в огнетушителях, они делятся на: жидкостные, углекислотные, химические пенные, воздушно-пенные, хладоновые, порошковые и комбинированные. Жидкостные огнетушители заполнены водой с добавками, углекислотные –

сжиженным диоксидом углерода, химические пенные – растворами кислот и щелочей, хладоновые – хладонами (например, марок 114В2,13В1); порошковые огнетушители заполнены порошковыми составами. Огнетушители маркируются буквами, характеризующими вид огнетушителя по разряду, и цифрой, обозначающей его объем в литрах.

Различают следующие виды углекислотных огнетушителей: ручные – ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8 и передвижные – ОУ-25, ОУ-80, ОУ-400.

Из химических пенных огнетушителей наиболее распространены на практике ОХП.

Воздушно-пенные огнетушители маркируются как ОВП (например, ручные ОВП-5 и ОВП-10).

Хладоновые огнетушители маркируются как ОХ (например, ОХ-3, ОХ-7) или ОАХ-0,5 (в аэрозольной установке).

Порошковые огнетушители маркируются как ОПС (например, ОПС-10).

Стационарные установки предназначены для тушения пожаров в начальной стадии их возникновения. Они запускаются автоматически или с помощью дистанционного управления. Эти установки заправляются следующими огнетушащими средствами: водой, пеной, негорючими газами, порошковыми составами или паром.

К автоматическим установкам водяного пожаротушения относятся спринклерные и дренчерные установки. Отверстия, через которые вода поступает в помещение при пожаре, запаяны легкоплавкими сплавами. Эти сплавы плавятся при определенной температуре и открывают доступ распыляемой воде.

В тех случаях, когда целесообразно подавать воду на всю площадь помещения, в котором возник пожар, применяют дренчеры, которые также представляют собой систему труб, заполненную водой, оборудованную распылительными дренчерами.

Назначение пожарных датчиков (извещателей). Пожарный датчик (извещатель) реагирует на появление дыма (дымовой

извещатель), на повышение температуры воздуха в помещении (тепловой извещатель), на излучение открытого пламени (световой извещатель) и т.д. и подает сигнал включения системы подачи огнетушащих веществ, которые подаются к очагу загорания.

Пожарные датчики (извещатели) могут быть как ручные (пожарные кнопки, устанавливаемые в коридорах помещений и на лестничных площадках), так и автоматические. Последние, как уже сказано выше, подразделяются на тепловые, дымовые и световые.

Имеются комбинированные извещатели (КИ), реагирующие на теплоту и дым.

Сигнал от пожарных извещателей передается на пожарные станции, наиболее распространенные из них – ТЛО-10/100 (тревожная лучевая оптическая) и «Комар – сигнал 12 АМ» (концентратор малой вместимости).

В качестве передвижных средств пожаротушения используются пожарные автомобили (автоцистерны и специальные) [8, 14].

Контрольные вопросы:

1. Что такое огнегасительные вещества? Перечислите их.
2. Что представляют собой автоматические системы тушения пожара?
3. Укажите типы химических огнетушителей.
4. Типы пожарных извещателей и принципы их работы.

Лекция 18. Техногенные аварии и катастрофы

План лекции:

1. Чрезвычайная ситуация, основные понятия.
2. Техногенные (технологические) аварии и катастрофы.
3. Причины и стадии техногенных катастроф.

Существуют различные определения понятия «чрезвычайная ситуация». Наиболее часто чрезвычайную ситуацию определяют как нарушение нормальной жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории¹), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией², эпизоотией³, эпифитотией⁴, а также военными действиями и приведшее или могущее привести к людским и материальным потерям.

Чрезвычайная ситуация может быть также определена как внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, характеризующаяся неопределенностью, стрессовым⁵ состоянием населения, значительным социально-экологическим и экономическим ущербом, прежде всего, человеческими жертвами, и вследствие этого необходимостью быстрого реагирования (принятия решений), крупными людскими, материальными и временными затратами на проведение эвакуационно - спасательных работ, сокращение масштабов и ликвидацию многообразных негативных последствий (разрушений, пожаров и т.д.).

¹ Акватория – водное пространство, ограниченное естественными, искусственными или условными границами.

