

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Уральский государственный университет путей сообщения
Кафедра «Техносферная безопасность»

Н. П. Попова

**РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ**

Екатеринбург
УрГУПС
2015

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Уральский государственный университет путей сообщения
Кафедра «Техносферная безопасность»

Н. П. Попова

**РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ**

Курс лекций
для студентов направления подготовки
20.04.01 «Техносферная безопасность»
(направленность «Техносферная безопасность»)

Екатеринбург
УрГУПС
2015

УДК 614.8(075)

П58

Попова, Н. П.

П58 Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности : курс лекций / Н. П. Попова. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 144 с.

Курс лекций предназначен для студентов направления подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» при освоении дисциплины «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности». Содержит материал по основным темам курса, освещает методы расчета средств для обеспечения безопасности работников. Окажет помощь при подготовке к экзамену. Соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предназначен для студентов направления подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» всех форм обучения.

УДК 614.8(075)

Опубликовано по решению редакционно-издательского совета университета

Автор: Н. П. Попова, профессор кафедры «Техносферная безопасность», канд. техн. наук, УрГУПС

Рецензент: И. И. Гаврилин, зав. кафедрой «Техносферная безопасность», канд. биол. наук, УрГУПС

Учебное издание

Попова Нина Павловна

**РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

Редактор *С. В. Пилюгина*

Подписано в печать 21.10.15. Формат 60x84/16

Усл. печ. л. 8,4. Электронная версия. Заказ 997

УрГУПС

620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

© Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС), 2015

Оглавление

Лекция 1. Цель и задачи дисциплины. Формируемые компетенции. Методологические подходы к расчету и проектированию систем обеспечения безопасности. Безопасность деятельности человека в производственном процессе	4
Лекция 2. Системы обеспечения экологической безопасности воздушного бассейна, защита воздушной среды от загрязнения пылью и газами. Вентиляция производственных помещений. Особенности разработки систем аспирации	13
Лекция 3. Область применения пыле- и золоулавливающего оборудования. Выбор устройств для очистки воздуха от пыли. Способы очистки воздуха от газообразных загрязнений (абсорбция, адсорбция, каталитические методы очистки, дожигание)	27
Лекция 4. Системы обеспечения безопасности рабочего места: средства защиты от теплового излучения, вибрации общей и локальной, шума	43
Лекция 5. Системы обеспечения безопасности рабочего места: средства защиты от электромагнитных полей оптического диапазона, электромагнитных и ионизирующих излучений	66
Лекция 6. Обеспечение безопасности герметичных систем, работающих под давлением. Арматура (контрольные приборы и приспособления), обеспечивающая безопасность сосудов	102
Лекция 7. Обеспечение пожарной безопасности предприятия. Основные понятия, термины и определения. Пожароопасность веществ и материалов. Категорирование помещений и зданий по пожарной и взрывной опасности. Обеспечение безопасности людей при пожаре	127
Литература	144

Лекция 1

Цель и задачи дисциплины. Формируемые компетенции. Методологические подходы к расчету и проектированию систем обеспечения безопасности. Безопасность деятельности человека в производственном процессе

План

1. Цель и задачи дисциплины. Формируемые компетенции.
2. Методологические подходы к расчету и проектированию систем обеспечения безопасности.
3. Безопасность деятельности человека в производственном процессе.

1. Цель и задачи дисциплины. Формируемые компетенции

Дисциплина «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» преподается на основе ранее изученных дисциплин: математика; физика; химия; гидравлика, безопасность жизнедеятельности в объеме программы высшего профессионального образования является фундаментом для изучения следующих дисциплин: «Анализ опасностей и оценка профессионального риска», «Экспертиза проектной документации по безопасности», «Проектирование вентиляционных систем», «Расчет и проектирование систем электробезопасности»

Общая трудоемкость дисциплины – 144 часа, из них:

- лекций – 14 часов (8 часов – заочное обучение);
- практические занятия или семинары – 28 часов (10 часов – заочное);
- лабораторные работы и курсовое проектирование – нет;
- часы на контроль – 36 часов (4 часа – заочное);
- самостоятельные занятия – 66 часов (122 часа – заочное обучение).

Цель преподавания дисциплины – формирование у обучающихся умения на основе анализа условий жизнедеятельности осуществлять обоснованный выбор, проектирование и расчет систем и устройств безопасности и оценку эффективности их работы.

Задачи дисциплины:

- 1) обобщение и систематизация знаний обучающихся о системах и устройствах безопасности жизнедеятельности;
- 2) способность ориентироваться в перспективах развития техники и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и

природного характера;

3) способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива;

4) способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, осуществлять обоснованный выбор известных устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.

Требования к результатам освоения дисциплины

Магистр по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» должен быть подготовлен к решению следующих профессиональных задач в соответствии с профильной направленности ООП магистратуры и видами профессиональной деятельности:

– выбор и расчет основных параметров средств защиты и окружающей среды применительно к конкретным условиям на основе известных методик и систем;

– расчетно-конструкторские работы по созданию средств обеспечения безопасности, спасения и защиты человека от техногенных и антропогенных воздействий;

– установка (монтаж), наладка, испытания, регулировка, эксплуатация средств защиты от опасностей в техносфере;

– принципы расчета основных аппаратов и систем обеспечения техносферной безопасности;

– анализ, выбор, разработка и эксплуатация систем и методов защиты и среды обитания.

Изучение дисциплины должно способствовать формированию следующих общекультурных (ОК) и профессиональных компетенций (ПК):

– ОК-6: способность обобщать практические результаты работы и предлагать новые решения, к резюмированию и аргументированному отстаиванию своих решений;

– ПК-20: способность проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов;

– ПК-21: способность разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности объекта;

– ПК-25: способность осуществлять мероприятия по надзору и контролю

на объекте экономики, территории в соответствии с действующей нормативно-правовой базой.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

1. Знать и понимать:

1.1. Методологические подходы и основные принципы расчетов и проектирования систем обеспечения безопасности.

1.2. Основы проектирования сооружений механической очистки пылегазовых выбросов, химической очистки отходящих газов, термического обезвреживания отходящих газов.

1.3. Основы проектирования систем защиты от вредных производственных факторов.

2. Уметь:

2.1. Пользоваться научной, справочной и нормативной литературой по разработке систем обеспечения безопасности.

2.2. Применять основные принципы разработки систем безопасности в профессиональной деятельности.

2.3. Осуществлять выбор технологической схемы очистки воздуха от пыле- и газовыделений.

2.4. Разрабатывать методы и средства защиты от вибрации, шума, лазерного излучения, электромагнитного и ионизирующего излучений.

2.5. Выбирать средства обеспечения безопасности герметичных систем, работающих под давлением.

3. Владеть:

3.1. Навыками применения нормативно-правовой и методической базы, основных технологических разработок при проектировании систем обеспечения безопасности техногенных объектов.

3.2. Навыками разработки проектной документации и грамотного составления заданий на проектирование.

2. Методологические подходы к расчету и проектированию систем обеспечения безопасности. Основные понятия систем обеспечения безопасности

В данной дисциплине рассматривается деятельность человека в производственном процессе, в системе: «человек – производственная среда», «человек – техносфера», «человек – рабочее место», «человек – опасность».

Для разработки систем обеспечения безопасности в первую очередь необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. С этим вопросом мы знакомимся в дисциплине «Анализ опасностей и оценка профессионального риска».

Производственный процесс в общем случае характеризуется наличием n -го количества опасных и m -го - вредных факторов.

Противостоять опасным и вредным факторам такого производственного процесса может система защиты, модель которой состоит из соединенных последовательно n -го количества подсистем защиты от опасных и из m -го количества подсистем защиты от вредных факторов (рис. 1.1).

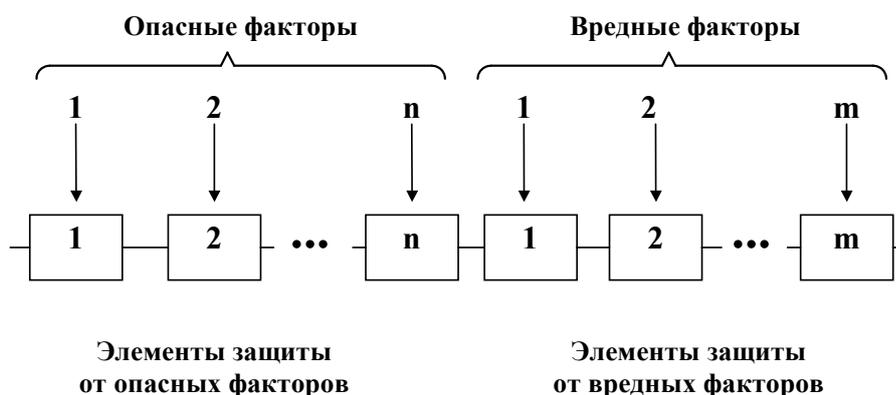


Рис. 1.1. Последовательное расположение элементов системы защиты от n опасных и m вредных производственных факторов

Надежность такой системы защиты (рис. 1.1), где под надежностью системы (подсистемы, элемента) здесь и далее понимается вероятность того, что система (подсистема, элемент) проработает безотказно в течение заданного времени t , может быть определена по формуле

$$P_{cз}(t) = \prod_{i=1}^{n'} P_i(t) \prod_{j=1}^{m'} P_j(t) , \quad (1.1)$$

где $P_i(t)$ – надежность i -й подсистемы защиты от i -го опасного фактора;

$P_j(t)$ – надежность j -й подсистемы защиты от j -го вредного фактора.

Возможна более сложная структурная схема системы защиты, представленная на рис. 1.2.

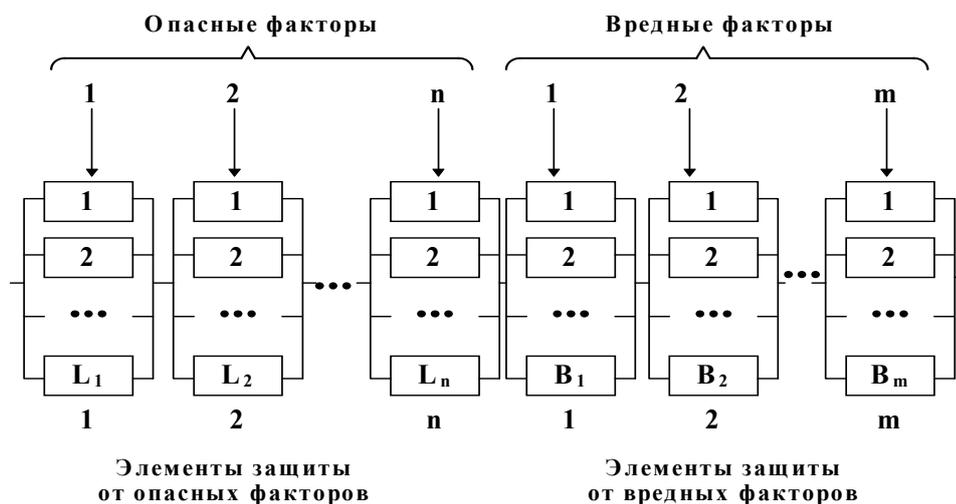


Рис. 1.2. Последовательно-параллельное расположение элементов системы защиты от n опасных и m вредных производственных факторов

Эта система представляет собой последовательно-параллельное расположение элементов защиты от опасных и вредных производственных факторов. Надежность такой системы определяется по следующей формуле:

$$P_{cs}(t) = \prod_{i=1}^{n'} \left\{ 1 - \prod_{k=1}^{L_i} [1 - p_{ik}(t)] \right\} \prod_{j=1}^{m'} \left\{ 1 - \prod_{l=1}^{B_j} [1 - P_{jl}(t)] \right\}, \quad (1.2)$$

где $P_{ik}(t)$ – надежность k -го элемента i -й подсистемы защиты от i -го опасного фактора;

$P_{jl}(t)$ – надежность l -го элемента j -й подсистемы защиты от j -го вредного фактора.

При выборе структурной схемы системы защиты человека от опасностей следует учитывать следующие два подхода:

1 – проектируемая система защиты не ограничивается какими-либо условиями относительно требуемой надежности;

2 – надежность системы защиты жестко регламентирована какими-либо нормативными требованиями.

Первый подход позволяет выбрать структурную схему, при которой будет обеспечиваться максимальное значение надежности при минимуме суммарных приведенных расходов на систему, т. е. будет реализован оптимальный принцип проектирования системы защиты, второй подход - структурную схему

системы защиты с требуемым уровнем надежности при минимуме суммарных приведенных расходов на систему.

Под *техносферой* понимается сфера техники, т. е. машины, механизмы, технологические процессы, производственная среда – все, что создано умом и трудом человека в процессе эволюции.

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды от антропогенной деятельности.

Исходя из определения «экологическая безопасность» можно говорить об «экологической опасности» – незащищённость природной среды от антропогенной деятельности.

Источники влияния на окружающую среду – все виды экономической деятельности: транспорт (26,3 %), теплоэнергетика (25 %), черная металлургия (19,3 %), нефтехимия (12,5 %), стройиндустрия (8,1 %), цветная металлургия (5,5%), химическая промышленность (1,3 %). Данные о загрязнении выбросами транспорта приведены в табл. 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1

Загрязнение атмосферного воздуха от различных видов транспорта

Виды транспорта	Загрязнение воздуха выбросами, %	
	СССР	США
Автомобильный	70	85
Сельскохозяйственный	9,4	2,5
Воздушный	7,3	3,7
Водный	4,1	5,3
Железнодорожный	9,2	3,5

Таблица 1.2

Удельные составляющие вредных выбросов в воздушную среду различных предприятий железнодорожного транспорта

Наименование предприятий и служб	Удельные составляющие выбросов, %	Обеспеченность защитными устройствами, %
Служба гражданских сооружений	37,9	7,8
Локомотивное депо	27,3	4,6
Вагонное депо	10,8	1,8
Вагоноремонтные заводы	13,4	67,4

Щебеночные и шпалопропиточные заводы	1,6	39,6
Другие предприятия	9,0	7,6

Факторы возникновения влияния на окружающую среду: несовершенство технологических процессов, использование низкосортных топлив, недостаточная локализация вредных веществ в источнике их возникновения, неграмотная эксплуатация очистных устройств или их отсутствие. Следовательно, необходимо устранять перечисленные факторы.

Любой техногенный объект является источником влияния на окружающую среду.

Любое инженерное сооружение начинается с проектирования.

Производственные здания проектируют согласно требованиям СП 56.13330.2011 «Производственные здания», в котором изложены требования безопасности согласно ФЗ от 30.12.2009 №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.

Административные и бытовые здания проектируют согласно требованиям СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания».

3. Безопасность деятельности человека в производственном процессе

Организационно-технологическая документация (проекты организации строительства, проекты производства работ и другие) должна содержать конкретные проектные решения по безопасности труда, определяющие технические средства и методы работ, обеспечивающие выполнение нормативных требований безопасности труда.

Исходными данными для разработки проектных решений по безопасности труда являются:

- требования нормативных документов (технических регламентов) и стандартов по безопасности труда;
- типовые решения по обеспечению выполнения требований безопасности труда, справочные пособия и каталоги средств защиты работающих;
- инструкции заводов изготовителей строительных материалов, изделий и конструкций по обеспечению безопасности труда в процессе их применения;
- инструкции заводов изготовителей машин и оборудования, применяемых в процессе работ.

При разработке проектных решений по организации строительных и производственных площадок, участков работ необходимо выявить опасные производственные факторы, связанные с технологией и условиями производства работ.

Машины, аппараты и другое оборудование, применяемые в различных отраслях промышленности, чрезвычайно разнообразны по принципу действия, конструкции, типам и размерам.

Безопасность производственного оборудования обеспечивается правильным выбором принципов действия, конструктивных схем, материалов, рабочих процессов и т. п.; максимальным использованием средств механизации, автоматизации, дистанционного управления; применением в конструкции специальных защитных средств выполнением эргономических требований; включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению.

В процессе эксплуатации оборудование не должно загрязнять окружающую среду вредными веществами выше установленных норм и не должно представлять опасности с точки зрения взрыва и пожара.

Материалы, применяемые в конструкции оборудования, не должны быть опасными и вредными. Новые материалы должны предварительно подвергаться проверке на гигиеничность и взрывопожароопасность.

Оборудование должно быть снабжено необходимыми техническими средствами безопасности.

Представляющие опасность движущиеся части оборудования должны быть ограждены или снабжены средствами защиты, за исключением частей, ограждение которых не допускается их функциональным назначением. В этом случае нужно предусматривать специальные меры защиты.

Оборудование не должно служить источником выделения в рабочую зону производственных помещений вредных веществ, различного рода излучений выше предельно допустимых уровней (концентраций), больших количеств теплоты и влаги. Для функционального удаления и аварийного сброса вредных, взрыво- и пожароопасных веществ оборудование следует оснащать специальными устройствами.

Конструкция оборудования должна обеспечивать исключение или снижение до регламентированных уровней шума, ультразвука, инфразвука, вибраций.

Элементы оборудования, с которыми может контактировать человек, не должны иметь острых кромок, углов, неровных, горючих и переохлажденных поверхностей.

Входящие в конструкцию оборудования рабочие места и их элементы должны обеспечивать удобство и безопасность работнику.

При необходимости передвижения оператора во время обслуживания оборудования оно должно быть снабжено безопасными проходами, площадками, переходами, лестницами, перилами и т. п.

Оборудование должно иметь средства сигнализации о нарушении нормального режима работы, а в необходимых случаях – средства автоматической остановки, торможения и отключения от источников энергии.

Нужно предотвращать возможность самопроизвольного включения приводов рабочих органов при восстановлении подачи энергии.

Конструкцией оборудования должно быть предусмотрено обеспечение защиты человека от поражения электрическим током.

Органы управления оборудованием должны исключать возможность непроизвольного и самопроизвольного включения и выключения оборудования.

Органам аварийного выключения (кнопки, рычаги и т. п.) положено быть красного цвета, иметь указатели, облегчающие их поиск, надписи о назначении и быть легкодоступными для обслуживающего персонала

Функционирование оборудования должно быть невозможно при отключенных или неисправных средствах защиты. Средства защиты должны непрерывно выполнять свои функции или срабатывать при возникновении опасности или приближении человека к опасной зоне. Средства защиты должны быть легкодоступны для обслуживания и контроля.

Все защитные устройства, которые могут быть сняты или открыты, должны обеспечиваться средствами, исключающими их случайное снятие и открытие, а при необходимости – блокировками, останавливающими рабочий процесс при съеме или открытии ограждений.

Вопросы

1. Что понимается под термином «техносфера»?
2. Что означает понятие «экологическая безопасность»?
3. Что означает понятие «экологическая опасность»?
4. Какой транспорт наиболее интенсивно загрязняет окружающую среду?

5. Какие предприятия железнодорожного транспорта наиболее интенсивно загрязняют окружающую среду?

6. Что является исходными данными для разработки проектных решений по безопасности труда?

7. Чем обеспечивается безопасность производственного оборудования?

8. Для чего нужны блокировки в защитных устройствах оборудования?

Лекция 2

Системы обеспечения экологической безопасности воздушного бассейна, защита воздушной среды от загрязнения пылью и газами.

Разработка местных отсосов. Вентиляция производственных помещений. Особенности разработки систем аспирации

План

1. Системы обеспечения экологической безопасности воздушного бассейна, защита воздушной среды от загрязнения пылью и газами. Разработка местных отсосов.

2. Вентиляция производственных помещений. Необходимый расчетный воздухообмен.

3. Особенности разработки систем аспирации.

1. Системы обеспечения экологической безопасности воздушного бассейна, защита воздушной среды от загрязнения пылью и газами. Разработка местных отсосов

Оборудование, аппараты, устройства, включенные в технологическую цепочку и характеризующиеся выделением вредных веществ, пыли, тепла, влаги, должны быть оснащены устройствами местной вытяжной вентиляции. Конструктивные решения местной вытяжной вентиляции весьма многообразны и зависят от условий выделения ухудшающих состояние воздуха рабочей зоны факторов, а также формы и размеров источника. Во всех случаях отсосы должны быть встроены в технологическое оборудование, либо максимально приближены к нему и подсоединены к системе вытяжной вентиляции, рис. 2.1.

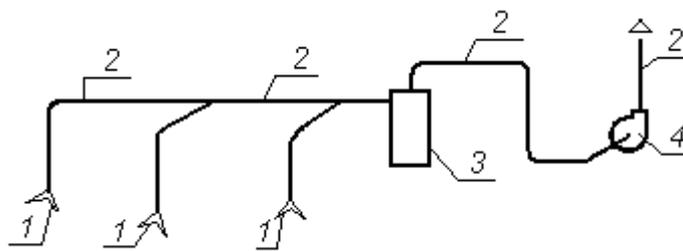


Рис. 2.1. Схема местной вытяжной системы вентиляции:

1 – пылегазоприемное устройство (укрытие, зонт, встроенный отсос, боковой отсос, шкаф, всасывающая панель, вентилируемая камера, кожух-воздухоприемник и т. д.),

2 – сеть воздуховодов, 3 – пылегазоуловитель, 4 – вентилятор

Для защиты рабочего места от загрязняющих веществ (газообразных и в виде пара химических соединений и аэрозолей) необходимо:

1) источники выделения вредных веществ должны быть максимально укрыты;

2) конструкция воздухоотсасывающего устройства и его расположение должны учитывать естественное движение выделяемых вредных веществ (конвекционные потоки воздуха, направленность пылевой струи, направление движения газов и др.);

3) зона дыхания работника должна находиться вне укрытия;

4) ход технологического процесса и удобство обслуживания оборудования не должны нарушаться;

5) в укрытии путем отсоса воздуха должно создаваться разрежение, достаточное для того, чтобы воспрепятствовать выходу из него и поступлению в воздух помещения вредных веществ;

6) объединение в общую вытяжную установку местных отсосов, удаляющих пыль, легко конденсирующиеся пары, а также вещества, которые при смешивании могут создавать вредные смеси или новые химические соединения с перечисленными свойствами, не допускается;

7) для удаления вредных или горючих веществ следует оборудовать отдельные от систем общеобменной вытяжной вентиляции местные отсосы;

8) системы местных отсосов горючих веществ, осаждающихся или конденсирующихся в воздуховодах или вентиляционном оборудовании, следует оборудовать отдельными для каждого помещения или каждой единицы оборудования;

9) включение систем местной вытяжной вентиляции, удаляющей от технологического оборудования вредные вещества 1 и 2 классов опасности, следует блокировать с этим оборудованием таким образом, чтобы оно не могло работать при отключенной местной вытяжной вентиляции. Если блокирование по каким-либо причинам невозможно, то предусматриваются установки резервных вентиляторов для местных отсосов с автоматическим переключением. Такие системы местных отсосов не допускается объединять и с системами общеобменной вытяжной вентиляции.

В общем случае объем воздуха, удаляемого местным отсосом, определяют по формуле

$$L = 3600 \cdot V \cdot F, \text{ м}^3/\text{ч}, \dots \dots \dots (2.1)$$

где V – скорость воздуха во всасывающем отверстии, м/с;

F – площадь всасывающего отверстия, м².

Эффективность всасывания воздуха местными отсосами характеризуется спектрами всасывания и проявляется на небольших расстояниях от всасывающих отверстий. Если вытяжные потоки не способны увлечь и удалить направленные вредные выделения, то местный отсос активируют приточной струей, которая, проходя через область вредных выделений, направляет их в заданную зону. Такие отсосы называют активированными.

Спектром всасывания называют семейство кривых, представляющих геометрические места точек с одинаковыми скоростями движения воздуха на различных расстояниях от всасывающего отверстия, рис. 2.2.

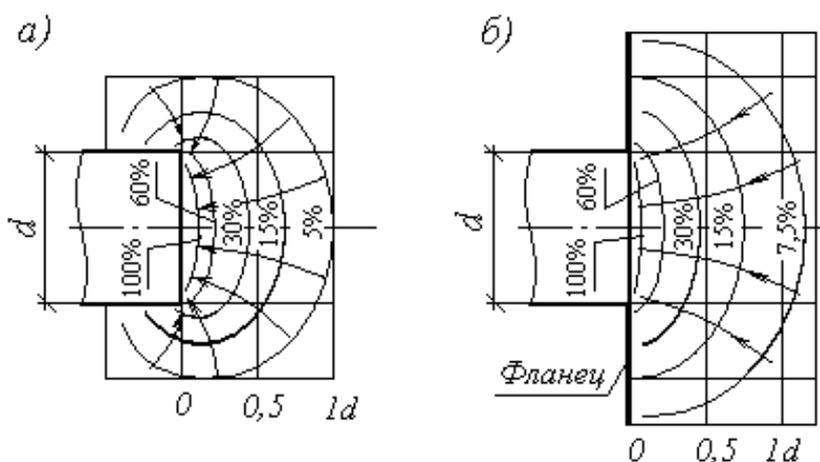


Рис. 2.2. Распределение скоростей в зоне действия всасывающих отверстий:
а – спектр всасывания отверстия с острыми кромками (без фланца); *б* – спектр всасывания отверстия с фланцем

Цифры на кривых указывают доли скорости в процентах средней скоро-

сти во всасывающем отверстии. Расстояния от отверстия выражают в долях от его диаметра d . Линии, перпендикулярные кривым равных скоростей, показывают направление движения воздуха.

Для геометрически подобных насадок спектр скорости остается неизменным. Наличие у всасывающих отверстий направляющих и ограничивающих плоскостей, например, в виде фланцев преграждает доступ воздуха в этих местах и позволяет получить большие скорости на тех же расстояниях при одинаковом расходе воздуха в отсосе.

Из приведенного рисунка наглядно видно, что скорости всасывания очень быстро уменьшаются, из чего следует необходимость максимального приближения местного отсоса к источнику вредных выделений.

В местных отсосах открытого типа приемное отверстие располагается на некотором расстоянии от источника выделения вредных веществ. К таким отсосам относятся вытяжные зонты, бортовые отсосы, вытяжные панели, боковые, угловые и кольцевые отсосы и т. п. Принцип действия отсасывающих устройств открытого типа основан на создании спектра всасывания такого размера, который охватывал бы зону активного выделения примесей со скоростями в спектре, обеспечивающими направленное перемещение примесей к вытяжному отверстию.

Примеры отсосов открытого типа приведены ниже на рис. 2.3–2.9.

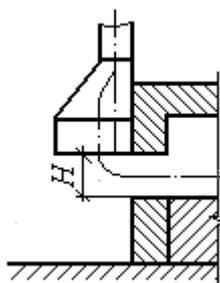


Рис. 2.3. Зонт над рабочим проемом печи

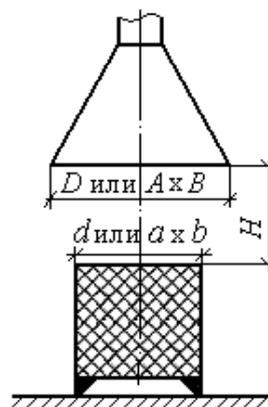


Рис. 2.4. Зонт над источником выделения вредных веществ (паров, газов) или тепла

Вытяжные зонты используют для улавливания вредных веществ и отвода тепла от теплоисточников, когда более полное укрытие последних невозможно по условиям производства. Зонт следует делать с центральным углом раскры-

тия не более 60° и приемным отверстием, перекрывающим (в плане) источник вредных выделений. Если в помещении имеются значительные горизонтальные воздушные потоки, то они нарушают работу зонтов.

Бортовые отсосы (двухсторонние или односторонние) наибольшее распространение получили в цехах металлопокрытий для улавливания вредных выделений с поверхности растворов гальванических ванн.

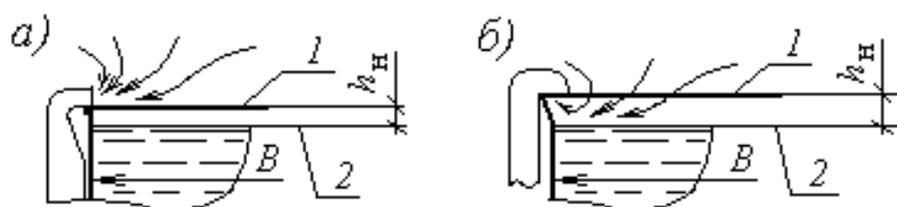


Рис. 2.5. Схема устройства бортового отсоса

а – обычного; *б* – опрокинутого; *1* – уровень борта ванны; *2* – уровень поверхности жидкости; *B* – ширина ванны; h_n – расстояние от поверхности жидкости до всасывающего отверстия отсоса

Бортовые отсосы требуют большого расхода вентиляционного воздуха и используются в случаях, когда применение более экономичных типов отсосов невозможно по условиям производства.

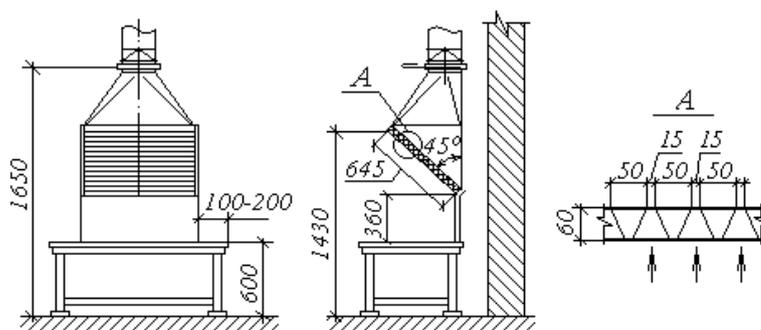


Рис. 2.6. Схема установки отсасывающей панели у поста сварки

Отсасывающие панели используют для удаления увлекаемых тепловыми струями вредных веществ, когда более полное укрытие источника вредных выделений невозможно. Панели располагают сбоку от источника вредных выделений наклонно или вертикально со стороны, противоположной размещению работника.

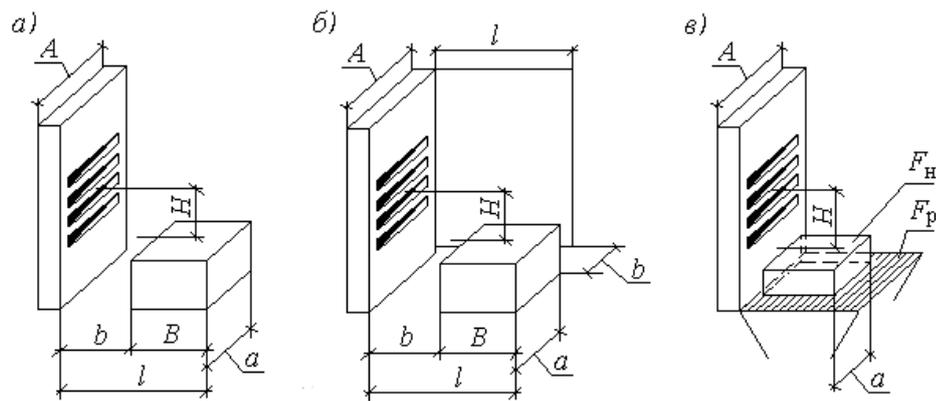


Рис. 2.7. Схемы отсасывающих панелей

a – односторонней; *б* – с экраном; *в* – комбинированной (с отсосом в сторону и вниз)

Местные отсосы полукрытого типа – это отсосы с открытым проемом или отверстием, внутри которых находится источник вредных выделений. К этому типу отсосов относятся вытяжные шкафы, кожухи-воздухоприемники у сухих абразивных и шлифовальных кругов и т. д.

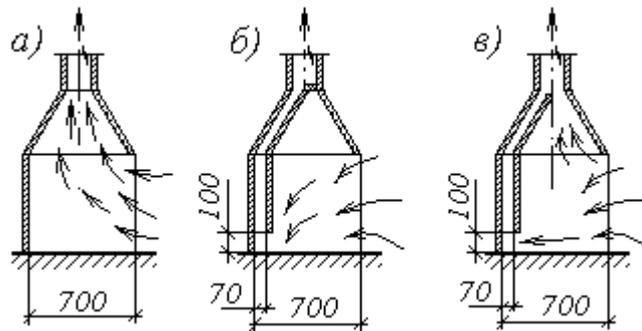


Рис. 2.8. Схемы вытяжных шкафов

a – с верхним, *б* – с нижним, *в* – с комбинированным удалением воздуха

Средняя скорость всасывания воздуха в рабочем проеме вытяжных шкафов принимается от 0,3 до 1,5 м/с в зависимости процесса, протекающего в шкафу, и от вида выделяющихся вредных веществ.

Кожухи-воздухоприемники устраивают у сухих вращающихся абразивных и шлифовальных кругов для защиты рабочего не только от пыли, но и от травм.

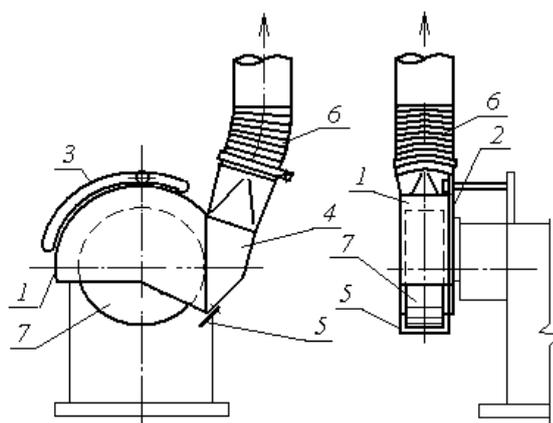


Рис. 2.9. Защитно-обеспыливающий кожух универсально-заточного станка
 1 – боковая крышка кожуха; 2 – задняя стенка кожуха; 3 – дуговой вырез; 4 – отсасывающий патрубок; 5 – фартук; 6 – гибкий алюминиевый шланг; 7 – абразивный круг

Объем воздуха, отсасываемого от кожухов станков с сухими кругами, определяют в зависимости от диаметра круга

$$L \approx k \cdot d, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.2)$$

где d – диаметр круга, мм;

k – коэффициент, зависит от вида станка и материала круга (для заточных и шлифовальных станков с абразивными кругами $k = 2$; для полировальных станков с войлочными кругами $k = 4$; для полировальных станков с матерчатými кругами $k = 6$).

Расчеты отсосов открытого и полуоткрытого типа подробно изложены в справочной литературе.

В местных отсосах закрытого типа источник выделения вредных веществ располагается внутри укрытия. Например, дробеструйные, окрасочные камеры, вытяжные шкафы, кожухи, укрывающие пылящее оборудование, и т. п. Такие отсосы улавливают вредные вещества наиболее полно при минимальном объеме удаляемого воздуха. Внутри укрытия поддерживают разрежение, чтобы через неплотности внутрь укрытия засасывался воздух со скоростями, препятствующими распространению вредных веществ по помещению. Объем воздуха, который необходимо удалить от местного отсоса закрытого типа, определяют по формуле

$$L = 3600 \cdot F_{\text{н}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\text{опт}}}{\rho \cdot \zeta}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.3)$$

где $F_{\text{н}}$ – площадь неплотностей, м^2 ;

$P_{\text{опт}}$ – оптимальное разрежение в укрытии, Па;

ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ζ – коэффициент местного сопротивления (к.м.с.) проходу воздуха через неплотности; при расчетах принимают $P_{\text{опт}} = 2$ Па, $\zeta = 2,4$.

К отсосам закрытого типа относятся аспирруемые укрытия, которые применяют с целью предотвращения запыления воздуха в помещениях. Такие укрытия устраивают у оборудования, которое предназначено для транспортирования и переработки сыпучего пылящего материала: у дробилок, грохотов, элеваторов, конвейеров. Укрытие должно быть тщательно уплотнено, особенно в местах интенсивного пылеобразования. Отверстия укрытий, через которые отсасывается воздух, не должны находиться в непосредственной близости к местам пылеобразования.

Для разбавления той части производственных выделений, которую нельзя локализовать и удалить от источников образования при помощи местной вытяжной вентиляции, выполняется **общеобменная вытяжная вентиляция**.

Она применяется для разбавления выделяющихся в помещение паров, газов, пыли, избыточных количеств тепла, влаги до допустимых санитарными нормами величин. Расположение зоны отвода воздуха зависит от характера вредных выделений. При наличии тепловыделений из легких газов и паров воздух удаляется из верхней зоны помещения; при совместном выделении тепла и химических веществ принимается та же схема отвода воздуха.

В случае выделения в воздух тяжелых по удельному весу газов и паров, а также пыли и аэрозолей отвод воздуха производится из нижней зоны.

Из верхней и нижней зон воздух отводится обычно в тех случаях, когда он загрязняется одновременно смесью газов и паров, один из которых легче, а другие – тяжелее воздуха. Вытяжные приемники располагают в зонах наибольших температур и наибольшего загрязнения воздуха.

2. Вентиляция производственных помещений. Необходимый расчетный воздухообмен

Вентиляцией называют совокупность мероприятий и устройств, которые

обеспечивают расчетный воздухообмен в помещениях жилых, общественных и промышленных зданий. Вентиляция предназначена для борьбы с вредными производственными факторами и для обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне на постоянных и непостоянных рабочих местах. Необходимый расчетный воздухообмен определяют в зависимости от количества поступающего в обслуживаемое помещение тепла, влаги, вредных веществ, по нормируемой кратности воздухообмена и по нормируемому удельному расходу приточного воздуха.

Расчет расхода приточного воздуха

Расход воздуха L (при плотности приточного и удаляемого воздуха, равной $1,2 \text{ кг/м}^3$):

а) по избыткам явной теплоты

$$L = L_{w,z} + \frac{3,6Q - cL_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})}{c(t_l - t_{in})}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.4)$$

где $L_{w,z}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q – избыточный явный тепловой поток в помещение, Вт;

c – теплоемкость воздуха, равная $1,2 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$t_{w,z}$ – температура воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне

помещения, удаляемого системами местных отсосов, и на технологические нужды, $^\circ\text{C}$;

t_l – температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, $^\circ\text{C}$;

t_{in} – температура воздуха, подаваемого в помещение, $^\circ\text{C}$;

$cL_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})$ – составляющая теплоты, удаляемой вместе с воздухом местными отсосами и технологическими нужд;

б) по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ:

$$L = L_{w,z} + \frac{m_{po} - L_{w,z}(q_{w,z} - q_{in})}{q_l - q_{in}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.5)$$

где $L_{w,z}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

m_{po} – расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, $\text{мг}/\text{ч}$;

$q_{w,z}$ – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом из обслуживаемой или рабочей зоны помещения, $\text{мг}/\text{м}^3$;

q_l – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом за пределами обслуживаемой или рабочей зоны помещения, $\text{мг}/\text{м}^3$;

q_{in} – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$L_{w,z}(q_{w,z} - q_{in})$ – масса веществ, удаляемых вместе с воздухом местных отсосов и технологических нужд.

При одновременном выделении в помещении нескольких вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия, воздухообмен следует определять суммируя расходы воздуха, рассчитанные по каждому из этих веществ;

в) по избыткам влаги (водяного пара)

$$L = L_{w,z} + \frac{W - 1,2(d_{w,z} - d_{in})}{1,2(d_l - d_{in})}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.6)$$

где $L_{w,z}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

W – избытки влаги в помещении, $\text{г}/\text{ч}$;

$d_{w,z}$ – влагосодержание воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, $\text{г}/\text{кг}$;

d_l – влагосодержание воздуха, удаляемого за пределами обслуживаемой или рабочей зоны помещения, $\text{г}/\text{кг}$;

d_{in} – влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, $\text{г}/\text{кг}$;

$1,2(d_{w,z} - d_{in})$ – часть влаги, удаляемой вместе с воздухом местных отсосов и технологических нужд.

Для помещений с избытком влаги следует проверять достаточность воз-

духообмена для предупреждения образования конденсата на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций при расчетных параметрах «Б» наружного воздуха в холодный период года;

г) по избыткам полной теплоты

$$L = L_{w,z} + \frac{3,6Q_{h,f} - 1,2L_{w,z}(I_{w,z} - I_{in})}{1,2(I_l - I_{in})}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.7)$$

где $L_{w,z}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{h,f}$ – избыточный полный тепловой поток в помещение, Вт;

$I_{w,z}$ – удельная энтальпия воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, кДж/кг;

I_l – удельная энтальпия воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, кДж/кг;

I_{in} – удельная энтальпия воздуха, подаваемого в помещение, кДж/кг;

$1,2L_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})$ – часть полной теплоты, удаляемой вместе с воздухом местных отсосов и технологических нужд;

д) по нормируемой кратности воздухообмена

$$L = V_p n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.8)$$

где V_p – объем помещения, м^3 (для помещений высотой 6 м и более следует принимать $V_p = 6 \cdot A$, где A – площадь помещения, м^2);

n – нормируемая кратность воздухообмена, ч^{-1} ;

е) по нормируемому удельному расходу приточного воздуха:

$$L = A \cdot k, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.9)$$

$$L = N \cdot m, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.10)$$

где A – площадь помещения, м^2 ;

k – нормируемый расход приточного воздуха на 1 м^2 пола помещения, $\text{м}^3/(\text{ч м}^2)$;

N – число людей (посетителей), рабочих мест, единиц оборудования;

m – нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел., на 1 рабочее место, на 1 посетителя или единицу оборудования, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Параметры воздуха $t_{w,z}$, $d_{w,z}$, $I_{w,z}$ следует принимать равными расчетным параметрам в обслуживаемой или рабочей зоне помещения (минимальные из допустимых параметров в соответствии с разд. 2 СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»),

$q_{w,z}$ – равной ПДК в рабочей зоне помещения.

При определении расхода воздуха следует учитывать требования норм взрывопожарной безопасности, а также обеспечение работников необходимым минимальным расходом наружного воздуха, табл. 2.1.

Таблица 2.1

Минимальный расход, $\text{м}^3/\text{ч}$, наружного воздуха на одного человека

Помещения (участок, зона)	Помещение	
	С естественным проветриванием	Без естественного проветривания
Производственные	30	60
Общественные и административного назначения*	40	60 20**
<p>* Норма наружного воздуха приведена для рабочих помещений кабинетов, офисов общественных зданий административного назначения.</p> <p>В других помещениях общественного назначения норму наружного воздуха следует принимать по требованиям соответствующих нормативных документов.</p> <p>** Для помещений, в которых люди находятся не более двух часов непрерывно.</p> <p>Примечание – Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более двух часов непрерывно</p>		

3. Особенности разработки систем аспирации

Аспирацией в вентиляционной технике называют вытяжные вентиляционные системы, в которые объединяют воздуховоды от местных отсосов, удаляющих запыленный воздух.

При разработке систем аспирации следует:

1 – правильно сконструировать укрытие места образования пыли;

2 – поддерживать в укрытии некоторое разрежение, чтобы внутрь укрытия подсасывался воздух из окружающего пространства, препятствуя выбиванию пыли в рабочую зону;

3 – отсос воздуха из укрытия производить, по возможности, на некотором удалении от места наибольшего образования пыли;

4 – не допустить отложение пыли в воздуховодах за счет:

– высоких скоростей транспортирования воздуха по воздуховодам;

– прокладки воздуховодов вертикально или наклонно (угол наклона оси воздуховода должен быть больше или равен углу естественного откоса пыли);

5 – при проектировании традиционной разветвленной системы аспирации исключить возможность отключения отдельных ответвлений, так как отключение ответвлений приводит к изменению расхода воздуха по отдельным участкам системы;

6 – при необходимости переключения работы ответвлений системы предусматривать специальные устройства для объединения ответвлений-отсосов в систему, например, возможно применять коллекторы:

– емкие (рис. 2.10);

– безосадительные скоростные (рис. 2.11);

– вихревые.