² Эпидемия – массовое прогрессирующее во времени и пространстве инфекционное заболевание людей (в пределах одного региона), уровень которого значительно превышает обычно регистрируемый на данной территории уровень заболеваемости.

³ Эпизоотия – одновременное распространение инфекционного заболевания среди большого числа одного из многих видов животных, уровень которого значительно превышает обычный уровень заболевания, характерный для данной местности.

⁴ Эпифитотия – широкое распространение инфекционной болезни растений, в первую очередь сельскохозяйственных структур, на обширной территории в течение определенного времени.

⁵ Стресс – состояние психической напряженности, вызванное трудностями, опасностями, возникающее у человека при решении важной для него задачи.

Понятие чрезвычайной ситуации связано с такими понятиями, как «опасность» и «риск».

Опасностью называют различные явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека или иным его ценностям, а также представляющие угрозу для жизни человека.

Риск – количественная оценка опасности.

Существуют 18 параметров, дающих качественные описания рассматриваемых критериев (следующих из определения чрезвычайной ситуации).

Имеющиеся критерии обладают свойством системности, т.е. только наличие одновременно всей их совокупности позволяет квалифицировать ситуацию как чрезвычайную. Отсутствие хотя бы одного критерия уже не позволяет этого сделать.

Приведем примеры использования данных критериев. Например, пусть произошла катастрофа на пассажирском транспорте (авиационном, железнодорожном, автомобильном и др.), повлекшая за собой человеческие жертвы.

Однако эта катастрофа не может быть признана чрезвычайной ситуацией, в частности, потому, что не отвечает ей с точки зрения социально-психологического критерия. Стрессовое состояние испытывают, как правило, оставшиеся в живых участники, их родственники и родственники погибших. Остальное население продолжает достаточно спокойно пользоваться транспортными средствами. Кроме того, такая катастрофа зачастую не влечет за собой цепи тяжелых вторичных, третичных и других последствий. Это означает, что она не отвечает и специфическому (седьмому) критерию чрезвычайных ситуаций.

Резюмируя вышеизложенное, следует сказать, что рассмотренная катастрофа касается ограниченного круга лиц, «рискнувших» использовать именно это транспортное средство, и не может характеризоваться как чрезвычайная ситуация.

Рассмотрим транспортную катастрофу, произошедшую с железнодорожным составом, перевозившим опасные грузы (взрывчатые, агрессивные или ядовитые химические вещества).

Предположим, что в результате катастрофы произошел взрыв. В этом случае под действие такого поражающего фактора, как ударная волна, попал и достаточно широкий круг лиц, «не связанных» с источником риска (железнодорожный транспорт), а также и значительное число сооружений, прежде всего жилых домов. Таким образом, возникшая в результате катастрофы ситуация соответствует всем критериям и может быть определена как чрезвычайная.

Исследователи указывают, что промышленные аварии превращаются в чрезвычайные ситуации в том случае, если вызванные ими последующие негативные события угрожают существованию социальной структуры общества.

В связи с этим особый интерес представляет рассмотрение «специфического», или мультипликативного, критерия. Этот критерий выделяет одну из главных характерных черт чрезвычайных ситуаций: многопорядковость и разнообразие последствий – социальных, политических, экологических, экономических, психологических.

Возьмем в качестве примера аварию на Чернобыльской АЭС. В результате аварии погибли десятки и были госпитализированы сотни людей. Пришлось эвакуировать сотни тысяч граждан и затратить на ликвидацию последствий аварии значительные средства (в первые четыре года после аварии было затрачено 10,5 млрд. руб.¹). Некоторые из соответствующих научно-технических программ, связанных с развитием ядерной энергетики, были заторможены или вообще отменены (в отношении реакторов РБМК-1000). Были разработаны новые подходы к размещению АЭС, а также к подготовке кадров для их обслуживания. Перечисленные мероприятия потребовали от государства значительно увеличить расход финансовых и материальных ресурсов на эти цели.

¹ В ценах тех лет.

Наличие всей совокупности параметров (всех 18), качественно описывающих критерии, не является необходимым для определения ситуации как экстремальной. В той или иной конкретной обстановке некоторые из них могут отсутствовать.