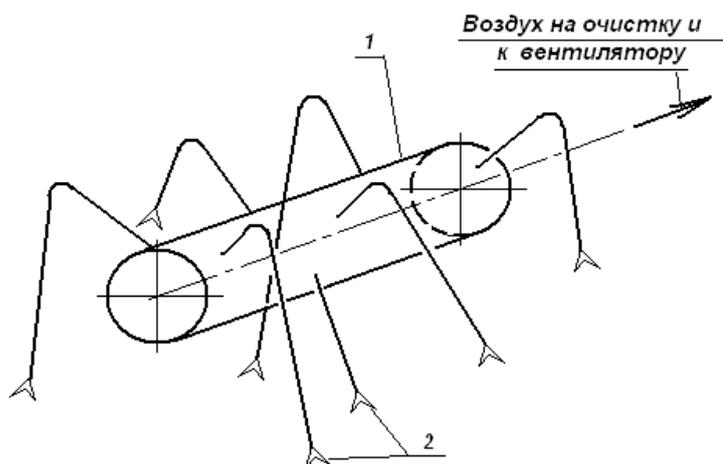


Рис. 2.10. Схема системы аспирации с емким коллектором:

1 – ёмкий коллектор; 2 – местные отсосы

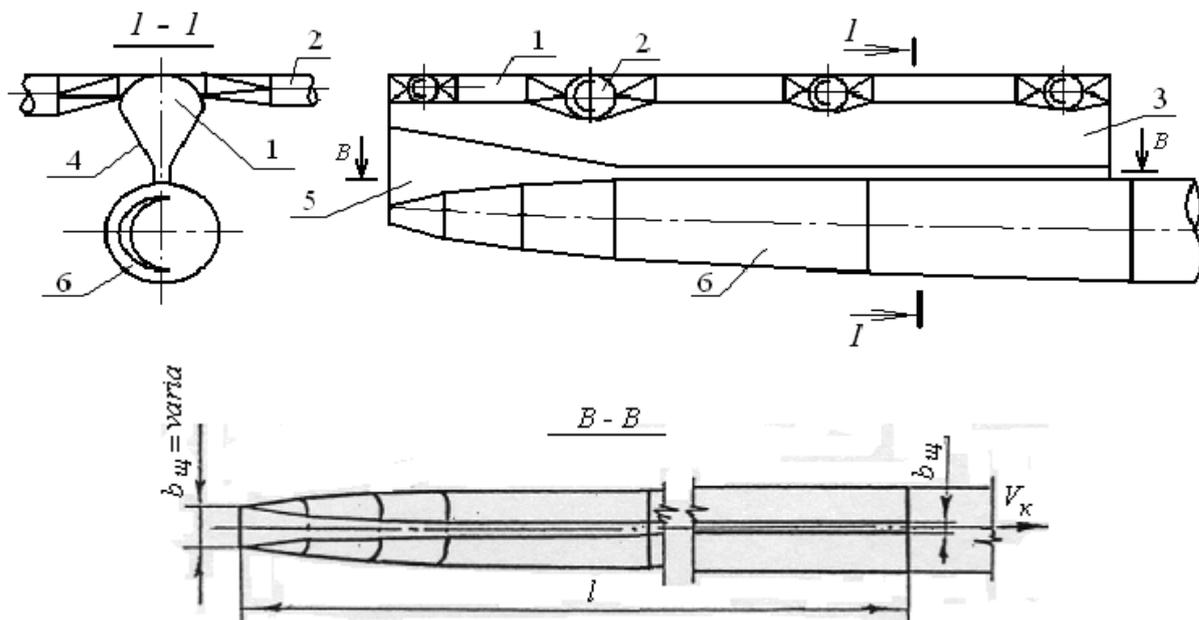


Рис. 2.11. Схема скоростного коллектора:

1 – верхняя часть коллектора; 2 – воздуховоды-отсосы; 3, 4 – наклонные боковые стенки; 5 – вертикальные стенки; 6 – нижняя часть коллектора

Вопросы

1. С какой целью устраивают местную вытяжную вентиляцию?
2. Что необходимо предусмотреть для защиты рабочего места от загрязняющих веществ?
3. Как определить необходимый объем воздуха, удаляемого от местного отсоса?
4. Что такое спектр всасывания?
5. В чем особенность устройства открытого отсоса?
6. В чем особенность устройства полуоткрытого отсоса?
7. В чем особенность устройства закрытого отсоса?
8. Как можно определить необходимый воздухообмен в помещении?
9. По каким факторам определяют объем приточного воздуха?
10. В чем заключаются особенности разработки систем аспирации?
11. Какими устройствами можно объединить местные отсосы в систему вытяжной вентиляции?

Лекция 3

Область применения пыле-и золоулавливающего оборудования. Выбор устройств для очистки воздуха от пыли. Способы очистки воздуха от газообразных загрязнений (абсорбция, адсорбция, каталитические методы очистки, дожигание)

План

1. Требования к очистке воздуха от пыли.
2. Выбор пылеуловителей в зависимости от физических свойств пыли.
3. Удаление газообразного компонента: абсорбция, десорбция, адсорбция, конденсация, каталитические методы очистки, дожигание.
4. Расчет аппаратов для улавливания газообразного компонента.
5. Практические способы интенсификации работы отдельных типов пылеуловителей.

1. Требования к очистке воздуха от пыли

О необходимости очистки воздуха от загрязняющих веществ свидетельствуют следующие данные. От подвижного состава железной дороги ежегодно в атмосферу поступает по разным данным от 150 тыс. т до 1 млн т загрязняющих веществ. Выбросы от стационарных источников железнодорожного транспорта составляют свыше 200 тыс. т.

Воздух, выбрасываемый в атмосферу из систем местных отсосов и общеобменной вытяжной вентиляции производственных помещений и содержащий загрязняющие вещества (пыль, ядовитые газы, пары), следует очищать.

При неполной очистке или при отсутствии технических средств очистки предусматривается рассеивание вредных веществ в атмосфере от вентиляционных выбросов данного объекта с учетом фоновых концентраций от других выбросов так, чтобы концентрации не превышали:

1) предельно допустимых максимально разовых концентраций в атмосферном воздухе населенных пунктов;

2) 0,3 предельно допустимых концентраций вредных веществ для рабочей зоны производственных помещений в воздухе, поступающем в помещение производственных и административных зданий через приемные устройства, открываемые окна и проемы, используемые для притока воздуха.

Если вентиляционные выбросы содержат малые концентрации вредных веществ, то очистка может не устраиваться, но рассеивание вредных веществ в атмосферном воздухе при самых неблагоприятных погодных условиях должно обеспечивать указанные выше требования. При отсутствии технических средств очистки предусматривается возможность сооружения очистки в будущем.

Рассеивание в атмосфере вредных веществ из систем аварийной вентиляции рассчитывают по данным технологической части проекта.

Выбросы из систем вытяжной вентиляции проектируют отдельными воздуховодами (трубами, шахтами) для каждой системы, если хотя бы в одной из систем вентиляции возможно отложение горючих веществ или если при смешивании выбросов возможно образование взрывоопасных смесей.

Выбросы пылегазовоздушной смеси из систем с механическим побуждением предусматривают через трубы или шахты, не имеющие зонтов, вертикально вверх из систем:

а) общеобменной вентиляции из помещений категории А и Б или из систем, которые удаляют вещества 1-го и 2-го классов опасности и неприятно пахнущие вещества;

б) местных отсосов вредных и неприятно пахнущих веществ и взрывоопасных смесей.

Выбросы в атмосферу из систем вентиляции производственных помещений размещают на расстоянии не менее 10 м по горизонтали или на 6 м по вертикали при горизонтальном расстоянии менее 10 м от воздухозаборных устройств приточных камер. Кроме того, выбросы из систем местных отсосов вредных веществ размещают на высоте не менее 2 м над кровлей более высокой части здания, если расстояние до ее выступа менее 10 м. Выбросы из систем аварийной вентиляции размещают на высоте не менее 3 м от земли до нижнего края выходного отверстия.

2. Выбор пылеуловителей в зависимости от физических свойств пыли

Для очистки вентиляционных выбросов применяют пылеуловители гравитационные, инерционные сухого и мокрого типа, пылеуловители-промыватели контактного типа, тканевые и электрические.

Область применения пыле- и золоуловителей с учетом вида пыли и её дисперсного состава показана на рис. 3.1.

Номенклатура пылеуловителей, применяемых для очистки аспирационного воздуха, приведена в табл. 3.1.

Кроме перечисленных в табл. 3.1 пылеуловителей применяются также циклоны ЦН-11, СДКЦН-33, а также другое оборудование, на которое имеются типовые проекты и организовано серийное производство или выпущена техническая документация.

Далее рассмотрим принципы очистки воздуха (газа) от пыли в различных типах пылеуловителей.

В пылеосадительных камерах используется гравитационное осаждение частиц из горизонтально направленного потока газов (воздуха). Для достижения приемлемой эффективности очистки необходимо, чтобы частицы находились в пылеосадительной камере возможно более продолжительное время. Скорость движения газов по камере принимают обычно в пределах 0,2–0,8 м/с, поэтому камеры, рассчитанные на осаждение даже крупных частиц пыли, являются громоздкими сооружениями.

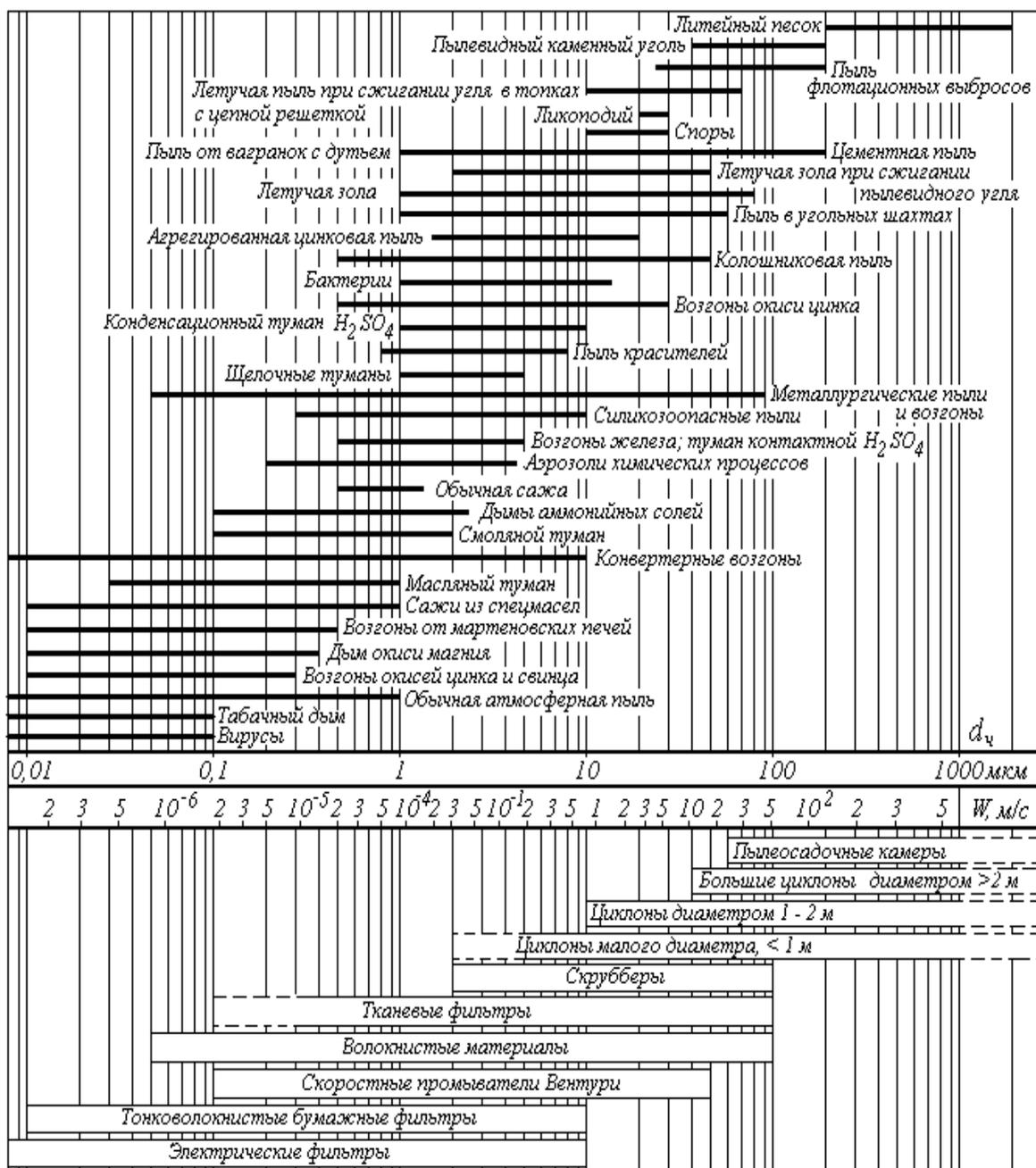


Рис. 3.1. Область применения пыле- и золоулавливающего оборудования

Циклоны являются наиболее характерными представителями сухих инерционных пылеуловителей, которые, как правило, имеют достаточно простую конструкцию, обладают большой пропускной способностью и несложны в эксплуатации. Общая схема циклона приведена на рис. 3.2. В циклонах используется центробежная сила, развивающаяся при вращательно-поступательном движении газового потока. Воздух вводится обычно тангенциально в верхнюю часть циклона, который представляет собой закручивающий аппарат.

Основная номенклатура пылеуловителей

Вид пылеуловителя	Тип пылеуловителя	Класс по эффективности	Область целесообразного применения пылеуловителя в зависимости от группы аэрозоля по дисперсности				Сопротивление, Па
				I	II	V	
Гравитационные	Пылеосадительные камеры (произвольной конструкции)	V					100 ...200
Инерционные	Циклоны большой пропускной способности:						
	одиночные циклоны ЦН-15, ЦН-24, СИОТ	V					400 ...600
	групповые циклоны ЦН-15	V					500 ...700
	Циклоны высокой эффективности (одиночные) СКЦН-34	IV					1200 ...2000
	Мокроплечные циклоны ЦВП	IV					600 ...1000
	Скоростные промыватели СИОТ	III					600 ...1500
	Струйные, мокрые ПВМ,						
	(ПВМС, ПВМП, ПВМК)	III II					800 ...1200 1500 ...4000
Капельные, типа Вентури КМП	II					2000 ...4000	
Тканевые	Рукавные пылеуловители						
	СМЦ-101А, ФРМ, А1-БПУ,	II					1200 ...1250
	Сетчатые –	V					150

	капроновые, металлические сетки для улавливания волокнистой пыли							...300
Волокнистые	Уловители туманов кислот и щелочей ФВГ-Т	II						800 ...1000
Электрические	Уловители туманов масел и маслянистых жидкостей: УУП, УЭФ и др.	II						50... 100

Под действием центробежной силы частицы пыли подводятся к стенке циклона и с частью газа опускаются в бункер. Попавшая в бункер часть воздуха, освободившись от пыли, возвращается в циклон через центральную часть пылеотводящего отверстия, далее поступает в выхлопную трубу и выходит за пределы циклона. Уловленная пыль скапливается в бункере циклона и периодически, по мере накопления, удаляется либо в систему пневмотранспорта предприятия, либо в специальные машины, например, цементовозы.

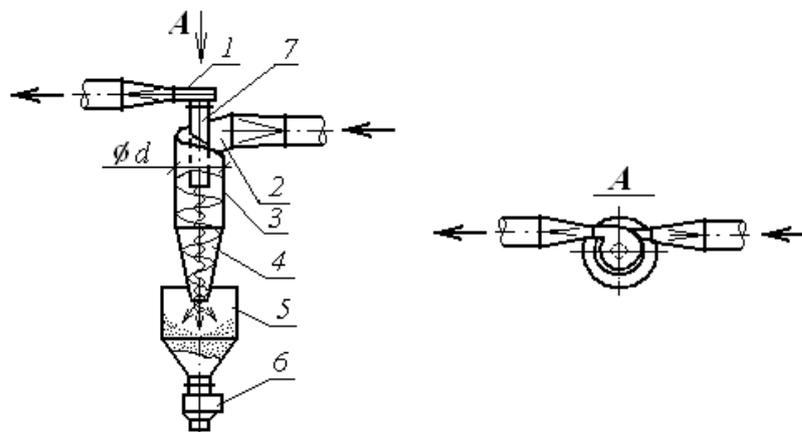


Рис. 3.2. Схема циклона

- 1 – раскручивающий аппарат для выброса очищенного воздуха; 2 – входной патрубок;
3 – цилиндрическая часть циклона; 4 – коническая часть циклона;
5 – пылеосадочный бункер; 6 – пылевой затвор; 7 – выхлопная труба

В любом инерционном пылеуловителе сухого типа отделившаяся пыль всегда отводится вместе с частью воздуха в пространство (бункер), где происходит её оседание под действием собственного веса.

Эффективность очистки воздуха от пыли в циклоне зависит от конструкции, в частности его диаметра, а также от физических свойств пыли (плотности

пыли и крупности ее частиц). Чем меньше диаметр циклона, тем выше в нем эффективность очистки воздуха от пыли.

Акустические пылеуловители

Аппараты всех типов более эффективно очищают газ от крупных частиц, чем от мелких. Поэтому, если газ содержит мелкие частицы, их целесообразно укрупнить. Для этой цели может быть использовано явление акустической коагуляции.

Если на запыленный газ воздействовать звуковыми волнами, то содержащиеся в газе частицы приходят в колебательное, движение, в результате чего они сталкиваются между собой, слипаются и укрупняются. Наиболее крупная пыль выпадает из газового потока под действием силы тяжести в камере акустической коагуляции, а от большинства остальной пыли (порядка 5...10 мкм) газ очищается в другом аппарате, например циклоне, установленном последовательно по ходу газа с акустическим коагулятором.

Чем меньше размер частиц пыли, тем лучше они коагулируют. Для частиц пыли размером менее 10 мкм поверхностные силы, обуславливающие их слипание, значительно больше, чем силы взаимного отталкивания.

Необходимым условием звуковой коагуляции является определенная концентрация частиц в газовой среде. Это необходимо для обеспечения достаточного количества соударения частиц одной с другой. Ориентировочно концентрация частиц пыли размером от 1 до 10 мкм в газовой среде должна быть 2,5–5 г/м³. Более мелкие частицы пыли требуют меньшей концентрации пыли, чем крупные, так как число мелких частиц при одной и той же запыленности газа будет большим. Если концентрация пыли будет ниже указанной, то для повышения эффекта действия звука добавляют нейтральные аэрозоли (например, для укрупнения кислотных туманов в газ распыляют воду). Сухие пыли коагулируют хуже, чем влажные. При высокой запыленности газа акустическая коагуляция будет уменьшаться вследствие абсорбции частицами пыли части акустической энергии, в результате чего резко падает интенсивность звука.

В звуковом поле можно осуществлять коагуляцию не только частиц пыли, но и жидкости (кислот, щелочей).

Пылеулавливающие установки акустического действия отличаются простотой и компактностью. Они дают возможность улавливать частицы размером менее 1 мкм при высокой температуре газа. Акустические пылеуловители

взрыво- и пожаробезопасны. К недостаткам акустических пылеуловителей следует отнести высокий расход энергии (0,7–2 кВт на 1000 м³ газа), большой расход возбудителя колебаний (около 1 м³ воздуха на 1 м³ очищаемого газа), тяжелые условия труда обслуживающего персонала.

Еще в СССР первая опытная установка для акустической очистки газа от сажи была сооружена в 1946 г. В ней после коагуляционной камеры газ очищался в двух циклонах, установленных последовательно по ходу газа.

На Череповецком металлургическом заводе акустическая коагуляция пыли была испытана в установке для очистки дымовых газов, отводимых от 600-т мартеновской печи.

За рубежом акустические пылеуловители применяют в Польше, во Франции, в Японии и США для улавливания ценных высокодисперсных пылей.

3. Удаление газообразного компонента: абсорбция, десорбция, адсорбция, конденсация, каталитические методы очистки, дожигание

Технологические и дымовые газы промышленных предприятия в большинстве случаев содержат газообразные компоненты (SO₂, H₂S, Cl₂, HCl и др.), которые попадают вместе с этими газами в атмосферу и вызывают ее загрязнение. Многие из этих газообразных компонентов после их улавливания могут быть использованы для получения в промышленных условиях кислот, серы, удобрений и других ценных химических продуктов. Очистить газы от определенных газообразных компонентов можно следующими методами:

Газообразные загрязнители удаляют из воздуха следующими основными способами: абсорбцией, десорбцией, адсорбцией, конденсацией, химической обработкой и сжиганием горючих загрязнителей. Для достижения желаемой цели возможно комбинирование двух или трех методов. Выбор наилучшего метода будет зависеть от количества выбрасываемых продуктов, концентрации загрязнителей, необходимой эффективности очистки, желаемого объема конечных отходов, экономических факторов, химических и физических характеристик потока газов.

Абсорбция – процесс объемного поглощения газов или паров жидкостью (абсорбентом) с образованием раствора. В промышленности осуществляют в абсорберах (скрубберах), имеющих развитую поверхность соприкоснове-

ния абсорбента с поглощаемым веществом. Для абсорбции газа применяют жидкие растворители.

Подбирая нужный абсорбент, можно очистить газ только от требуемого ценного или вредного газового компонента. В промышленности абсорбцией пользуются для поглощения водяных паров, содержащихся в газе, используя в качестве поглотителя концентрированную серную кислоту; поглощением из газа серного ангидрида олеумом; поглощением аммиака и хлористого водорода водой и т. п.

Наиболее часто применяется вода. Для газов, плохо растворимых в воде, применяют другие растворители, например органические жидкие абсорбенты, такие как диметиланилин и амины. Вода, используемая для абсорбции, может содержать добавки химических веществ, таких как кислоты, щелочи, окислители или восстановители, реагирующие с поглощаемым газом. Этот вариант можно рассматривать как комбинацию методов абсорбции и химической обработки. Обработка загрязненного воздуха производится в насадочных и тарельчатых колоннах, скрубберах и других устройствах.

В типичных случаях кислоты абсорбируются щелочными растворами, а запахи – реагентами, которые переводят их в растворимые вещества с низким давлением пара.

Процесс абсорбции может быть прерывистым и непрерывным. При прерывистом процессе абсорбцию осуществляют до полного насыщения растворителя газообразным компонентом. При непрерывном процессе очищаемый газ постоянно контактируется со свежей промывной жидкостью.

Обычно газ и жидкость движутся противотоком. Скорость газа низкая. Время контакта длительное. Толщина слоя насадки достигает 1...3 м на один слой. Перепад давления в абсорбере 500...1500 Па. Расход жидкости 2,5...3,2 л/м³.

Изготавливают абсорберы из устойчивых к коррозии металлов, термопластиков или армированных стекловолокном полиэфиров.

Отходящие из абсорбера газы насыщены водой при адиабатическом давлении насыщения, что часто приводит к появлению видимого шлейфа пара.

Типичная эффективность улавливания более 99 % по кислым газам, 95 % по газам с сильным запахом.

Десорбция – процесс, обратный абсорбции. Десорбцией можно выделить из раствора растворенный в нем газовый компонент в токе инертного газа

(воздуха, водяного пара), в вакууме или при выпаривании раствора. Десорбцию применяют в том случае, когда газообразный компонент не используют или он может быть использован при невысокой концентрации, а также для получения более концентрированной смеси, чем исходная газовая смесь.

Адсорбция – поглощение газов или паров поверхностью твердых тел, называемых адсорбентами. Адсорбенты отличаются высокой пористостью и большой удельной поверхностью – до нескольких сотен м²/г. Распространенными адсорбентами являются активированный уголь и силикагель (гель кремневой кислоты). Адсорбенты используют в виде зерен размером 2—8 мм или в пылевидном состоянии. Адсорбцию применяют для поглощения паров и газообразных компонентов, содержащихся в незначительном количестве в очищаемом газе.

Физически адсорбция – это результат действия дисперсионных или электростатических сил. Если адсорбция сопровождается химической реакцией поглощаемого вещества с адсорбентом, то она называется хемосорбцией. В промышленности адсорбцию осуществляют в специальных аппаратах – адсорберах; применяют для удаления большого числа различных газообразных загрязнений, особенно органических, до получения их очень низких объемных концентраций (менее миллионных долей). Загрязняющие вещества осаждаются на поверхности адсорбента. Основными областями применения этого метода являются обработка больших объемов газов с очень низкой концентрацией загрязняющих веществ и снижение концентраций этих веществ до следовых уровней.

Применяют адсорбенты – активированные оксиды алюминия, силикагель, различные глины, органические материалы – смолы, целлюлоза. Активированный уголь получил наиболее широкое распространение. Он является одним из немногих адсорбентов, которые можно использовать для влажных газов. Активированный уголь адсорбирует все газы, присутствующие в малых количествах, пропорционально их концентрациям. Для адсорбции используют различную аппаратуру: сменные контейнеры, аппараты с постоянно регенерирующими слоями, адсорберы с движущимся адсорбентом, адсорберы с ожиженным слоем.

Конденсация – переход из газообразного состояния в жидкое или твердое. Конденсация может быть применена для обработки систем, содержащих пары веществ при температурах, достаточно близких к их точке росы.

Конденсацию проводят при непосредственном контакте или косвенном охлаждении на поверхностных конденсаторах (теплообменниках).

Очистка газов дожиганием представляет собой метод очистки газов путем термического окисления углеводородных компонентов до углекислого газа и воды, обеспечивает требуемую чистоту выбросов в атмосферу.

Поток, загрязненный парами, нагревается до температуры разложения загрязнения сжиганием дополнительного топлива или самого загрязнителя и находится при этой температуре в течение времени, достаточного для завершения разложения загрязнителя. При высоких концентрациях загрязнений процесс может быть энергетически достаточно эффективным, требуется лишь минимум дополнительного топлива для поддержания стабильной работы.

Однако система термического окисления должна соответствовать условиям конкретного производства и учитывать его возможную взрывоопасность. Газы сжигают в специальных камерах сгорания, оборудованных системами контроля и взрывобезопасности. Рабочие температуры – 630...1000 °С. Если дожигание производится на катализаторах, следует следить за его состоянием. Катализатор быстро залепляется и требует периодической промывки.

При нормальной работе дожигатели могут обеспечить эффективность более 95 % по количеству органических паров, поступающих на дожигание.

Химические методы очистки отходящих газов заключаются в получении новых химических соединений, которые возможно выделить из газового потока. Эти методы иногда называют химической абсорбцией – удалением из газа отдельных газообразных компонентов в процессе промывки газа растворами, которые вступают с этими компонентами в химические реакции.

В металлургической промышленности для очистки газов от газообразных примесей большей частью используют абсорбцию и химическую абсорбцию. Зачастую эти два процесса проходят одновременно. Хемосорбцией очищают газы от SO_2 , H_2S , Cl_2 и других компонентов. Для химической очистки газа от отдельных газообразных компонентов в процессах абсорбции и химической абсорбции применяют аппараты, называемые абсорберами. К ним относятся аппараты, в которых обеспечивается хороший контакт газа с промывной жидкостью: скрубберы с насадками, барботажные и пенные аппараты, турбулентные промыватели, колонны с колпачковыми, сетчатыми и провальными тарелками, механические скрубберы. В барботерах и турбулентных промывателях химическая очистка газа проходит эффективно, но они создают большое гидравличе-

ское сопротивление проходу газа и требуют повышенного расхода энергии на преодоление этого сопротивления.

Очистка газов от двуокиси серы SO₂

Известковый метод (промывка газа раствором извести или известняка):



Бисульфат кальция, реагируя с поглотителем, образуют малорастворимый сульфит кальция, частично окисляющийся в сульфат кальция.

Выбор метода обработки определяется параметрами газового потока и концентрацией загрязняющих веществ. Для снижения расходов желательно, чтобы объем обрабатываемого газа был минимально возможным, а концентрация загрязняющего вещества по возможности более высокой (необходимо минимальное количество инертных разбавителей). Для потоков с высокой концентрацией загрязнителя может оказаться целесообразным использование системы предварительной обработки. Это позволит уменьшить размеры основной очистной системы и обеспечит более высокую экономическую эффективность. Если не учитывать таких дополнительных обстоятельств, как необходимость извлечения ценных продуктов или предварительное охлаждение горячего газового потока, то обработка в одной системе, как правило, дешевле (меньше капиталовложений), чем при двух- или многостадийной обработке. При необходимости обработки небольших потоков с высокими концентрациями загрязнений и больших объемов с малыми их концентрациями следует прежде всего рассматривать возможность обработки каждого потока в отдельности, а не варианты, предполагающие смешивание этих потоков. При отдельной подаче потоков более разбавленный газ в некотором количестве может периодически подаваться в обрабатывающую систему, что позволяет поддерживать движущую силу, связанную с градиентом концентрации.

4. Расчет аппаратов для улавливания газообразного компонента

При расчете аппаратов для улавливания какого-либо газообразного компонента из газовой смеси требуется определить геометрические размеры аппарата и насадки в нем, а также количество поглотительной жидкости. Диаметр цилиндрической части аппарата рассчитывают по формуле, м

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot v}}, \quad (3.1)$$

где V – количество газа, пропускаемого через сечение аппарата, м³/с;

v – скорость движения газа в сечении аппарата, м/с.

Эту скорость рассматривают из условия обеспечения на поверхности насадки максимального количества орошающей жидкости при наибольшей поверхности контакта с газом. При большой скорости газа стекание жидкости с поверхности насадки прекращается и скруббер «захлебывается». Скорость v_0 , при которой наступает режим захлебывания, может быть определена из зависимости

$$v_0 = \frac{Re_0 \cdot f \cdot \eta_{\Gamma}}{4 \cdot \rho_{\Gamma}}, \quad (3.2)$$

где Re_0 – критерий Рейнольдса, соответствующий началу режима захлебывания;

f – удельная поверхность насадки, м²/м³;

η_{Γ} – вязкость газа при температуре газа, Н·с/м²;

ρ_{Γ} – плотность газа при температуре газа, кг/м³;

$$Re_0 = 0,045 \cdot Ar^{0,56} \cdot \left(\frac{V_{\Gamma}}{V_{\text{ж}}} \right)^{0,43}, \quad (3.3)$$

$V_{\Gamma}, V_{\text{ж}}$ – количество соответственно газа и жидкости, кг/ч;

Ar – критерий Архимеда, рассчитываемый по эквивалентному диаметру насадки и вязкости газа

$$Ar = \frac{g \cdot d_{\text{экв}}^3 \cdot \rho_{\Gamma} \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\Gamma})}{\eta_{\Gamma}^2}, \quad (3.4)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м³;

$d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр насадки, м; $d_{\text{экв}} = 4\varepsilon / f$;

ε – живое сечение (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Характеристика насадок скрубберов

Вид насадки и ее размеры, мм	Удельная	Живое сечение,
------------------------------	----------	----------------

	поверхность, м ² /м ³	ε
<i>Беспорядочно засыпанная</i>		
Кольца керамические:		
10x10x1,5	440	0,7
15x15x2	330	0,7
25x25x3	200	0,74
50x50x5	90	0,785
Кокс кусковой:		
25	120	0,53
40	85	0,55
75	42	0,58
<i>Правильно уложенная</i>		
Кольца керамические:		
50x50x5	110	0,735
80x80x8	80	0,72
100x100x10	60	0,72
Хордовая деревянная (10x100) при шаге в свету:		
10	100	0,55
20	65	0,68
30	48	0,77

Скорость движения газа в поперечном сечении скруббера принимают

$$v = (0,85 - 0,95) v_0, \text{ м/с.} \quad (3.5)$$

Объем насадки определяют по формуле

$$V_{\text{нас}} = F_{\text{нас}} / f, \text{ м}^3, \quad (3.6)$$

где $F_{\text{нас}}$ – поверхность насадки, м².

Высоту насадки можно вычислить из уравнения

$$h_{\text{нас}} = \frac{V_{\text{нас}} \cdot 4}{\pi \cdot D^2}, \text{ м.} \quad (3.7)$$

Степень очистки воздуха от загрязняющих веществ определяется следующим соотношением

$$\eta = \frac{C_n - C_k}{C_n} \cdot 100\%, \quad (3.8)$$

где C_n – начальная концентрация загрязняющих веществ в очищаемом воздухе, мг/м³;
 C_k – конечная концентрация в очищенном воздухе, мг/м³.

Суммарная эффективность при многоступенчатой установке очистки воздуха будет равна

$$\eta_0 = [1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot \dots \cdot (1 - \eta_n)] \cdot 100\%, \quad (3.9)$$

где η_1, η_2, η_n – степень очистки воздуха от загрязняющих веществ в первой, второй и последующих ступенях очистки.

5. Практические способы интенсификации работы отдельных типов пылеуловителей

1. Равномерное распределение очищаемых газов по сечению аппаратов дает возможность увеличить эффективность работы электрофильтров, пенных газоочистителей, полых и насадочных скрубберов и других пыле- и газоуловителей. Этого достигают устройством в самих аппаратах или на входе в них газа направляющих лопаток, газораспределительных решеток, рациональным расположением входного патрубка по отношению к корпусу аппарата, устройством диффузоров и другими средствами.

2. Укрупнение частиц пыли, содержащихся в очищаемых газах, что позволяет более полно осаждать их в аппаратах любых типов и обеспечивает в определенных условиях при данной эффективности аппарата повышение его производительности. Укрупнять содержащиеся в газе частицы можно следующими путями:

а) использованием акустических коагуляторов, а для пылей, хорошо проводящих электрический ток, — электрофильтров-коагуляторов;

б) применением в качестве коагуляторов турбулентных газопромывателей;

в) увлажнением газа путем ввода в него мелкораспыленной воды или водяного пара, который в газе при определенных условиях конденсируется. При этом содержащиеся в газе частицы пыли, сталкиваясь с капельками воды, ук-

рупняются. Аналогичное явление можно наблюдать и при охлаждении содержащего водяные пары газа до температуры ниже температуры точки росы;

г) применением веществ, смачивающих частицы пыли и тем самым способствующих их укрупнению. Некоторые пыли в высокодисперсном состоянии плохо или совсем не смачиваются водой. К таким плохо смачиваемым (гидрофобным) пылям относятся, например, окись кремния, окись свинца, пыли красителей и др. Для улучшения смачиваемости таких пылей применяют специальные растворы поверхностно активных веществ, которые вводят в орошаемую газ воду. Такими веществами являются смачиватели ДБ, ОП-7, ОП-10, ТБ, представляющие собой смесь эфиров и других веществ. Наиболее эффективным является смачиватель ТБ.

3. Охлаждение газов необходимо для обеспечения эффективной работы турбулентных промывателей, электрофильтров, а также тканевых фильтров и других аппаратов для очистки газов.

4. Кондиционирование газов при помощи реагентов, снижающих электрическое сопротивление слоя пыли на электродах электрофильтра. К таким кондиционирующим реагентам, которые добавляют в очищаемые газы, относятся SO_3 , NH_3 , хлориды натрия и калия. В частности, для снижения электрического сопротивления пыли кремнистых соединений применяют SO_3 . Кондиционирующий реагент NH_3 применяют при очистке газов, содержащих пыль силиката алюминия. Действие этих реагентов усиливается с повышением влажности газов и понижением их температуры. Механизм действия этих веществ пока не изучен, и нет методики расчета количества этих реагентов.

5. Введение в очищаемый газ мелкодисперсных электропроводных частиц применяют в том случае, когда очистку газа осуществляют в электрофильтре и находящаяся в газе пыль плохо проводит электрический ток. К таким частицам относятся кокс, сажа и др. Их влияние на увеличение проводимости осевшей на электродах пыли является чисто физическим. Электрическое сопротивление слоя пыли на электродах снижается в результате образования в этом слое цепочки проводящих ток частиц.

6. Предварительная очистка газа. Эффективность работы некоторых типов аппаратов, например электрофильтров, возрастает в том случае, когда газ, содержащий пыль в большом количестве, предварительно подвергается грубой очистке в аппаратах инерционного или центробежного действия.

Вопросы

1. Какие требования необходимо соблюдать при неполной очистке воздуха, выбрасываемого в атмосферу?
2. Какие пылеуловители наиболее эффективно могут очистить воздух от пыли?
3. Какие пылеуловители необходимо использовать для очистки воздуха от мелкой (менее 10 мкм) пыли?
4. Как происходит очистка воздуха от пыли в циклоне?
5. В чем суть акустического пылеуловителя?
6. В чем заключается процесс абсорбции?
7. В чем заключается процесс адсорбции?
8. Как происходит процесс очистки при конденсации?
9. В чем заключается процесс каталитической очистки?
10. Как происходит процесс дожигания при очистке газа от загрязнения?
11. Как можно интенсифицировать работу пылеуловителей?

Лекция 4

Системы обеспечения безопасности рабочего места: средства защиты от теплового излучения, вибрации общей и локальной, шума

План

1. Защита от тепловых излучений. Расчет теплозащитного экрана.
2. Расчет воздушного душа для рабочего места.
3. Средства защиты от вибрации.
4. Защита от шума. Средства звукоизоляции, звукопоглощения, глушители шума.

1. Защита от тепловых излучений. Расчет теплозащитного экрана

Лучистая энергия, испускаемая на какое-либо тело, в зависимости от его физических свойств, формы и состояния поверхности частично поглощается этим телом и переходит в тепловую (а иногда и другие формы энергии), а оставшаяся часть отражается и частично проходит через него (рис. 4.1).

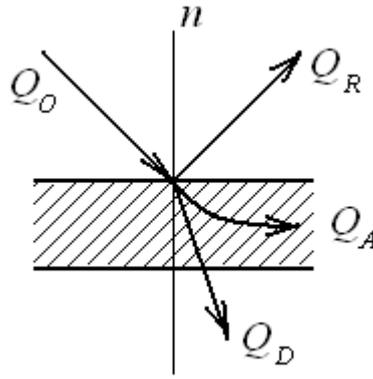


Рис. 4.1. Схема распределения лучистой энергии, падающей на тело

Обозначим через Q_O общее количество лучистой энергии, падающей на тело, а через Q_A , Q_R , Q_D – соответственно количество лучистой энергии, поглощенной, отраженной и прошедшей через него (формулы 4.1–4.3):

$$Q_O = Q_A + Q_R + Q_D. \quad (4.1)$$

Тогда, разделив обе части равенства на Q_O , получим

$$\frac{Q_O}{Q_O} = \frac{Q_A}{Q_O} + \frac{Q_R}{Q_O} + \frac{Q_D}{Q_O}, \quad (4.2)$$

или

$$1 = A + R + D \quad (4.3)$$

где $A = \frac{Q_A}{Q_O}$ – поглощательная способность тела;

$R = \frac{Q_R}{Q_O}$ – отражательная способность тела;

$D = \frac{Q_D}{Q_O}$ – пропускная способность тела.

Из приведенного рассмотрения следует, что величины A , R и D являются безразмерными коэффициентами поглощения, отражения и пропускания. В зависимости от конкретных физических свойств тела, его температуры и длины

волны падающего излучения численные значения коэффициентов A , R и D могут быть различными, а в частных случаях и равными нулю.

Если $A = 1$ (т. е. $R = D = 0$), то тело полностью поглощает все падающие на него тепловые лучи и называется абсолютно черным. Абсолютно черных тел в природе нет ($A < 1$). Свойствами, близкими к абсолютно черному телу, обладают нефтяная сажа ($A = 0,9...0,96$), вода и лед ($A = 0,92...0,95$), черное сукно ($A = 0,98$) черный бархат ($A = 0,955$).

Если $R = 1$ (т.е. $A = D = 0$), то тело полностью отражает падающие на него тепловые лучи. Такое тело называется зеркальным (если отражение правильное, не рассеянное) либо абсолютно белым (если отражение рассеянное – диффузное). К числу тел, близких по свойствам к абсолютно белому телу, относится ряд металлов (золото, медь и др.). Для полированных металлов $R = 0,95...0,97$. Белая оштукатуренная наружная поверхность стены хорошо отражает солнечные (видимые) лучи, а невидимые тепловые лучи интенсивно ею поглощаются.

Если $D = 1$ (т. е. $A = R = 0$), то тело пропускает через себя все падающие на него лучи. Такое тело называется абсолютно проницаемым (прозрачным), или диатермичным. Воздух – практически прозрачная среда, твердые тела и жидкости непрозрачны. Многие тела прозрачны только для определенных волн. Так, оконное стекло пропускает световые лучи и почти непрозрачно для ультрафиолетового и длинноволнового инфракрасного излучения.

Основные законы теплового излучения. Закон Стефана – Больцмана. И. Стефан (1879 г.) экспериментально, а Л. Больцман (1881 г.) теоретически установили связь излучательной способности абсолютно черного тела с температурой. В технических расчетах закон Стефана – Больцмана используется в следующем виде:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \cdot K \right)^4, \quad (4.4)$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный $5,68 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$,

Реальные тела, называемые обычно **серыми**, по интенсивности излучения отличаются от **абсолютно черного тела**, но закон Стефана – Больцмана применим и к серым телам, если учесть степень их черноты

$$\alpha = E / E_0, \quad (4.5)$$

где E – излучательная способность серого тела;

E_0 – излучательная способность абсолютно черного тела.

Применительно к реальным телам закон Стефана – Больцмана приобретает следующий вид:

$$E = q \cdot E_0 = \alpha \cdot C_0 (T / 100)^4 = C (T / 100)^4 \quad (4.6)$$

где $C = \alpha \cdot C_0$ – коэффициент излучения.

Величина **степени черноты** α зависит главным образом от природы тела, температуры и состояния его поверхности (гладкая или шероховатая). Например, чистые стальные и чугунные поверхности при $t = 20$ °С имеют $\alpha = 0,05 \dots 0,45$, кирпич красный при той же температуре имеет $\alpha = 0,93$, а оштукатуренная известковая поверхность при $t = 10 \dots 90$ °С имеет $\alpha = 91$.

Закон Ламберта. По закону, установленному Ламбертом, максимальное излучение единицей поверхности происходит по направлению нормали к ней. Если Q_0 – количество энергии, излучаемое по нормали к поверхности, а Q_φ – по направлению, образующему угол φ с нормалью, то, по закону Ламберта,

$$Q_\varphi = Q_0 \cdot \cos \varphi. \quad (4.7)$$

Таким образом, закон Ламберта определяет зависимость излучаемой телом энергии от ее направления.

Закон Кирхгофа. По закону Кирхгофа отношение излучательной способности тела E к его поглотительной способности A для всех тел одинаково и равно излучательной способности абсолютно черного тела E_0 при той же температуре и зависит только от температуры, т. е.

$$E / A = E_0 = f(T). \quad (4.8)$$

Так как $E/E_0 = \alpha$, то для всех серых тел $A = \alpha$, т. е. поглотительная способность тела численно равна степени его черноты.

Различные случаи теплообмена излучением. Рассмотрим случай теплообмена излучением между двумя стенками, имеющими большую поверх-

ность и расположенными параллельно на небольшом расстоянии одна от другой (рис. 4.2), т. е. так, что излучение каждой стенки полностью попадает на противоположную. Пусть температуры поверхности стенок постоянно поддерживаются T_1 и T_2 , причем $T_1 > T_2$, а коэффициенты поглощения стенок равны соответственно A_1 и A_2 , причем $A_1 = \alpha_1$, $A_2 = \alpha_2$, т.е. коэффициенты поглощения и степени черноты соответственно равны. Для этого случая на основании закона Стефана – Больцмана получим Q_{1-2} , Вт

$$E = q \cdot E_0 = \alpha \cdot C_0 (T / 100)^4 = C (T / 100)^4 \quad (4.9)$$

где $C = \alpha \cdot C_0$ – коэффициент излучения.