Например, в случае катастрофического загрязнения окружающей среды токсичными веществами (пестицидами, тяжелыми металлами и др.), параметр 7 (дестабилизация психофизиологической устойчивости в посткризисный период) может отсутствовать.

Основные последствия чрезвычайных ситуаций. За последние 20 лет от них на Земле пострадало более 1 млрд человек, в том числе свыше 5 млн погибло или было ранено, а нанесенный материальный ущерб исчисляется триллионами долларов. За указанный период по экологическим причинам покинули родные места и стали беженцами миллионы людей. В настоящее время в мире число таких беженцев превышает 10 млн человек, тогда как число традиционных беженцев (жертв вооруженных конфликтов и региональных войн) – более 13 млн человек.

Большую опасность представляют техногенные (технологические) катастрофы, которые возникают вследствие нарушения технологического процесса или внезапного выхода из строя машин, механизмов и технических устройств во время их эксплуатации.

К техногенным катастрофам относятся различные аварии на промышленных и энергетических объектах, а также на транспорте, растекание по поверхности почвы и воды токсичных жидкостей и нефтепродуктов и др.

Среди наиболее опасных техногенных (технологических) катастроф следует указать аварии на энергетических объектах, прежде всего на АЭС; далее следуют химические предприятия, выпускающие пестициды, гербициды, минеральные удобрения, пластмассы; транспортные аварии (при перевозке опасных грузов); нефтяные разливы при прорыве трубопроводов и др. Особое место в этом ряду занимает разрушение плотин. По своим

последствиям они могут быть более опасными, чем аварии на АЭС. Следует подчеркнуть, что радиационные и химические поражающие факторы, возникающие при авариях на АЭС и химических предприятиях, обладают долгосрочным и, что особенно опасно, скрытым (латентным) воздействием на организм человека, а также оказывают негативное воздействие на здоровье будущих поколений.

Приведем определения основных используемых понятий:

Катастрофа – крупная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и разрушение или уничтожение объектов и других материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному загрязнению окружающей среды.

Авария – опасное происшествие в технической системе на промышленном, энергетическом или транспортном объекте, создающее угрозу жизни или здоровью людей и приводящее к нарушению технологических процессов, разрушению указанных объектов, а также наносящее вред окружающей среде.

Пестициды – собирательный термин, охватывающий все химические вещества, используемые для борьбы с различными видами вредных организмов.

Гербициды – химические вещества (или их композиции), используемые для борьбы с нежелательной растительностью.

Причины и стадии техногенных катастроф. Возникновение любой чрезвычайной ситуации, в том числе и техногенной катастрофы, вызывается сочетанием действий объективных и субъективных факторов, создающих причинный ряд событий.

Непосредственными причинами техногенных катастроф могут быть внешние по отношению к инженерной системе воздействия (стихийные бедствия, военно-диверсионные акции и т.д.), условия и обстоятельства, связанные непосредственно с данной системой, в том числе технические неисправности, а также человеческие ошибки.

Последним, согласно статистике и мнению специалистов, принадлежит главная роль в возникновении техногенных

катастроф. По оценке экспертов, человеческие ошибки обуславливают 45% экстремальных ситуаций на АЭС, 60% авиакатастроф и 80% катастроф на море.

Процесс развития чрезвычайных ситуаций (в том числе и техногенных катастроф) целесообразно разделить на три стадии: зарождения, кульминационную и затухания. Считается, что во всех типах экстремальной ситуации рассмотренные стадии присутствуют всегда. В ином случае в соответствии с принятым определением и критериями ситуацию нельзя квалифицировать как чрезвычайную.

На первой стадии развития чрезвычайной ситуации складываются условия предпосылки будущей техногенной катастрофы:

- накапливаются многочисленные технические неисправности;
- наблюдаются сбои в работе оборудования;
- персонал, обслуживающий его, допускает ошибки;
- происходят не выходящие за пределы объекта некатастрофические (локальные) аварии, т.е. нарастает технический риск.

Продолжительность этой стадии оценить трудно. Для «взрывных» чрезвычайных ситуаций (катастрофы в Бхопале и Чернобыле) эти стадии могут измеряться сутками или даже месяцами. У «плавных» техногенных катастроф (например, экстремальная ситуация в районе озера Лав в США) продолжительность указанной стадии измеряется годами или десятилетиями.