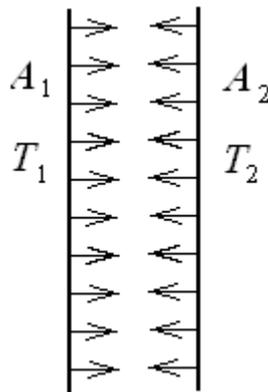


Рис. 4.2. Схема тепловых потоков между двумя параллельными стенками при теплообмене излучением

Тепловой поток между двумя параллельными стенками

$$Q_{1-2} = C_{\text{ПР}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot F, \quad (4.10)$$

где $C_{\text{ПР}}$ – приведенный коэффициент излучения, Вт/(м² · К);

$$C_{\text{ПР}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}}. \quad (4.11)$$

Здесь C_1 и C_2 – константы излучения тел, между которыми происходит процесс лучистого теплообмена.

Уравнение (4.11) можно использовать для расчета теплообмена излучением между телами, одно из которых имеет выпуклую форму и окружено поверхностью другого, т. е. находится в замкнутом пространстве (рис. 4.3).

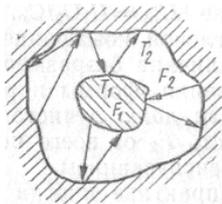


Рис. 4.3. Схема тепловых потоков между двумя телами при теплообмене излучением

Однако в этом случае

$$C_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \cdot \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0} \right)}, \quad (4.12)$$

где F_1 и F_2 – поверхности первого и второго тел, участвующие в лучистом теплообмене.

При произвольном расположении тел (поверхностей), между которыми происходит теплообмен излучением Q_{1-2} , Вт, расчетная формула принимает вид

$$Q_{1-2} = C_{\text{пр}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot F \cdot \bar{\Psi}_{1-2}. \quad (4.13)$$

В данном случае $C = C_1 \cdot C_2 / C_0$, а коэффициент Ψ (так называемый угловой коэффициент или коэффициент облучения) – величина безразмерная, зависящая от взаимного расположения, формы и размеров поверхностей и показывающая долю лучистого потока, которая падает на поверхность F_2 от всего потока, отдаваемого поверхностью F_1 лучеиспусканием.

В строительной практике иногда возникает необходимость уменьшить интенсивность теплообмена излучением. Одним из эффективных средств уменьшения интенсивности теплообмена служат **защитные экраны** (рис. 4.4),

выполненные из материалов с малой поглотительной и большой отражательной способностями.

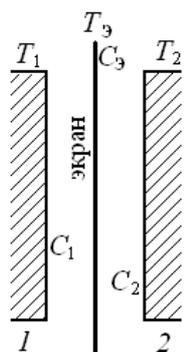


Рис. 4.4. Схема расположения экрана при теплообмене излучением

При наличии экрана лучистая теплота последовательно передается от стенки к экрану, а от экрана – к другой стенке. Если экран и стенки, между которыми он находится, по материалу и качеству поверхности не отличаются, то один экран уменьшит поток в 2 раза, два параллельных экрана – в 3 раза и n экранов – в $(n + 1)$ раз.

Но если поверхность экрана имеет очень небольшой коэффициент поглощения и хорошо отражает лучистую энергию, например никелированный лист с $A = 0,05$ или полированный тонкий лист алюминия с $A = 0,26$, то один экран может уменьшить тепловой поток в 10-30 раз.

Экраны целесообразно использовать в воздушных прослойках наружных ограждений для уменьшения передачи теплоты излучением, где этот вид теплообмена составляет 70–80 %.

2. Расчет воздушного душа для рабочего места

Отверстия для подачи приточного воздуха в помещение обычно оформляются насадками, которые выполнены в виде решеток, плафонов, диффузоров, патрубков с возможностью регулирования направления раздачи приточного воздуха.

Ниспадающий поток (коническая струя) может применяться для создания соответствующей метеорологической обстановки на фиксированных рабочих местах (или в местах отдыха). В зону нахождения человека подается сверху вниз воздушная струя большого диаметра с малой скоростью. Такая подача воздуха называется *воздушным душированием* по способу ниспадающего потока, рис. 4.5.

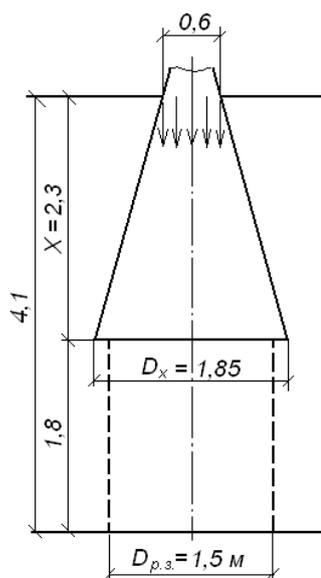


Рис. 4.5. Приточная вентиляция для фиксированного рабочего места способом ниспадающего потока (размеры указаны в метрах)

Диаметр струи выбирают таким, чтобы верхняя часть тела работника находилась в зоне начального участка струи.

Воздушное душирование наружным воздухом постоянных рабочих мест следует предусматривать (СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», п. 7.1.9):

- а) при облучении лучистым тепловым потоком с интенсивностью более 140 Вт/м^2 ;
- б) для предотвращения распространения вредных веществ на постоянные рабочие места при открытых технологических процессах, сопровождающихся выделением вредных веществ, и невозможности устройства укрытия или местной вытяжной вентиляции.

В плавильных, литейных, прокатных и других горячих цехах допускается душирование рабочих мест внутренним воздухом аэрируемых пролетов этих цехов с охлаждением или без охлаждения воздуха.

Системы воздушного душирования для подачи воздуха на рабочие места следует проектировать отдельными от систем другого назначения.

В производственных помещениях горячих цехов при облучении с поверхностной плотностью лучистого теплового потока (далее – интенсивность теплового облучения) 140 Вт/м^2 и более следует предусматривать душирование рабочих мест наружным воздухом; температуру и скорость движения воздуха

на рабочем месте следует принимать по приложению Е к СНиП 41-01-2003. В помещениях для отдыха рабочих горячих цехов следует принимать температуру воздуха 20 °С в холодный период года и 23 °С – в теплый (СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», п. 5.6).

В производственных помещениях горячих цехов при облучении с поверхностной плотностью лучистого теплового потока (далее – интенсивность теплового облучения) 140 Вт/м² и более следует предусматривать душирование рабочих мест наружным воздухом; температуру и скорость движения воздуха на рабочем месте следует принимать по приложению Г к СП 60.13330.2012. В помещениях для отдыха рабочих горячих цехов следует принимать температуру воздуха 20 °С в холодный период года и 23 °С – в теплый (СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», п. 5.9).

Воздушное душирование применяют для создания на постоянных рабочих местах отдельных видов производств, создания на постоянных рабочих местах требуемых метеорологических условий при тепловом облучении и при открытых производственных процессах, если технологическое оборудование, выделяющее вредные вещества, не имеет укрытий или местной вытяжной вентиляции. При душировании можно подавать или наружный воздух с обработкой его в приточных камерах (очисткой, охлаждением и нагреванием в холодный период года в случае необходимости), или внутренний воздух. Воздушное душирование наружным воздухом мест постоянного пребывания работающих следует проектировать:

- а) при тепловом облучении интенсивностью 140 Вт/м² и более;
- б) при открытых технологических процессах с выделением вредных веществ.

При проектировании воздушного душирования должны быть приняты меры, предотвращающие сдувание производственных вредных выделений на близко расположенные постоянные рабочие места. Воздушная струя должна быть направлена так, чтобы по возможности исключалось подсасывание ею горячего загрязненного газами воздуха.

Для воздушного душирования рабочих мест следует предусматривать воздухораспределители, обеспечивающие минимальную турбулизацию воздушной струи и имеющие устройства для изменения направления струи в горизонтальной плоскости на угол 180° и в вертикальной плоскости на угол 30°.

Конструктивные решения

Системы, подающие воздух к воздушным душам, проектируются отдельными от систем другого назначения.

При проектировании систем воздушного душирования, как правило, следует применять универсальные душирующие воздухораспределители УДВ (типовая серия 5.904-31). Воздухораспределители обычно устанавливаются на высоте не менее 1,8 м от пола (до их нижней кромки). Для душирования группы постоянных рабочих мест могут быть использованы воздухораспределители ВГК или ВСП (типовые серии 4.904-68 и 5.904-47).

Расстояние от места выпуска воздуха до рабочего места следует принимать не менее 1 м, а воздушный поток должен быть направлен:

- на грудь человека горизонтально или сверху под углом до 45° для обеспечения на рабочем месте нормируемых температур и скорости движения воздуха;

- в лицо (зону дыхания) горизонтально или сверху под углом до 45° для обеспечения на рабочем месте допустимых концентраций по газу и пыли; при этом должны обеспечиваться нормируемые температура и скорость движения воздуха.

Если невозможно достигнуть нормируемой температуры воздуха в душирующей струе на рабочем месте повышением скорости движения воздуха, следует устанавливать форсунки тонкого распыла воды в потоке подаваемого воздуха на выходе из воздухораздающего устройства.

При тепловом облучении постоянных рабочих мест нагретыми поверхностями интенсивностью от 140 до 350 Вт/м² предусматривается установка вентиляторов-вееров (аэраторов). При применении вентиляторов-вееров следует обеспечивать поддержание допустимой ГОСТ 12.1.005–88 температуры воздуха, увеличивая скорость на 0,2 м/с более указанной в этом ГОСТе. Для этой цели душирование рабочих мест внутренним воздухом осуществляется поворотными аэраторами ПАМ-24. Аэратор состоит из осевого вентилятора, подача которого составляет 24000 м³/ч воздуха, электродвигателя типа 4А100Л4УЗ мощностью 4 кВт, и имеет автоматическое устройство, поворачивающее вентилятор 11 раз в 1 мин.

В помещениях общественных, административно-бытовых и производственных зданий, сооружаемых в IV климатическом районе, а также при обосновании и в других климатических районах, при избытках явной теплоты более

23 Вт/м³ следует предусматривать дополнительно к общеобменной приточной вентиляции установку потолочных вентиляторов для увеличения скорости движения воздуха на рабочих местах или на отдельных участках в теплый период года на 0,2-0,3 м/с более допустимых указанных в ГОСТ 12.1.005–88* или в приложении к СНиП 2.04.05–86. Для этой цели используются потолочные вентиляторы ВПК-15 «Союз», «Зангезур-3» и «Зангезур-5».

Потолочные вентиляторы состоят из однофазного электродвигателя напряжением 220 В, лопастей, системы подвеса и ступенчатого регулятора скорости. Применение потолочных вентиляторов не следует ограничивать районами с жарким климатом. Их рационально применять и в районах с умеренным климатом.

При проектировании воздушного душирования наружным воздухом следует принимать расчетные параметры А для теплого периода года и Б для холодного периода.

Воздушное душирование при тепловом облучении должно обеспечивать на местах постоянного пребывания работающих температуру и скорость движения воздуха в соответствии со СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», а при открытых производственных процессах - поддержание норм метеорологических условий и чистоты воздуха в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88*.

3. Средства защиты от вибрации

Вибрация – это механические колебательные движения, распространяющиеся в телах с упругими связями, генерируется различным механизированным инструментом (отбойные молотки, перфораторы), различными видами машин и оборудования ударного, ударно-поворотного, ударно-вращательного действия (шлифовальные машины, рубильные молотки, трамбовки, сверлильные машины, вибростолы, виброплощадки, ткацкие станки и др.), транспортом.

Вибрация характеризуется:

– частотой колебаний f (Гц);

– амплитудой колебаний A (м);

– колебательной скоростью V (м/с);

– колебательным ускорением a (м/с²) распространения волн колебаний от точки возникновения до точки затухания.

Согласно ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования» *по способу передачи* на человека делится:

– на общую вибрацию, которая передаётся на тело стоящего, сидящего или лежащего человека в точках его опоры (ступни ног, ягодицы, спина, голова);

– локальную вибрацию, которая передаётся через кисти рук человека в местах контакта с управляемой машиной или обрабатываемым изделием.

Действие вибрации на человека

Действия вибрации на организм человека зависит от способа передачи на человека. Оба вида вибрации (общая и локальная) особенно опасны при частотах, совпадающих или близких к частоте собственных колебаний человеческого тела или его отдельных органов

При вибрации с частотой 4 Гц воздействие на вестибулярный аппарат и центральную нервную систему вызывает «морскую болезнь».

Колебания с частотой 5...6 Гц неблагоприятно действуют на область сердца, 4...9 Гц – действуют на желудок, тело мозга и печень, 30–40 Гц – особенно действуют на кисти рук.

Для стоящего на вибрирующей поверхности наблюдается два резонансных пика на частотах 5...12 Гц и 17...25 Гц; для сидящего – на частотах 4...6 Гц. Для головы резонансные частоты лежат в области 20...30 Гц.

Воздействие общей вибрации на человека способствует расстройствам функционального состояния внутренних органов, вызывая, прежде всего, патологические нарушения органов малого таза.

Локальная вибрация вызывает нарушение питания и кровообращения в тканях: появляются спазмы сосудов, которые, начиная с концевых фаланг пальцев, распространяются на всю кисть, предплечье и охватывают сосуды сердца.

Систематическая длительная работа, связанная с общей или локальной вибрацией, а также с комплексом неблагоприятных факторов, может формировать профессиональное заболевание – вибрационную болезнь.

Вибрационная болезнь, которая возникает под воздействием общей вибрации, чаще наблюдается у водителей транспортных средств и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов. При этом возникают типичные изменения в позвоночнике, которые проявляются в виде деформирующего остеоартроза пояснично-крестцового отдела или дискозов.

Допустимые уровни вибрации на рабочих местах приведены в СН

2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Контроль вибрации на рабочих местах должен производиться:

– при специальной оценке условий труда на рабочих местах;

– периодически;

– по указанию (требованию) органов Роспотребнадзора и технической инспекции профсоюзов.

Периодичность контроля вибрационной нагрузки на оператора при воздействии локальной вибрации – не реже 2 раз в год, общей – не реже 1 раза в год.

Защита от вибрации

1. Технические средства:

– устранение вибрации в источнике возникновения;

– подгонка деталей, смазка;

– виброизоляция и вибропоглощение;

– правильный выбор рабочих режимов;

– уравнивание, балансировка вращающихся частей.

2. Организационные мероприятия:

– эксплуатационные проверки вибрации;

– использование машин в соответствии с их назначением;

– планово-предупредительные ремонты;

– рациональная планировка технологических процессов;

– исключение контакта работников с вибрирующими поверхностями;

– введение режимов труда.

3. Применение средств индивидуальной защиты.

К основным средствам виброзащиты относятся:

а) виброизоляция;

б) вибродемпфирование;

в) динамическое гашение.

Уменьшение передачи колебания от источника возбуждения защищаемому объекту при помощи промежуточных устройств (амортизаторов), помещаемых между ними, называется *виброизоляцией*.

Вибродемпфирование заключается в уменьшении уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний данной колеблющейся системы в тепловую энергию. Увеличение потерь энергии в

системе достигается использованием в качестве конструкционных материалов с большим внутренним трением, а также покрытием вибрирующих поверхностей демпфирующими материалами с большим внутренним трением или вязкостью.

В качестве демпфирующих материалов широко используют антивибрационную мастику, мягкие пластмассы, войлок, пенопласт, резину и другие мягкие покрытия, которые наклеивают несколькими слоями на колеблющуюся поверхность. Мягкие вибродемпфирующие покрытия наиболее эффективны на высоких частотах.

Жесткие вибродемпфирующие покрытия, эффективность которых проявляется главным образом на низких и средних частотах, выполняются, как правило, в виде многослойной конструкции: покрытия из слоя вязкоупругого материала (твердой пластмассы, рубероида, изола, битумизированного войлока) и слоя фольги приклеивают к поверхности особо жестким клеем.

Хорошими вибропоглощающими свойствами обладает «слоеный металл»: металлические листы, склеенные слоем вязкого вещества, либо пакеты металлических листов с разными характеристиками.

Принцип действия *динамического гашения* заключается в увеличении реактивного сопротивления колебательных систем за счет установки динамических виброгасителей. Наибольшее распространение получили динамические гасители вибраций, представляющие собой механическую колебательную систему с резонансной частотой, совпадающей с частотой вибраций, которые нужно ослабить.

4. Защита от шума. Средства звукоизоляции, звукопоглощения, глушители шума

Производственный шум – это совокупность звуков различной интенсивности и высоты, беспорядочно изменяющихся во времени, возникающих в условиях производства и неблагоприятно воздействующих на организм. Человек воспринимает лишь звуки, имеющие частоту от 20 Гц до 20 000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц называют инфразвуками, а выше 20 кГц – ультразвуками.

Влияние шума на организм человека

Производственный шум вызывает профессиональную тугоухость, а иногда и глухоту. Чаще слух изменяется под действием высокочастотного шума. Главным методом ранней диагностики нарушения слуховой чувствительности у рабочих шумных производств является аудиометрия. Еще одной профессио-

нальной патологией органа слуха может быть звуковая травма, которая заключается в механическом повреждении барабанной перепонки среднего уха.

Наряду с воздействием на орган слуха происходит и общее воздействие шума на организм: на нервную и сердечно-сосудистую системы. Шум, превышающий установленные гигиенические нормативы, может вызвать профессиональную тугоухость.

Физические и физиологические характеристики шума

Звук как физическое явление характеризуется звуковым давлением P (Па), интенсивностью I (Вт/м²) и частотой f (Гц).

Ухо человека чувствительно не к интенсивности звука, а к давлению P , оказываемому звуковой волной, которое определяется по формуле

$$P = \frac{F}{S}, \text{ Па}, \quad (4.14)$$

где F – нормальная сила, с которой звуковая волна действует на поверхность, Н;

S – площадь поверхности, на которую падает звуковая волна, м².

Порогу слышимости при частоте 1000 Гц соответствует интенсивность звука 10^{-12} Вт/м² и звуковое давление $2 \cdot 10^{-5}$ Па. При интенсивности звука 1 Вт/м² и звуковом давлении $2 \cdot 10^1$ Па (при частоте 1000 Гц) создается ощущение боли в ушах. Эти уровни называются порогом болевого ощущения и превышают порог слышимости в 10^{12} и 10^6 раз, соответственно.

Оценивают шум не в абсолютных значениях интенсивности и давления, а в относительных их уровнях в логарифмических единицах, характеризуемых отношением фактически создаваемых интенсивности и давления к их значениям, соответствующим порогу слышимости. По логарифмической шкале увеличение интенсивности и давления звука в 10 раз соответствует приросту ощущения на 1 единицу, названную белом (Б),

$$L = \lg \frac{I}{I_0} = 2 \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \quad (4.15)$$

где I_0 и P_0 – исходные значения интенсивности и звукового давления (интен-

сивность и давление звука на пороге слышимости).

За исходную цифру 0 (ноль) Бел принята пороговая для слуха величина звукового давления $2 \cdot 10^{-5}$ Па (порог слышимости или восприятия). Весь диапазон энергии, воспринимаемой слухом как звук, укладывается при этих условиях в 13–14 Б. Для удобства пользуются не белом, а единицей в 10 раз меньшей – децибелом (дБ), которая соответствует минимальному увеличению силы звука, различаемому ухом.

В настоящее время общепринято характеризовать интенсивность шума в уровнях звукового давления, определяемых по формуле, дБ,

$$L = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \quad (4.16)$$

где P – среднеквадратичная величина звукового давления, Па;

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

Третьей характеристикой звука, определяющей его высоту, является частота колебаний, измеряемая числом полных колебаний, совершенных в течение 1с (Гц). Частота колебаний определяет высоту звучания: чем больше частота колебаний, тем выше звук. Орган слуха человека реагирует не на абсолютный, а на относительный прирост частот: возрастание частоты колебаний вдвое воспринимается как повышение тона на определенную величину, называемую октавой. Таким образом, октава – диапазон, в которой верхняя граничная частота равна удвоенной нижней частоте.

При удвоении частоты высота звука изменяется на одну и ту же величину независимо от того, в каком частотном интервале происходит это изменение. Каждая октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой, определяемой по формуле

$$f = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = \sqrt{2 f_1^2} = 1,41 f_1, \quad (4.17)$$

где f_1 – нижняя граничная частота, Гц;

f_2 – верхняя граничная частота, Гц.

Весь диапазон частот слышимых человеком звуков разбит на 9 октав со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Шум, не превышающий уровень 30–35 дБ, не ощущается как утомительный или заметный. Такой уровень шума является допустимым для читальных залов, больничных палат, жилых комнат ночью. Для конструкторских бюро, конторских помещений допускается уровень шума 50–60 дБ.

Классификация шумов

Производственный шум можно классифицировать по различным признакам.

По происхождению – аэродинамический, гидродинамический, металлический и т. д.

По частотной характеристике – низкочастотный (1–350 Гц), средне-частотный (350–800 Гц), высокочастотный (более 800 Гц).

По спектру – широкополосный (шум с непрерывным спектром шириной более 1 октавы), тональный (шум, в спектре которого имеются выраженные тоны).

По временным характеристикам шумы разделяют на постоянный, или стабильный, и непостоянный.

Постоянный шум – это шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

Непостоянный шум - это шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день, за рабочую смену или во время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

Непостоянный шум может быть колеблющимся, прерывистым и импульсным. Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах.

Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА, измеренный на временной характеристике «медленно» шумомера, определяемый по формуле

$$L = 20 \cdot \lg \frac{P_{(A)}}{P_0}, \text{ дБА}, \quad (4.18)$$

где $P_{(A)}$ – среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции

"А" шумомера, Па

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Эквивалентный (по энергии) уровень звука, $L_{A(\text{экв})}$, в дБА данного непостоянного шума – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени и который определяют по формуле

$$L_{A(\text{экв})} = 10 \cdot \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_{A(t)}}{p_0} \right)^2 \cdot dt, \text{ дБА}, \quad (4.19)$$

где $p_{A(t)}$ – текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера, Па;

p_0 – исходное значение звукового давления (в воздухе $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па);

T – время действия шума, ч.

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления L , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Для ориентировочной оценки допускается использовать уровни звука L_A , дБА.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются эквивалентные (по энергии) уровни звука $L_{A\text{экв.}}$, дБА, и максимальные уровни звука $L_{A\text{макс.}}$, дБА.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003–83 «Шум. Общие требования безопасности» допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать:

– для широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума – по ГОСТ 12.1.003-83;

– для тонального и импульсного шума – на 5 дБ меньше значений, указанных в ГОСТ 12.1.003-83;

– максимальный уровень звука непостоянного шума на рабочих местах в кабинах машинистов тепловозов, электровозов, поездов метрополитена, дизель-поездов и автомотрис не должен превышать 110 дБА при измерениях на временной характеристике «медленно», а максимальный уровень звука импульсного шума не должен превышать 125 дБ АI при измерениях на временной ха-

рактеристике «импульс».

Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности приведены в СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Методы контроля шума на производстве

Методы измерения шума для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий допустимым по действующим нормам устанавливаются ГОСТ 12.1.050–86 «Методы измерения шума на рабочих местах».

При выполнении работ стоя микрофон устанавливается на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки; если работа выполняется сидя, микрофон располагается на высоте уха человека. Микрофон ориентируется в направлении максимального уровня шума и размещается не ближе 0,5 м от проводящего измерения человека.

За максимальный уровень звука при проведении измерений шумомерами принимают наибольшее значение уровня звука за период измерения.

Методы и средства снижения и устранения вредного воздействия повышенного уровня шума

Уменьшение шума в источнике

Шум механизмов возникает вследствие упругих колебаний как всей машины в целом, так и отдельных ее частей. Причины возникновения этих колебаний – механические, аэро-, гидродинамические и электрические явления, определяемые конструктивными и технологическими особенностями машины, а также условиями ее эксплуатации. В связи с этим различают шумы механического, аэро-, гидродинамического и электромагнитного происхождений.

Снижение механического шума, возникающего вследствие вибрации поверхностей машин и оборудования, а также одиночных или периодических ударов в сочленении деталей, достигается улучшением конструкции оборудования: заменой возвратно-поступательного движения в узлах работающих механизмов равномерно вращательным; применением вместо прямоугольных шесте-

рен косозубых и шевронных, а также повышением класса точности обработки их поверхности; заменой по возможности зубчатых и цепных передач клиноременными и зубчато-ременными (снижение шума на 10–14 дБ); заменой подшипников качения на подшипники скольжения (снижение шума на 10–15 дБ); использованием металлов с большим внутренним трением; заменой, где это возможно, металлических деталей деталями из пластмасс.

Демпфирование эффективно особенно для высоких тонов. Колеблущаяся поверхность покрывается материалом с большим внутренним трением (резина, пробка, битум, войлок и др.). Основными требованиями, предъявляемыми к демпфирующим материалам, должны быть высокая эффективность, малая масса, способность прочно удерживаться на металле и предохранять его от коррозии.

Снижение *аэро- и гидродинамических* шумов достигается уменьшением скорости обтекания и улучшением аэро- и гидродинамики тел, а также путем звукоизоляции источника и установки глушителей.

Электромагнитные шумы возникают вследствие колебаний элементов электромеханических устройств под влиянием переменных магнитных сил – колебания статора и ротора электрических машин, сердечника трансформатора и др. Снижение электромагнитного шума осуществляется путем конструктивных изменений в электрических машинах.

Изменением направленности излучения шума достигают его снижения на 10...15 дБ. Труба для сброса сжатого воздуха компрессорной установки должна располагаться таким образом, чтобы максимум излучаемого шума был направлен в противоположную от рабочего места сторону.

Ослаблению производственного шума способствует *рациональная планировка* предприятий и цехов.

Снижение шума достигается путем размещения на внутренних поверхностях помещения звукопоглощающих облицовок, а также установки в помещении штучных звукопоглотителей, изготавливаемых из пористых материалов. Установка *звукопоглощающих облицовок* снижает шум по суммарному уровню на 6...8 дБ в зоне отраженного звука и на 2...3 дБ вблизи источника шума.

Снижение шума может быть достигнуто путем установки *звукоизолирующих преград* в виде стен, перегородок, кожухов, кабин, причем эффективность таких преград возрастает с увеличением частоты шума.

Организационно-технические мероприятия по защите от шума должны

включать в себя:

- применение малошумных технологических процессов;
- оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;
- совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин;
- установку на оборудовании и конструкциях шумопоглощающих экранов и покрытий, снижающих уровень шума на 5...12 дБ;
- обозначение знаками безопасности зон с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА, обеспечение средствами индивидуальной защиты работающих в этих зонах;
- использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях;
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров, а аудиометрических исследований и контроля за артериальным давлением.

Средствами индивидуальной защиты от шума являются вкладыши, наушники и шлемофоны.

Звукоизоляция и звукопоглощение

Звукоизоляция конструкции (перегородки, стены, окна и т. п.) как физическая величина равна ослаблению интенсивности звука при прохождении его через эту конструкцию

$$R = 10 \lg (I_{\text{пад}}/I_{\text{прош}}), \text{ дБ}, \quad (4.20)$$

где R – физическое значение звукоизоляции конструкции, дБ;

$I_{\text{пад}}$ – интенсивность падающего звука, дБ;

$I_{\text{прош}}$ – интенсивность прошедшего звука, дБ.

В то же время звукоизоляцией называют сумму мероприятий по снижению прохождения звука через конструкцию. Отличают звукоизоляцию от воздушного шума, когда колебания конструкции возбуждаются звуковыми волнами, падающими на нее из воздуха, и звукоизоляцию от структурного (ударного) шума, когда колебания конструкции возбуждаются непосредственным механическим воздействием (вибрацией установленной на ней машины, ходьбой.).

Повышение звукоизоляции при сохранении неизменной массы ограждения достигается следующими путями:

- применением ограждений, состоящих из двух и более слоев, разделен-

ных воздушным промежутком или слоем легкого волокнистого материала;

– повышением внутреннего трения в конструкции благодаря применению соответствующего материала ограждения или нанесению вибродемпфирующего слоя, что позволяет уменьшить влияние резонансов в конструкции;

– ликвидацией всякого рода неплотностей и щелей, особенно в дверях и окнах, а также в местах сопряжения различных конструкций (например, прикрытие перекрытия к стене);

– уплотнением притворов, двойным и тройным остеклением, устройством тамбуров у дверей и др., т. е. тщательной звукоизоляцией «слабого звена» ограждений – окон и дверей;

– уменьшением косвенной передачи звука (выбор соответствующих строительных конструкций, установка упругих и вибропоглощающих элементов на пути передачи звука, рациональное размещение конструкций с малой и большой массой, шарнирная заделка конструкций, где это допустимо, вместо жесткой и т. п.);

– виброизоляцией виброактивного оборудования, а также вагонов и звукоизолирующих кабин с целью снижения передачи структурного звука. Это мероприятие особенно важно для подвижного состава железных дорог, где главным источником внутреннего шума является взаимодействие рельсов и колес.

Наиболее простым и дешевым способом снижения шума в производственных помещениях является устройство звукоизолирующих кожухов, полностью закрывающих наиболее шумные агрегаты.

Схема конструкции кожуха для машины, требующей циркуляции воздуха, представлена на рис. 4.6. Если такой циркуляции не требуется, то отпадает необходимость в установке глушителей на впуске и выпуске воздуха.

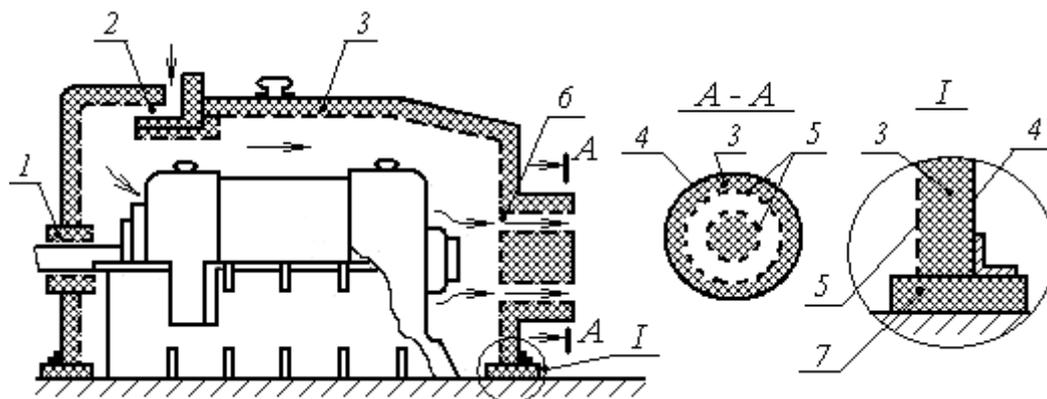


Рис. 4.6. Схема звукоизолирующего кожуха:

1 - глушитель в отверстии для вала; 2, б - глушители в отверстиях для циркуляции воздуха; 3 - звукопоглощающая облицовка; 4 - металлический лист; 5 - перфорированный лист или сетка; 7 - виброизолирующая и уплотняющая прокладка

Звукоизоляция от воздушного шума обеспечивается при помощи обычных строительных материалов — кирпича, бетона и железобетона, металла, фанеры, древесностружечных плит, стекла и т. п. Звукоизолирующими же материалами называют прокладочные материалы, применяемые в конструкциях перекрытий для снижения передачи структурного (ударного) звука преимущественно в жилых и общественных зданиях. В качестве звукоизолирующих материалов используют маты и плиты из стеклянного или минерального волокна, мягкие древесностружечные плиты, картон, резину, металлические пружины.

Звукопоглощающими называют материалы и конструкции, способные поглощать энергию падающего на них воздушного звука. Это, как правило, конструкции, состоящие из пористых материалов. Их применяют либо в виде облицовок внутренних поверхностей помещений, либо в виде самостоятельных конструкций – штучных поглотителей, обычно подвешиваемых к потолку. При трении колеблющихся частиц воздуха в порах энергия звуковых волн переходит в теплоту.

Глушители шума

Назначение глушителей – препятствовать распространению шума через трубопроводы, воздуховоды, каналы, всякого рода технологические и смотровые отверстия и т. п.

Глушители являются обязательной составной частью установок с двигателями внутреннего сгорания, газотурбинными и пневматическими двигателями, вентиляторных и компрессорных установок, аэродинамических устройств и т. п. Различают глушители со звукопоглощающим материалом (активные или диссипативные) и без звукопоглощающего материала (реактивные). Глушители без звукопоглощающего материала применяют преимущественно в поршневых машинах, пневматических и ротационных двигателях и двигателях внутреннего сгорания. В остальных случаях наиболее эффективно применение глушителей со звукопоглощающим материалом.

Вопросы

1. Каким способом можно защитить работника от теплового излучения?

2. С какой целью и как можно оборудовать рабочее место воздушным душем?
3. Какие виды вибрации могут воздействовать на работника?
4. Как влияет вибрация на организм работника?
5. Какими способами можно защитить работника от воздействия вибрации?
6. Как влияет шум на работника?
7. Как классифицируются шумы?
8. Как следует контролировать шум в производственном помещении?
9. Какими методами (способами) можно снизить шум на рабочем месте?
10. Что такое звукоизоляция?
11. Что такое звукопоглощение?
12. С какой целью и где используют глушители шума?

Лекция 5

Системы обеспечения безопасности рабочего места: электромагнитных полей оптического диапазона, электромагнитных и ионизирующих излучений

План

1. Природа, особенности и источники лазерного излучения. Средства защиты от лазерного излучения.
2. Средства защиты от электромагнитных излучений.
3. Средства защиты от ионизирующих излучений.

1. Природа, особенности и источники лазерного излучения. Средства защиты от лазерного излучения

Лазер (ОКГ) – источник оптического когерентного излучения, характеризующийся высокой направленностью и большой плотностью энергии.

Использование лазеров связано с их уникальными свойствами: монохроматичностью излучения (строго одной длины волны), когерентностью (все источники излучения испускают электромагнитные волны в одной фазе), высокой несущей частотой излучений ($10^{14} \dots 10^{16}$ Гц), способностью излучения концентрироваться в очень узком луче с малым углом расхождения. Лазеры получили

широкое применение в научных исследованиях (физика, химия, биология), в практической медицине (хирургия – стерильное и бескровное рассечение и разрушение тканей, офтальмология – микрохирургия при операциях сетчатки глаза и глаукоме), в различных отраслях промышленности.

По типу активной среды различают:

- газовые лазеры;
- жидкостные лазеры;
- твердотельные лазеры.

Принцип действия лазера основан на использовании вынужденного (стимулированного) электромагнитного излучения, получаемого от рабочего вещества. Под действием внешнего источника энергии (энергии накачки) в рабочем веществе часть атомов возбуждается, т. е. переходит в высшее энергетическое состояние. Рабочее вещество помещают в резонатор из двух параллельных зеркал, который служит для вывода максимальной энергии генерации из ОКГ.

Основные энергетические параметры лазерного излучения:

- энергия излучения E (Дж);
- энергия импульса $E_{\text{и}}$ (Дж);
- мощность излучения P (Вт);
- плотность энергии излучения $W_{\text{Е}}$ (Дж/см³);
- плотность мощности излучения $W_{\text{Р}}$ (Вт/см²).

Временные параметры излучения:

- длительность импульса τ (с);
- частота повторения импульсов f (Гц);
- длина волны λ (нм).

Классификация лазеров. Вредные и опасные факторы

При эксплуатации лазерной установки обслуживающий персонал может быть подвергнут воздействию ряда опасных и вредных факторов, основным из которых является лазерное излучение – прямое, рассеянное, зеркальное или диффузно отраженное.

В соответствии с ГОСТ 12.1.040–83 «Лазерная безопасность. Общие положения» и СанПиН 5804–91 «Нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» лазеры по степени опасности генерируемого излучения подразделяются на четыре класса.

Л а з е р ы I к л а с с а – полностью безопасные лазеры, то есть такие лазеры, выходное коллимированное (заключенное в ограниченном телесном угле)

излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи.

Л а з е р ы II к л а с с а – это лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи или глаз человека коллимированным и зеркально отраженным пучком; диффузно отраженное излучение безопасно как для кожи, так и для глаз.

Л а з е р ы III к л а с с а – такие лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз не только коллимированным, зеркально отраженным, но и диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) при облучении кожи коллимированным и зеркально отраженным излучением. Диффузно отраженное излучение не представляет опасности для кожи. Этот класс распространяется только на лазеры, генерирующие излучение в спектральном диапазоне II.

Л а з е р ы IV к л а с с а – лазеры, диффузно отраженное излучение которых представляет опасность для глаз и кожи на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности.

Опасное влияние на глаза могут оказать и сопутствующие лазерному ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучения от источников накачки, плазменного факела и материалов мишени.

Наличие высокого напряжения зарядных устройств, питающих батареи конденсаторов, представляет опасность поражения электрическим током. После разряда импульсных конденсаторов на лампы-вспышки они могут сохранять электрический заряд высокого потенциала. При работе газовых лазеров, питаемых от генераторов высокой частоты или ультравысокой частоты, персонал, обслуживающий лазеры, может быть подвергнут воздействию электромагнитных полей.

При эксплуатации лазеров с механическими затворами для управления длительностью импульса излучения шум может достигать 70...80 дБ при среднечастотном спектре и 95...120 дБ – при частоте 1000...1250 Гц.

При взаимодействии лазерных лучей с обрабатываемым веществом возможно выделение вредных химических примесей (окиси углерода, свинца, ртути и т. д.).

Для лазеров с анодным напряжением более 5 кВ от их газоразрядных трубок и других элементов возможно возникновение рентгеновского излучения.

Возможные опасные и вредные факторы, возникающие при работе лазера, приведены в табл. 5.1.

Связь наличия опасных и вредных производственных факторов
с классом лазера

Опасные и вредные производственные факторы	Класс лазера (лазерной установки)			
	I	II	III	IV
Лазерное излучение:				
прямое, зеркально отраженное	–	+	+	+
диффузно отраженное	–	–	+	+
Повышенное напряжение электропитания	– (+)	+	+	+
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны		–	– (+)	+
Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	–	–	– (+)	+
Повышенная яркость света	–	–	– (+)	+
Повышенные уровни шума и вибрации	–	–	– (+)	+
Повышенный уровень ионизирующих излучений	–	–	–	+
Повышенный уровень электромагнитных излучений ВЧ- и СВЧ- диапазонов	–	–	–	– (+)
Повышенный уровень инфракрасного излучения	–	–	– (+)	+
Повышенная температура поверхностей оборудования	–	–	– (+)	+
Химические опасные и вредные производственные факторы	–	–	– (+)	+
+ имеют место всегда; – отсутствуют; – (+) наличие зависит от конкретных технических характеристик лазера и условий его эксплуатации.				

Воздействие лазерных излучений на человека

Биологическое воздействие лазерных излучений на организм определяется механизмами взаимодействия излучения с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустический и др.) и зависит от длины волны излучения, длительности импульса (воздействия), частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.

Лазерное излучение видимого ($380 < \lambda \leq 780$ нм) или ближнего инфракрасного ($780 < \lambda \leq 1400$ нм) диапазонов спектра представляет наибольшую опасность для сетчатки глаза. Излучения такой длины (например, рубиновый,

гелий-неоновый лазеры и др.) проходят почти без потерь через оптические среды глаза и практически полностью достигают его наиболее чувствительной части – сетчатой оболочки, где создается большая локальная плотность энергии, приводящая к повышению температуры и, как следствие, к ожогу. Воздействие ультрафиолетового ($180 < \lambda \leq 315$ нм) или инфракрасного ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм) лазерного излучения наиболее опасно для глаза и может привести к повреждению роговицы. При этом появляется боль в глазах, спазм век, слезотечение, воспаление слизистых век и глазного яблока, их отек и эрозия. Тяжелые повреждения роговицы сопровождаются помутнением влаги глазного яблока.

Повреждение глаз может возникнуть не только от попадания прямого луча лазера, но и отраженного, даже если отражающая поверхность не является зеркальной.

При работе с лазерным излучением опасности подвергаются также открытые участки тела – кожные покровы. Энергия мощного лазерного излучения способна воздействовать на кожу и через некоторые текстильные материалы. Кроме того, существует возможность возгорания одежды при контакте с пучком лазерного излучения.

Ожоги кожи лазерным излучением, подобно термическим ожогам, могут быть разделены по глубине поражения на четыре степени:

- 1-я степень – эритема (покраснение) кожи;
- 2-я степень – появление пузырей;
- 3-а степень – некроз поверхностных слоев кожи;
- 3-б степень – некроз всей толщины кожи;
- 4-я степень – некроз тканей на различной глубине за пределами кожи.

Нормирование лазерных излучений приведено в СанПиН 5804-91 «Нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) лазерного излучения для двух условий облучения – однократного и хронического в трех диапазонах длин волн:

- I $180 < \lambda \leq 380$ нм;
- II $380 < \lambda \leq 1400$ нм;
- III $1400 < \lambda \leq 10^5$ нм.

Нормируемыми параметрами лазерного излучения являются энергетическая экспозиция H и облученность E , усредненные по ограничивающей апертуре – отверстию в защитном корпусе лазера, через которое испускается лазерное излучение.

Наряду с энергетической экспозицией и облученностью нормируемыми параметрами являются также энергия W и мощность P излучения, прошедшего через указанные ограничивающие апертуры. Данные нормируемые параметры являются первостепенными при оценке воздействия на глаза лазерного излучения, прошедшего через ограничивающую апертуру диаметром $7 \cdot 10^{-3}$ м, в диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм).

Мероприятия по защите от лазерных излучений

С целью обеспечения безопасности работ с лазерами при разработке проектов, планировок и размещении оборудования, прежде всего, должны быть предусмотрены меры по защите работающих от лазерных излучений, а также от других сопутствующих опасных и вредных производственных факторов.

Наличие того или иного неблагоприятного фактора зависит от типа и мощности лазеров, а также от условий их применения. Перечень опасных и вредных производственных факторов, которые могут присутствовать при эксплуатации лазеров I...IV классов, приведен в табл. 5.1.

Размещение лазерных установок разрешается только в специально оборудованных помещениях. Следует избегать размещения в одном помещении двух и более лазерных установок. В последнем случае для каждой установки отводят отдельный светонепроницаемый бокс. Двери помещений, в которых размещены лазерные установки III, IV классов, должны быть заперты на внутренние замки с блокирующими устройствами, исключающими доступ в помещения во время работы лазеров, а также иметь автоматически включающееся световое табло «Опасно, работает лазер!»

На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где имеется лазерное излучение, должен быть знак лазерной опасности «Опасно. Лазерное излучение» по ГОСТ 12.4.026–2001.

Установку размещают таким образом, чтобы луч лазера был направлен на капитальную, неотражающую, огнестойкую стену. Стены и потолки окрашивают матовой краской с малой отражающей способностью. Для фона мишени рекомендуется темная краска с высоким коэффициентом поглощения, а для окружающей площади – светлая. Предметы, находящиеся в помещении, за исключением специальной аппаратуры, не должны иметь зеркальных поверхностей. Если этого нельзя избежать, то такие поверхности драпируют материалом (черной байкой или другими подобными).

Следует избегать работ с лазерными установками при затемнении помещения. Естественное и искусственное освещение должно быть обильным, чтобы зрачок глаза всегда имел минимальные размеры.

Для предотвращения поражения прямым или зеркально отраженным лучом лазера предусматриваются ограждения, исключающие возможность выхода луча за пределы установки закрытого типа и возможность проникновения человека в зону прохождения луча; применяются блокировки или затворы для защиты глаз работающего на установке, в которой системы наблюдения совпадают с оптической системой.

При изготовлении экранирующих щитов, ширм, штор необходимо применять непрозрачные теплостойкие материалы. Если отсутствует опасность возникновения пожара от луча лазера, ограждения могут быть выполнены из плотной ткани.

Помещения, в которых при эксплуатации лазерных установок происходит образование вредных газов и аэрозолей, должны быть оборудованы общеобменной, а в необходимых случаях и местной вытяжной вентиляцией для удаления загрязненного воздуха с последующей его очисткой. В случае использования веществ I и II классов опасности должна быть предусмотрена аварийная вентиляция.