В качестве примера рассмотрим стадию зарождения катастрофы, произошедшей в ночь с 3-го на 4 июля 1989 г. в Республике Башкортостан. В эту ночь на участке 1431 км продуктопровода Западная Сибирь – Урал – Поволжье по перекачке легких углеводородов произошел разрыв трубы диаметром 720 мм с истечением сжиженного продукта, которое продолжалось примерно 2,5 часа (вытекло порядка 11 000 т продукта). От места разрыва до железнодорожного полотна

расстояние составляло 300 – 500 м. При прохождении по железнодорожной линии двух поездов, следовавших навстречу друг другу, от случайной искры произошел взрыв смеси паров продукта с воздухом, вызвавший крушение поездов. В результате этой техногенной катастрофы 573 человека погибли, 693 были ранены.

Предпосылки зарождения этой катастрофы наблюдались в период с 1985 по 1989 гг. За это время произошло 9 аварийных отказов по различным причинам. Около двух лет не было электрохимической защиты продуктопровода, в результате чего на отдельных его участках произошла поверхностная коррозия на глубину 3 – 4 мм, а в отдельных случаях и сквозная. Колесный и гусеничный транспорт при переезде через трубопровод наносил ему многократные повреждения. Существовали и другие причины, приведшие к возникновению данной техногенной катастрофы.

Кульминационная стадия техногенной катастрофы начинается с выброса вещества или энергии в окружающую среду (возникновение пожара, взрыва, выброс в атмосферу ядовитых веществ, разрушение плотины) и заканчивается перекрытием (ограничением) источника опасности. В случае Чернобыльской аварии продолжительность кульминационной стадии составляла 15 дней (с 26 апреля по 10 мая 1986 г.).

Стадия затухания технологической катастрофы хронологически охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности – локализации чрезвычайной ситуации, до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий. Продолжительность этой стадии измеряется годами и многими десятилетиями.

Особенно тяжелы и продолжительны медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Первым медицинским событием после этой аварии была острая лучевая болезнь. Из 134 заболевших в первые 3 месяца после аварии умерли 28 человек, тогда как за 40 лет до аварии было зарегистрировано около 500 случаев острой лучевой болезни с

летальным исходом всего в 43 случаях. Вторым драматическим последствием аварии явилось резкое увеличение рака щитовидной железы у детей, зарегистрированное в некоторых областях Белоруссии и Украины, а также в Брянской области России. Максимальное количество больных выявлено в районах наибольшего загрязнения радионуклидами.

В дни аварии в окружающую среду были выброшены радионуклиды с общей активностью около 50 млн кюри. В почву попали: в основном, цезий-137 с периодом полураспада 30 лет, стронций-90 – 28 лет, плутоний-239 – 24 065 лет и плутоний-241 – 14 лет. Изотоп плутоний-241 по активности превышает плутоний-239. Плутоний-241 в результате радиоактивных превращений преобразуется в америций-241 (альфа-излучатель), период полураспада которого составляет 485 лет. Последний изотоп преобразуется в нептуний-239, являющийся альфа - излучателем с периодом полураспада 2 140 000 лет (практически вечный альфа-излучатель). Вследствие этого через 20 лет после Чернобыльской катастрофы (к 2006 г.) возможно двойное увеличение количества альфа - излучателей в почве. После этого уровень радиации будет повышаться еще в течение 40 лет, оставаясь затем уже постоянным на тысячелетия. При попадании в организм человека или животных указанных выше радиоактивных изотопов происходит внутреннее облучение тканей, что повышает риск появления и развития злокачественных опухолей.

Весьма длительна стадия затухания при катастрофах на химических предприятиях, что доказывает пример Бхопала, где люди продолжают умирать до сих пор; а также при загрязнении окружающей среды токсичными веществами [1, 4, 8, 9-13].

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятия «чрезвычайная ситуация» (ЧС).
2. Какова взаимосвязь понятий «опасность», «риск» и «ЧС»?
3. Каковы критерии ЧС?
4. Как классифицируются ЧС?
5. Каков ущерб от ЧС?

6. Какова продолжительность развития ЧС? Масштабы ЧС.
7. Перечислите причины и стадии техногенных катастроф.
8. Каковы медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС?