При работе лазеров на открытом месте следует обозначить зону повышенной плотности энергии излучения и оградить ее стойкими, непрозрачными экранами для исключения возможности выхода луча за пределы этой зоны. Следует избегать работы наружных установок при плохой погоде, так как туманы, снег, пыль усиливают рассеивание лучей.

Для оценки опасности действия лазерного излучения в производственных условиях следует произвести расчет лазерно опасной зоны.

Средства индивидуальной защиты

СИЗ от лазерного излучения включают в себя средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки, насадки), средства защиты рук, специальную одежду. При выборе СИЗ необходимо учитывать рабочую длину волны излучения и оптическую плотность светофильтра.

Защитные очки предназначены для защиты глаз при определенной длине волны, что необходимо учитывать при их выборе. В качестве светофильтров рекомендуется применять стекла по ГОСТ 9411-91 «Стекло оптическое цветное. Технические условия». Отдельные марки стекол приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Марки стекол, рекомендуемых для использования в противолозерных очках

Длина волны, нм	Марка стекла
254	УФС1, УФС5, ПС11, БС3, БС12
313	УФС2, УФС5, УФС6, БС4
480	ФС1, ФС6, СЗС7, СЗС8, СЗС9
580	СС16, ОС5, ПС11
640	СС1, СС2, СС4, СС5, ЖЗС9, ЖЗС12
700	УФС8, ФС1, СС1, СЗС5, ОС5, ИКС1, ПС11
800	ФС6, СЗС15, ИКС3, ИКС5, ИКСУ
900	ИКС3, ИКС5, ИКС7
1000	СЗС5, СЗС16, НС14, ТС3
1100	ИКС1, ИКС3, ИКС6, ИКС7

Примечание: УФС – ультрафиолетовое стекло; ФС – фиолетовое стекло; ИКС – инфракрасное стекло; ОС – оранжевое стекло; СЗС – сине-зеленое стекло; БС – бесцветное (ультрафиолетовое) стекло; ПС – пурпурное стекло; ЖЗС – желто-зеленое стекло; СС – синее стекло

В паспорте на очки должны быть указаны диапазоны длин волн, на которые рассчитаны эти очки, и оптическая плотность светофильтра.

Форма оправы защитных очков должна исключить возможность попадания излучения лазера внутрь очков через щели между оправой и лицом, а также обеспечивать широкое поле зрения.

Защитные лицевые щитки применяются в тех случаях, когда лазерное излучение представляет опасность не только для глаз, но и для кожи лица.

Одежда должна оставлять возможно меньше открытых частей тела. Она может быть обычной, предпочтительней халаты из непроницаемой ткани черного цвета. Руки защищают хлопчатобумажными перчатками.

Контроль лазерных излучений

Дозиметрический контроль лазерного излучения заключается в оценке тех характеристик лазерного излучения, которые определяют его способность вызывать биологические эффекты, и сопоставлении их с нормируемыми величинами.

Предупредительный дозиметрический контроль за-

ключается в определении максимальных уровней энергетических параметров лазерного излучения в точках на границе рабочей зоны, он проводится в соответствии с регламентом, утвержденным администрацией предприятия, но не реже одного раза в год в порядке текущего санитарного надзора, а также в следующих случаях:

- при приемке в эксплуатацию новых лазерных изделий II...IV классов;
- внесении изменений в конструкцию действующих лазерных изделий;
- изменении конструкции средств коллективной защиты;
- проведении экспериментальных и наладочных работ;
- специальной оценке условий труда;
- организации новых рабочих мест.

Предупредительный дозиметрический контроль проводят при работе лазера в режиме максимальной отдачи мощности (энергии), определенной в паспорте на изделие и конкретными условиями эксплуатации.

Индивидуальный дозиметрический контроль заключается в измерении уровней энергетических параметров излучения, воздействующего на глаза (кожу) конкретного работающего в течение рабочего дня, он проводится при работе на открытых лазерных установках (экспериментальных стендах), а также в тех случаях, когда не исключено случайное воздействие лазерного излучения на глаза и кожу.

Для проведения измерений применяются переносные дозиметры лазерного излучения, отвечающие требованиям ГОСТ 24469–80 «Средства измерений параметров лазерного излучения. Общие технические требования» и позволяющие определять облученность E_e и энергетическую экспозицию H_e в широком спектральном, динамическом, временном и частотном диапазонах.

При измерениях энергетических параметров лазерного излучения предел допускаемой погрешности дозиметров не должен превышать 30%

2. Средства защиты от электромагнитных излучений

Источники электромагнитных полей

В конце XIX столетия были открыты и исследованы свойства невидимых электромагнитных волн, способных распространяться на огромные расстояния, проникать сквозь преграды без существенного ослабления. Свойства электромагнитного поля (далее ЭМП) стали широко использоваться в электрических

приборах, для целей электросвязи, для передачи электрической энергии на большие расстояния с помощью линий электропередачи (ЛЭП), для перемещения электрических транспортных средств.

ЭМП, применяемое для целей радиосвязи, телевидения, радиолокации, радионавигации, радиотелеуправления, иногда называют радиоволнами, так как слово «радио» происходит от слова радиация, что означает излучение.

Обобщая обширный опытный материал, собранный естествоиспытателями, английский физик Д.Максвелл создал в 60-х годах XIX столетия теорию ЭМП, установившую общую природу световых и электромагнитных волн и законы их распространения.

В дальнейшем были изучены другие виды излучения, такие как ультрафиолетовое, инфракрасное, рентгеновское, излучения при распаде радиоактивных веществ и др.

Исследования показали, что, несмотря на различия между всеми этими видами излучения, все они имеют электромагнитную природу и обладают в той или иной степени свойствами электромагнитного поля, а особенности их физических проявлений определяются различием в длине волны.

Переменное электрическое поле создает переменное магнитное поле, а переменное магнитное поле создает переменное электрическое поле.

Скорость распространения электромагнитных волн в какой-либо среде определяется зависимостью

$$V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}} \quad , \quad (5.1)$$

где c – скорость света в вакууме, м/с,

ϵ – диэлектрическая проницаемость среды,

μ – магнитная проницаемость среды.

Для воздуха $\epsilon \approx \mu \approx 1$ и скорость распространения электромагнитных волн v близка к скорости света

$$v \approx c \approx 3 \cdot 10^8, \text{ м/с} .$$

Если колебания электронов в антенне создаются источником с периодически изменяющейся ЭДС с периодом T и в некоторый момент t_0 мгновенное значение ЭМП у антенны имело максимальную величину, то такую же величину оно будет иметь, спустя время T . За это время существовавшее в начальный

момент у антенны ЭМП переместится на расстояние

$$\lambda = v T . \quad (5.2)$$

Длина волны λ зависит от скорости распространения и периода колебаний электронов в антенне. Так как частота тока $f = 1/T$, то длина волны

$$\lambda = \frac{v}{f} . \quad (5.3)$$

Длина волны существенно зависит от частоты переменного ЭМП, например, для промышленной частоты $f = 50$ Гц длина волны составляет $\lambda = 6000000$ м, а для частот радиосвязи $f = 300$ МГц соответственно $\lambda = 1$ м.

Электромагнитные волны ЭМП представляют собой волны поперечного типа: в любой момент времени и в любой точке направления действия магнитного и электрического полей (векторы напряженности магнитного и электрического полей H и E) перпендикулярны направлению распространения волны, при этом направление электрического поля всегда перпендикулярно направлению магнитного поля (рис. 5.1).

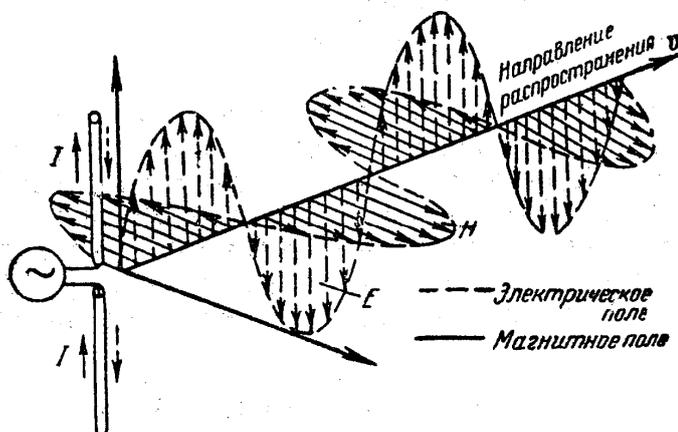


Рис. 5.1. Структура волн ЭМП

В зависимости от частоты волны ЭМП обладают некоторыми характерными особенностями, в зависимости от которых их подразделяют:

- на низкочастотные (0...10 000 Гц),
- диапазона радиосвязи (10 кГц...300 ГГц),
- оптического диапазона (300 ГГц...300 ПГц),
- ионизирующие (300 ПГц...30 000 ЭГц).

Длина волн ЭМП может изменяться от нескольких километров до долей пикометра (10^{-12} м).

Вредным фактором электрической установки (ВФ ЭУ) является высокий уровень электромагнитного поля, длительное воздействие которого на организм человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Электромагнитные поля, воздействующие на человека, по степени и своеобразию воздействия на живую клетку условно можно подразделить: *электрическое поле, магнитное поле.*

Каждая из этих разновидностей электромагнитного поля, в свою очередь, может иметь специфический характер. Так, можно выделить следующие состояния электрического поля:

- электростатическое поле электрических зарядов,
- электрическое поле электроустановок постоянного тока,
- электрическое поле электроустановок переменного тока,
- электрическое поле электроустановок с частотами звукового диапазона.

При больших частотах и малой длине волны электромагнитного поля его трудно рассматривать в виде отдельных составляющих: электрической и магнитной. В этом случае говорят об электромагнитном излучении, которое оценивается комплексно. К таким излучениям относятся:

- ультракоротковолновое излучение (УКВ-излучение);
- высокочастотное и сверхвысокочастотное излучение (ВЧ и СВЧ-излучение);
- ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение);

Магнитное поле представляет собой упорядоченное построение электронных орбит атомов относительно ядра под действием внешнего электрического поля.

Электрическое и магнитное поля являются составляющими единого электромагнитного поля. Это определяется их взаимным возникновением и существованием: движущиеся электрические заряды создают магнитное поле, а движущееся магнитное поле создает движущиеся заряды электрического поля.

Электроустановками (ЭУ) называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, пре-

образования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

ЭУ условно можно подразделить на электроустановки:

- трехфазного переменного тока промышленной частоты,
- однофазного переменного тока промышленной частоты,
- постоянного тока,
- специальные установки.

По условиям электробезопасности ЭУ разделяются по действующему значению напряжения:

- на электроустановки до 1 кВ,
- электроустановки выше 1 кВ.

По способу выполнения электрических сетей ЭУ переменного тока подразделяются:

до 1 кВ

– трехфазные четырехпроводные и пятипроводные с *глухозаземленной* нейтралью,

- трёхфазные трёхпроводные с *изолированной* нейтралью (IT),

выше 1 кВ

– трёхфазные трёхпроводные с *эффективно заземленной* нейтралью (с большими токами замыкания на землю),

– трехфазные с *изолированной* нейтралью (с малыми токами замыкания на землю),

специальные, включая тяговые сети постоянного и однофазного переменного тока, до и выше 1 кВ.

Промышленные ЭУ создают вокруг себя ЭМП, вредное воздействие на человека которых определяется следующими основными факторами:

- продолжительностью воздействия,
- расстоянием или размером санитарно-защитной зоны между источником ЭМП и местом расположения человека,
- величиной напряжения ЭУ,
- геометрическим расположением токоведущих проводников в пространстве над поверхностью земли,
- родом тока (постоянного или переменного), частотой переменного тока,
- величиной тока (передаваемой энергии), протекающего по проводни-

кам ЭУ,

- магнитной и диэлектрической проницаемостью среды.

Наиболее распространенным и чрезвычайно быстро развивающимся видом мобильной связи является сотовая связь. Она работает на частотах от 400 МГц до 2000 МГц. Работа мобильной связи сопряжена с электромагнитным излучением. Источниками с электромагнитных полей радиочастотного диапазона являются и базовые станции, и радиорелейные линии связи, и подвижные станции. Особенность базовых станций и радиорелейных линий связи в том, что они равномерно распределены по территориям городов, максимально приближены к местам проживания человека и излучают электромагнитные поля круглосуточно.

Характер распределения ЭМП в пространстве, окружающем телефон, значительно изменяется в присутствии абонента (при разговоре человека по телефону). Голова человека при этом поглощает от 10,8 до 98 % энергии, излучаемой модулированными сигналами различных несущих частот.

Локальное воздействие на население оказывают электромагнитные поля промышленных и медицинских высокочастотных установок.

Персональные электронно-вычислительные машины также являются источниками комплекса физических факторов электромагнитной природы, воздействие которых негативно отражается на состоянии здоровья. При эксплуатации видеодисплейных терминалов в зоне размещения оператора формируются электромагнитные поля промышленной частоты, а также частот оптического диапазона.

Население крупных городов одновременно облучается электрическими полями, магнитными полями, электромагнитными полями в диапазоне от 0 до сотен ГГц.

Воздействие электромагнитных полей на человека

Электромагнитная среда, в которой обитает человек, формируется естественными электромагнитными полями в глобальной системе космическое пространство – Солнце – Земля и техногенными полями, созданными деятельностью человека. Естественные электромагнитные поля, которые можно назвать фоновыми, согласуются с полями человеческого организма. Интенсивность техногенных полей многократно (в сотни и тысячи раз) превышает интенсивность естественных полей. Распространение техногенных полей в пространстве имеет дискретный характер (в основном в зонах сосредоточения энергоемких

электротехнических комплексов). Техногенные поля вызывают изменения окружающей среды: химические, физические, биологические. Создаются условия для дисгармонии в системе, элементом которой является человек.

Биологический эффект электромагнитных полей характеризуется тепловым действием и нетепловым эффектом, который связан с переходом электромагнитной энергии в объекте в нетепловую форму энергии (молекулярное резонансное истощение, фотохимические реакции и т. д.). Воздействие зависит от диапазона частот, интенсивности и продолжительности облучения, характера излучения (непрерывное или модулированное) и режима облучения (постоянное, периодическое или кратковременное).

Действие электромагнитных полей частотой 50 Гц может проявляться болевыми ощущениями при электрических разрядах при токе утечки более 50 мкА. Электромагнитные поля промышленной частоты 50 Гц влияют на здоровье человека. Хроническое действие электромагнитных полей низкой частоты выражено как субъективными расстройствами в виде головной боли в височной и затылочной области, вялости, сонливости, бессонницы, снижения памяти, повышенной раздражительности, апатии, боли в области сердца. Характерны также нарушения ритма и замедление частоты сердечных сокращений, могут наблюдаться функциональные нарушения в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, появляются изменения некоторых биохимических показателей крови.

С воздействием электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц), источники которых чрезвычайно широко распространены не только в различных отраслях промышленности, но и в быту, зарубежные исследователи связывают повышенный риск возникновения таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера (слабоумие), рак крови (лейкемия), опухоли головного мозга и различной степени неврологические нарушения.

Биологическое воздействие электромагнитных полей радиочастот характеризуется тепловым эффектом вследствие поглощения энергии. Тепловое действие электромагнитного поля определяется повышением температуры тела, а также локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток вследствие перехода электромагнитной энергии в тепловую, за счет диэлектрических потерь, возрастающих с увеличением частоты колебания тканей. Как при кратковременном облучении глаз, так и при длительном воздействии невысоких уровней СВЧ-излучений возможно развитие катаракты (помутнение хрусталика), а

также ожоги роговицы глаза.

Для длительного воздействия электромагнитных полей радиочастот низкой интенсивности характерно развитие функциональных расстройств центральной нервной системы с нерезко выраженными сдвигами эндокринно-обменных процессов и состава крови, расстройств сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, пищеварения, причем проявление этих нарушений выражается различными признаками. Наиболее биологически активен диапазон СВЧ, менее активен УВЧ и затем ВЧ. Комбинированное воздействие ЭМП с другими факторами производственной среды (повышенная температура – более 28°C, присутствие мягкого рентгеновского излучения) – вызывает усиление действия электромагнитных полей.

СВЧ-излучения мобильных телефонов воздействуют на головной мозг, зоны вестибулярного слухового анализатора, сетчатку глаза, увеличивают температуру кожи головы в зоне расположения антенны и температуру барабанной перепонки. Экспериментальные исследования на различных видах сотовых телефонов выявили повышение температуры кожи головы от 1,7 до 4,5°C.

Нормирование видимого участка спектра электромагнитных колебаний оптического диапазона рассмотрено в СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение». Гигиенические требования к условиям труда работников, подвергающихся в процессе трудовой деятельности профессиональному воздействию электромагнитных полей (ЭМП) различных частотных диапазонов, изложены в СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Нормальная жизнедеятельность человека возможна в электромагнитных полях со значениями параметров, близких к природным «фоновым».

Превышение этих параметров ухудшает среду обитания. Техногенные электромагнитные поля, интенсивно загрязняющие окружающую среду, могут рассматриваться как фактор риска, негативно влияющий на состояние среды и здоровье не только специалистов, работающих с источниками излучения, но и населения с возможными отдаленными последствиями.

Оценка электромагнитного поля промышленной частоты (50 Гц) осуществляется отдельно по напряженности электрического поля (E) в кВ/м, напряженности магнитного поля (H) в А/м или индукции магнитного поля (B) в мкТл. Нормирование электромагнитных полей частотой 50 Гц на рабочих местах персонала дифференцировано в зависимости от времени

пребывания в электромагнитном поле.

Уровни электромагнитного поля, создаваемые передающими радиотехническими объектами на селитебной территории, в местах массового отдыха, внутри жилых, общественных и производственных помещений, подвергающихся воздействию внешнего электромагнитного поля радиочастот нормируются СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383–03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов».

СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» устанавливает временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей и электростатического поля, создаваемых персональными компьютерами на рабочих местах пользователей, а также в помещениях образовательных, дошкольных и культурно-развлекательных учреждений. Указанные нормы приняты на основе Шведского стандарта (MPR-II 1990.8) для ЭМП электроустановок, являющиеся самыми «жесткими» в мировой практике нормирования ЭМП.

Мероприятия по защите от электромагнитных полей

Обеспечение защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий, основными из которых являются:

- *ограничение продолжительности* пребывания людей в зоне распространения ЭМП, уровни которого превышают безвредные;
- *выбор безопасного расстояния* от источника ЭМП;
- *выбор оптимальных* геометрических параметров ВЛ и ОРУ с минимизацией уровня ЭМП;
- *применение заземленных экранирующих тросов и устройств;*
- *применение специальной экранирующей одежды.*

Организационные мероприятия при проектировании и эксплуатации оборудования, являющегося источником ЭМП или объектов, оснащенных источниками ЭМП, включают в себя:

- *выбор рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала;*
- *выделение зон воздействия ЭМП (зоны с уровнями ЭМП, превышающими предельно допустимые, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала, должны ограждаться и обозначаться соответствующими предупредительными знаками);*

– расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;

– ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП, следует производить (по возможности) вне зоны влияния ЭМП от других источников;

– рациональное размещение в рабочем помещении оборудования, излучающего электромагнитную энергию;

– применение средств предупреждающей сигнализации (световая, звуковая и т. д.);

– удаление рабочего места от источника электромагнитных полей;

– соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.

Установление рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала предусматривает ограничение времени пребывания человека в электромагнитном поле частотой 300 МГц–300 ГГц, когда нет возможности снизить интенсивность излучения до допустимых значений.

Удаление рабочего места от источника электромагнитных полей применяется в том случае, если невозможно ослабить интенсивность облучения другими мерами, в том числе и сокращением времени пребывания человека в опасной зоне. Расстояние, соответствующее предельно допустимому уровню облучения для каждого конкретного случая, определяется расчетным путем.

Инженерно-технические средства защиты от электромагнитных полей основаны на использовании явлений отражения и поглощения энергии излучения. С этой целью применяют заземленные экраны и кожуха, а также заземление всех металлических конструкций, находящихся в данном помещении.

Экранирование рабочего места от воздействия электрического поля 50 Гц осуществляют с помощью стационарных и переносных экранирующих устройств. Стационарные устройства могут быть в виде козырьков, навесов, перегородок. Козырьки, выполненные из металлической сетки, устанавливаются над рабочим местом из агрегатных шкафов, у шкафов управления воздушных выключателей, у ящиков зажимных сборок и приводов разъединителей, у силовых распределительных шкафов и др. Навесы в виде стальных тросов, проводов, арматуры устанавливаются над проходами распределительных устройств и в местах, с которых производится осмотр оборудования.

Стационарные экранирующие устройства должны соответствовать ГОСТ

12.4.154–85 «Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры».

Переносные экранирующие устройства могут выполняться в виде навесов, палаток, перегородок, щитов. Переносные щиты целесообразно применять в качестве съемных боковых экранов на «лесах» при работах на воздушных выключателях, на корзинах телескопических вышек и гидроподъемников и др.

Для изготовления экранов используют главным образом материалы с высокой электрической проводимостью – медь, латунь, алюминий и его сплавы, листовые материалы из стали, металлические сетки, при этом экраны заземляют.

Средства индивидуальной защиты используют в тех случаях, когда применение других способов предотвращения воздействия электромагнитных полей невозможно.

Индивидуальные средства защиты (защитная одежда) должны изготавливаться из металлизированной (или любой другой ткани с высокой электропроводностью) и иметь санитарно-эпидемиологическое заключение.

Защитная одежда включает в себя комбинезон или полукombинезон, куртку с капюшоном, халат с капюшоном, жилет, фартук, средство защиты для лица, рукавицы (или перчатки), обувь. Все части защитной одежды должны иметь между собой электрический контакт.

Защитная одежда изготавливается из металлизированной ткани, в структуре ткани тонкие металлические нити образуют сетку с размерами ячейки 0,5 x 0,5 мм. Из нее делают комбинезоны, халаты, передники, куртки с капюшонами, с вмонтированными в них защитными очками (при интенсивности от 1000 мкВт/см² и выше). Стекла (или сетка), используемые в защитных очках, изготавливаются из любого прозрачного материала, обладающего защитными свойствами.