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебн. /Под ред. С. В. Белова. – М.: Высшая школа, 2009. – 448 с.
2. Безопасность производственных процессов: Справочник /Белов С.В., Бринза В.Н., Векшин Б.С. и др.; Под ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1995. – 448 с.
3. Носов В.Б. Безопасность труда/Под ред. В.В. Амбарцумяна. – М.: Машиностроение, 2004. – 144 с.
4. Зотов Б.И., Курдюмов В.И. Безопасность жизнедеятельности.- М.: КолосС, 2004.
5. Русак О.Н. Безопасность труда: Учебное пособие - С-ПБ: Изд-во МАНЭБ, 1997.
6. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 6-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 823 с.
7. Метрологическое обеспечение безопасности труда: В 2 т./Под ред. И.Х. Сологына. – М.: Изд-во стандартов, 2009. Т. 1: Измеряемые параметры физических опасных и вредных производственных факторов, 1988; Т. 2: Измеряемые параметры химических, биологических и психофизиологических опасных и вредных производственных факторов, 2009. – 256 с.
8. Образовательные технологии в обучении предмета «Безопасность жизнедеятельности». Методическое пособие из серии образовательные технологии в обучении предмета «Безопасность жизнедеятельности». Под ред. д.х.н., профессора Б.А. Мухамедгалиева. - Т.: ТашГТУ, 2011. - 136 с.
9. Ванюков К. И. и др. Система предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях: Понятийно-терминологический словарь. – Минск: Полымя, 2008. – 53 с.

10. Гофман Дж. Рак, вызываемый облучением в малых дозах: Независимый анализ проблемы: Пер. с англ./Под ред. Е.Б. Бурлаковой и В.Н. Лыцова. – М.: Социал.-экол. союз, 2006, кн. 1, 2.

11. Ковалевский Ю.Н. Стихийные бедствия и катастрофы. – Рига: Авотс, 2006. - 212 с.

12. Перфильев Б.Н. Управление в чрезвычайных ситуациях: проблемы теории и практики. – М.: ВИНТИ, 2002. – 202 с. (Итоги науки и техники. Сер. Проблемы безопасности: чрезвычайные ситуации)

13. Лушников Е.Ф. Десятилетие после Чернобыля: последствия аварии и актуальные проблемы радиационной патологии//Архив патологии. - 2007. - № 4. - С. 42-44.

14. Фомин В.И. Автоматические установки пожаротушения // Противопожарные и аварийно-спасательные средства.- 2004. - № 4.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лекция 1. Предмет и содержание курса БЖД, цели и задачи изучения дисциплины БЖД.....	4
Лекция 2. Проблемы безопасности в системе «Человек-среда обитания» - объективные основы возникновения науки о БЖД.....	10
Лекция 3. Законно-правовые основы БЖД. Государственная нормативная система управления охраной труда.....	13
Лекция 4. Вредные вещества в промышленности и их воздействие на организм человека.....	22
Лекция 5. Оздоровление воздушной среды.....	26
Лекция 6. Микроклимат промышленного помещения.....	32
Лекция 7. Создание требуемых параметров микроклимата в производственных помещениях.....	40
Лекция 8. Производственное освещение. Основные характеристики производственного освещения.....	48
Лекция 9. Создание требуемых условий освещения на рабочем месте.....	53
Лекция 10. Производственный шум и вибрация, меры защиты от их воздействия. Инфразвук.....	60
Лекция 11. Электромагнитные поля, их воздействие на организм человека, методы защиты.....	84
Лекция 12. Ионизирующее излучение, основные понятия.....	91
Лекция 13. Защита от ионизирующего излучения.....	99
Лекция 14. Безопасность оборудования и производственного процесса в системах электроники и автоматики.....	104
Лекция 15. Электробезопасность. Анализ условий поражения электрическим током. Классификация помещений по степени электробезопасности.....	109
Лекция 16. Основы пожарной профилактики. Физико-химические основы процесса горения.....	129

Лекция 17. Способы тушения пожаров.....	137
Лекция 18. Техногенные аварии и катастрофы.....	141

Редактор Ахметжанова Г.М.
Корректор Марданова Э.З.