Щитки защитные лицевые изготавливаются в соответствии с требованиями государственного стандарта на общие технические требования и методы контроля к щиткам защитным лицевым.

Лечебно - профилактические мероприятия. В целях предупреждения заболеваний, ранней диагностики и лечения работники, профессионально связанные с воздействием электромагнитных полей, проходят предварительные при поступлении на работу и периодические профилактические медицинские осмотры в соответствии с действующим законодательством.

3. Средства защиты от ионизирующих излучений

Виды ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение – любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию в ней заряженных атомов или молекул.

А л ь ф а - и з л у ч е н и е – поток ядер атомов гелия, наблюдающийся преимущественно у естественных радиоактивных элементов (радий, торий, уран, полоний и др.). Альфа-частицы распространяются в средах прямолинейно, создавая на своем пути ионизацию большой плотности (несколько десятков тысяч пар ионов на 1 см пути). Альфа-частицы состоят из двух протонов и двух нейтронов, прочно связанных между собой ядерными силами; имеют незначительный пробег: в воздухе – 2...11 см; в биологических тканях – 30...150 мкм; в алюминии – 10...69 мкм. Энергия альфа-частиц не превышает нескольких МэВ.

Б е т а - и з л у ч е н и е – поток электронов или позитронов, испускаемых атомными ядрами при их бета-распаде. Бета-частицы обладают различной энергией – от нескольких килоэлектронвольт до 3 МэВ. Проникающая способность бета-частиц зависит от энергии частиц. Пробег бета-частиц в воздухе при средних энергиях составляет несколько метров, в тканях человека – около 1 см, в металлах – 1 мм. Скорость бета-частиц в бета-излучении может быть близка к скорости света. Бета-излучение может вызывать ионизацию, люминесценцию, фотохимические реакции. Удельная ионизирующая способность бета-частиц меньше, чем альфа-частиц, но выше, чем гамма-лучей.

Г а м м а - и з л у ч е н и е – электромагнитное (фотонное) излучение с очень короткой длиной волны, менее 0,1 нм, испускаемое атомными ядрами при радиоактивных превращениях и ядерных реакциях, а также возникающее при торможении заряженных частиц, их распаде или взаимодействии частиц. Энергия гамма-лучей измеряется в широких пределах от 0,01 до 20 МэВ. Проникающая способность гамма-лучей зависит от их энергии. Гамма-лучи свободно проходят через тело человека и другие материалы без заметного ослабления. Гамма-лучи распространяются прямолинейно, имеют большой пробег в воздухе и могут создавать вторичное и рассеянное излучение в средах, через которые они проходят.

Р е н т г е н о в с к о е и з л у ч е н и е – коротковолновое электромагнитное излучение с длиной волны от 10 нм до 1 пм, возникающее в средах, окружающих источник бета-излучения, в рентгеновских трубках, ускорителях элек-

тронов, энергия фотонов которых составляет не более 1 МэВ, распространяется со скоростью света. Важнейшим свойством рентгеновского излучения, как и гамма-излучения, является его большая проникающая способность. Возможность проникновения лучей тем больше, чем короче длина волны. Ионизирующее действие рентгеновского излучения значительно: при попадании пучка рентгеновских лучей на вещество возникает вторичное и рассеянное излучение.

Нейтронное излучение – поток не имеющих заряда элементарных частиц с массой, близкой к массе протона. Нейтроны в зависимости от кинетической энергии разделяются на быстрые (с энергией до 10 МэВ), сверхбыстрые, промежуточные, медленные и тепловые. Проникающая способность нейтронного излучения зависит от энергии его частиц и состава атомов вещества, с которым они взаимодействуют. В результате такого взаимодействия возможно образование стабильных или радиоактивных изотопов.

Источники ионизирующих излучений

Источники ионизирующего излучения могут быть как природными, так и техногенными, специально созданными для их полезного применения или являющимися побочными продуктами этой деятельности.

В настоящее время известно более 40 естественных радиоактивных веществ и свыше 1000 получено искусственным путем. Многие из них находят широкое применение в различных сферах народного хозяйства и могут присутствовать в воздухе в виде газов и аэрозолей.

В природе существует радиационный фон, который вызывает внешнее и внутреннее облучение организма человека. Источниками облучения являются космическое излучение, естественные радиоактивные вещества, которые содержатся в почве, воде, строительных материалах, воздухе и т. д.

При ряде технологических процессов (при работе реакторов, ускорителей, получении и переработке руд и минералов, содержащих естественные радиоактивные вещества, и др.) могут образовываться радиоактивные газы. При расщеплении урана в реакторах выделяются радиоактивные ксенон Xe , криптон Kr и аргон Ar ; при переработке ториевых и урановых руд образуются газообразные торон и радон Rn . Строительные конструкции помещений, отделочные материалы могут поглощать радиоактивные вещества, создавая источники вторичного поступления последних в производственные или лабораторные помещения.

Наиболее распространенным способом применения радиоактивных ве-

ществ в закрытом виде является гамма-дефектоскопия, при которой непосредственно используются свойства гамма лучей проникать через материалы и засвечивать фотопленку, где фиксируются дефекты материалов.

Для хранения ампул с радиоактивными веществами устраиваются специальные хранилища, состоящие из собственно хранилища, мастерской для перезарядки и ремонта, рабочего помещения для дежурного. Контейнеры с ампулами хранятся в специальных колодцах, закрытых крышками.

Ядерные реакторы устанавливаются на атомных электростанциях, а также используются в экспериментальных целях. В основной части реактора – активной зоне – происходит цепная реакция. В активной зоне находится тепловыделяющий элемент, содержащий ядерное горючее. В качестве горючее применяются изотопы урана U^{235} и U^{233} , плутония Pu^{239} и др. При цепной реакции наблюдается испускание большого количества нейтронов и гамма-лучей, сопровождающееся выделением значительных количеств тепла. В результате распада изотопов образуются многочисленные продукты распада, которые являются источниками альфа-, бета- и гамма-излучения.

Рентгеновские лучи применяются в промышленности для дефектоскопии металлических изделий, рентгеноструктурного и спектрального анализа. В медицинской практике рентгеновские установки используются для рентгенодиагностики и рентгенотерапии.

Основным неблагоприятным фактором при работе на рентгеновских установках является внешнее облучение обслуживающего персонала (местное и общее), а также лиц, находящихся в соседних, выше или ниже расположенных помещениях. Наиболее опасными, с точки зрения облучения, являются некоторые операции при рентгеноструктурном анализе (установка камер, центровка образцов и др.), при работе на переносных передвижных рентгеновских аппаратах в медицинской практике, при рентгенодиагностике, связанной с исследованием внутренних органов.

Параметры ионизирующих излучений и единицы их измерения

А к т и в н о с т ь A радиоактивного вещества – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида (радиоактивных атомных ядер), находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени

$$A = \frac{dN}{dt} , \quad (5.4)$$

где dN – ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежутки времени dt .

Единицей измерения активности является беккерель (Бк), равный одному ядерному превращению в секунду.

Активность удельная (объемная) – отношение активности A радионуклида в веществе к массе m (объему V) вещества:

$$A_m = \frac{A}{m}, \quad (5.5)$$

$$A_V = \frac{A}{V}, \quad (5.6)$$

Единица удельной активности – беккерель на килограмм (Бк/кг). Единица объемной активности – беккерель на метр кубический (Бк/м³).

Поглощенная доза D – величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу

$$D = \frac{dE}{dm}, \quad (5.7)$$

где dE – средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме;

dm – масса вещества в этом объеме.

Единицей поглощенной дозы является грей (Гр), равный одному джоулю энергии, поглощенной в килограмме вещества (Дж/кг).

Экспозиционная доза X характеризует источник излучения по эффекту ионизации воздуха, ее определяют по формуле

$$X = \frac{dQ}{dm}, \quad (5.8)$$

где dQ – полный заряд ионов одного знака, возникающих в воздухе при полном торможении всех вторичных электронов, которые были образованы фотонами в малом объеме воздуха;

dm – масса воздуха.

Единицей экспозиционной дозы является кулон на килограмм (Кл/кг).
Внесистемная единица экспозиционной дозы – рентген (Р):

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

Радиоактивные вещества характеризуются различными видами излучения и разной энергией частиц и квантов. Для оценки радиационной опасности хронического облучения служи эквивалентная доза ($H_{T,R}$) – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, W_R

$$H_{N,R} = W_R \cdot D_{T,R} \text{ ,} \quad (5.9)$$

где $D_{T,R}$ – средняя поглощенная доза в органе или ткани;

W_R – взвешивающий коэффициент для излучения.

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв). Внесистемная единица эквивалентной дозы – бэр: $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ (1 бэр – единица дозы любого вида ионизирующего излучения в биологической ткани организма человека, которая вызывает такой же биологический эффект, как и 1 рад рентгеновского или гамма-излучения).

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы (W_R) – это используемые в радиационной защите множители, учитывающие относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов (табл. 5.3) или различную чувствительность разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации (табл. 5.4). Стохастические эффекты излучения – вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

Таблица 5.3

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения

Вид излучения	Коэффициент
Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны с энергией:	

менее 10 кэВ	5
от 10 кэВ до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи	5

Таблица 5.4

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов

Ткани и органы	Коэффициент
Гонады	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное*	0,05

Примечание к табл.5.4: «Остальное» включает надпочечники, головной мозг, экстра-торакальный отдел органов дыхания, тонкий кишечник, почки, мышечную ткань, поджелудочную железу, селезенку, вилочковую железу и матку. В тех исключительных случаях, когда один из перечисленных органов или тканей получает эквивалентную дозу, превышающую самую большую дозу, полученную любым из двенадцати органов или тканей, для которых определены взвешивающие коэффициенты, следует приписать этому органу или ткани взвешивающий коэффициент, равный 0,025, а оставшимся органам или тканям из рубрики «Остальное» приписать суммарный коэффициент, равный 0,025.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения

$$H_T = \sum_R H_{T,R} \quad (5.10)$$

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Э ф ф е к т и в н а я д о з а (E) – величина, используемая как мера риска

возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты (табл. 5.3 и 5.4)

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T , \quad (5.11)$$

где H_T – эквивалентная доза в органе или ткани,

W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани.

Единица измерения эффективной дозы – зиверт (Зв).

Мощность дозы – доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час), Зв/с, Зв /мин, Зв /час.

Предел дозы (ПД) – величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

Предел годового поступления (ПГП) – допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм в течение года, который при монофакторном воздействии приводит к облучению условного человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы.

Класс работ – характеристика работ с открытыми источниками ионизирующего излучения по степени потенциальной опасности для персонала, определяющая требования по радиационной безопасности в зависимости от радиотоксичности и активности нуклидов.

Все работы с использованием открытых источников излучения разделяются на три класса. Класс работ устанавливается по табл. 5.5 в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и его активности на рабочем месте. Классом работ определяются требования к размещению и оборудованию помещений, в которых проводятся работы с открытыми источниками излучения.

Класс работ с открытыми источниками излучения

Класс работ	Суммарная активность на рабочем месте, приведенная к группе А, Бк
I класс	Более 10^8
II класс	от 10^5 до 10^8
III класс	от 10^3 до 10^5

Примечания к табл. 5.5:

1. При простых операциях с жидкостями (без упаривания, перегонки, барботажа и т.п.) допускается увеличение активности на рабочем месте в 10 раз.

2. При простых операциях по получению (элюированию) и расфасовке из генераторов короткоживущих радионуклидов медицинского назначения допускается увеличение активности на рабочем месте в 20 раз. Класс работ определяется по максимальной одновременно вымываемой (элюируемой) активности дочернего радионуклида.

3. Для предприятий, перерабатывающих уран и его соединения, класс работ определяется в зависимости от характера производства и регламентируется специальными правилами.

Биологическое действие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду

При работе с источниками ионизирующих излучений обслуживающий персонал подвергается невидимой опасности. Ионизирующее излучение оказывает общее воздействие на организм, особенно на кровь и кроветворные органы и может вызвать малокровие и лейкемию, а также привести к повреждениям кожи, злокачественным опухолям, лучевым катарактам и другим патологическим изменениям.

Патологические процессы, вызываемые ионизирующим излучением, в зависимости от степени поражения, могут проявляться в острой или хронической форме лучевой болезни. Могут возникать и генетические последствия – отдаленное воздействие на потомство.

В зависимости от того, где расположен источник радиации (вне организма или внутри его), различают *внешнее и внутреннее облучение*.

При внешнем облучении, которое имеет место при работе на рентгеновских аппаратах и ускорителях, наиболее опасными являются гамма-, рентгеновское и нейтронное облучения как наиболее проникающие.

При внутреннем облучении (попадание радиоактивной пыли, газов, паров с пищей или при вдыхании) более опасны альфа- и бета-излучения, вызывающие большую ионизацию. Газообразные радон, торон, актинон, являясь хими-

чески инертными газами, при попадании в организм вызывают облучение альфа-частицами. Радиоактивные инертные газы – криптон, аргон, ксенон – по своему действию относятся к бета-излучателям. Периодическое попадание радиоактивных веществ внутрь организма приводит к их накоплению и, в конечном счете, к увеличению ионизации атомов живой ткани.

Выделение радиоактивных веществ из организма происходит через желудочно-кишечный тракт, почки, дыхательные пути, кожу, у кормящих матерей – через молочные железы. В зависимости от периода полувыведения (времени, в течение которого из организма выводится половина находящегося в нем радиоактивного вещества) одни вещества выводятся быстро, другие медленно. Например, период полувыведения для радона Rn^{222} составляет 30 мин, для натрия Na^{24} – 14 с, углерода C^{14} – 10 сут, радия Ra^{226} – 10 лет.

Нормирование параметров ионизирующих излучений.

Дозы и пределы дозы облучения

Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009) устанавливают основные пределы доз (ПД) в зависимости от следующих категорий облучаемых лиц и групп критических органов:

1 категория – персонал: группа А – лица, работающие с техногенными источниками излучений,

группа Б – лица, находящиеся по условиям работы в сфере воздействия техногенных источников излучений

2 категория – население: все лица, включая персонал вне работы с источниками ионизирующего излучения.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов пределов доз облучения, табл. 5.6.

Таблица 5.6

Основные пределы доз (НРБ-99)

Нормируемые величины ¹	Пределы доз	
	Персонал (группа А) ²	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Эквивалентная доза за год: в хрусталике глаза ³ коже ⁴ кистях и стопах	150 мЗв 500 мЗв 500 мЗв	15мЗв 50 мЗв 50 мЗв
---	-------------------------------	---------------------------

¹ Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

² Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А.

³ Относится к дозе на глубине с поверхностной плотностью 300 мг/см².

⁴ Относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи с поверхностной плотностью 5 мг/ см², находящемся под покровным слоем с поверхностной плотностью 5 мг/ см². На ладонях покровный слой кожи имеет поверхностную плотность – 40 мг/ см². Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

Для каждой категории облучаемых лиц значение допустимого уровня радиационного воздействия для данного пути облучения определяется таким образом, чтобы при данном уровне воздействия только одного конкретного фактора облучения в течение года величина дозы равнялась величине соответствующего годового предела (усредненного за пять лет). Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв. Начало периодов введено с 1 января 2000 г. При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать пределов доз, приведенных в табл. 5.6.

В стандартных условиях монофакторного поступления радионуклидов, годовое поступление радионуклидов через органы дыхания и среднегодовая объемная активность их во вдыхаемом воздухе не должны превышать для персонала числовых значений предела годового поступления с воздухом (ППВ) и допустимой среднегодовой объемной активности в воздухе отдельных радионуклидов (ДОВА), установленных НРБ-99/2009, где пределы доз взяты равными 20 мЗв в год для персонала и 1 мЗв в год для населения.

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступле-

ние радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала. В этих условиях эквивалентная доза облучения плода за 2 мес. невыявленной беременности не должна превышать 1 мЗв.

Организация работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений

Правила безопасной работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений изложены в СП 2.6.1.2612–10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/10)».

Радиационный объект (источник излучения) до начала его эксплуатации принимается комиссией в составе представителей заинтересованной организации, органов государственного надзора за радиационной безопасностью, а для объектов I...II категорий также и органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации. Комиссия устанавливает соответствие принимаемого объекта проекту, требованиям действующих норм и правил, необходимым условиям сохранности источников излучения, на основе чего принимается решение о возможности эксплуатации объекта.

Деятельность организаций, связанная с использованием источников излучения, не допускается без наличия лицензии, выдаваемой в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

К работе с источниками излучения (персонал группы А) допускаются лица, не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний. Перед допуском к работе с источниками излучения персонал должен пройти обучение, инструктаж и проверку знаний правил безопасности ведения работ и действующих в организации инструкций. Проверка знаний правил безопасности работы в организации проводится комиссией до начала работ и периодически, не реже одного раза в год, а руководящего состава – не реже 1 раза в 3 года. Лица, не удовлетворяющие квалификационным требованиям, к работе не допускаются. На определенные виды деятельности допускается персонал группы А при наличии у них разрешений, выдаваемых органами государственного регулирования безопасности. Перечень специалистов указанного персонала, а также предъявляемые к ним квалификационные требования определяются Правительством Российской Федерации.

При проведении работ с источниками излучения не допускается выполнение операций, не предусмотренных инструкциями по эксплуатации и радиа-

ционной безопасности, если эти действия не направлены на принятие экстренных мер по предотвращению аварий и других обстоятельств, угрожающих здоровью работающих.

Технические условия на защитное технологическое оборудование (камеры, боксы, вытяжные шкафы), а также сейфы, контейнеры для радиоактивных отходов, транспортные средства, транспортные упаковочные комплекты, контейнеры, предназначенные для хранения и перевозки радиоактивных веществ, фильтры системы пылегазоочистки, средства индивидуальной защиты и радиационного контроля должны иметь санитарно-эпидемиологическое заключение на соответствие санитарным правилам.

Методы защиты организма человека от ионизирующих излучений

Комплекс мероприятий по радиационной безопасности при работе с открытыми источниками излучения должен обеспечивать защиту персонала от внутреннего и внешнего облучения, ограничивать загрязнение воздуха и поверхностей рабочих помещений, кожных покровов и одежды персонала, а также объектов окружающей среды – воздуха, почвы, растительности и др. как при нормальной эксплуатации, так и при проведении работ по ликвидации последствий радиационной аварии.

Ограничение поступления радионуклидов в рабочие помещения и окружающую среду должно обеспечиваться использованием системы статических (оборудование, стены и перекрытия помещений) и динамических (вентиляция и газоочистка) барьеров.

В зависимости от условий облучения, характера и местонахождения источника излучения могут быть применены различные средства и методы защиты от облучения:

- уменьшение времени пребывания в зоне воздействия источника излучения;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- экранирование источников излучения;
- соответствующее нормам устройство санитарно-технических систем обеспечения работ с источниками излучения;
- индивидуальные меры защиты.

Большое значение имеет также использование приборов индивидуального и общего контроля.

Эффективным средством защиты от излучений является экранирование. Материалы, используемые для экранирования, и толщина слоя этих экранов

определяются характером ионизирующего излучения и его энергией.

Индивидуальные меры защиты и средства личной гигиены предохраняют от попадания радиоактивных загрязнений на кожу и внутрь организма, защищают от альфа-излучения и, по возможности, от бета-излучения. От гамма-излучений и нейтронного излучения индивидуальные защитные средства, как правило, не защищают. Спецодежда (в зависимости от активности изотопов) – это спецбелье, носки, комбинезон или костюм (куртка, брюки), спецобувь, шапочка или шлем, перчатки, полотенце и носовые платки одноразовые, средства защиты органов дыхания (в зависимости от загрязнения воздуха).

Средства индивидуальной защиты для работ с радиоактивными веществами изготавливаются из хорошо дезактивируемых материалов либо являются одноразовыми.

Работающие с радиоактивными растворами и порошками, а также персонал, проводящий уборку помещений, в которых ведутся работы с радиоактивными веществами, обеспечиваются дополнительной спецодеждой из пленочных материалов или материалов с полимерным покрытием: фартуками, нарукавниками, халатами, резиновой и пластиковой спецобувью.

Средства защиты органов дыхания (фильтрующие или изолирующие) применяются при работах в условиях возможного аэрозольного загрязнения воздуха помещений радиоактивными веществами (работа с порошками, выпаривание радиоактивных растворов и т. п.).

При работах, когда возможно загрязнение воздуха помещения радиоактивными газами или парами (ликвидация аварий, ремонтные работы и т.п.), или когда применение фильтрующих средств не обеспечивает радиационную безопасность, применяются изолирующие защитные средства (пневмокостюмы, пневмошлемы, а в отдельных случаях – автономные изолирующие аппараты).

В помещениях для работ с радиоактивными веществами в открытом виде не допускается:

- пребывание сотрудников без необходимых средств индивидуальной защиты;
- прием пищи, курение, пользование косметическими принадлежностями;
- хранение пищевых продуктов, табачных изделий, домашней одежды, косметических принадлежностей и других предметов, не имеющих отношения к работе.

При выходе из помещений, где проводятся работы с радиоактивными веществами, осуществляется проверка чистоты спецодежды и других средств индивидуальной защиты. При выявлении радиоактивного загрязнения их снимают и направляют на дезактивацию, а работник должен вымыться под душем.

Для приема пищи предусматривается специальное помещение, оборудованное умывальником для мытья рук с подводкой горячей воды, изолированное от помещений, где ведутся работы с применением радиоактивных веществ в открытом виде.

На радиационных объектах, где могут возникать случаи радиоактивного загрязнения кожных покровов, в качестве средств их дезактивации используются препараты (моющие средства), эффективно удаляющие загрязнения и не увеличивающие поступление радионуклидов через кожу в организм. Последнее обстоятельство является определяющим при работах с высокотоксичными радионуклидами.

Ликвидация и утилизация радиоактивных отходов

Радиоактивные отходы по агрегатному состоянию подразделяются на жидкие, твердые и газообразные.

Система обращения с радиоактивными отходами в местах их образования определяется проектом для каждой организации, планирующей работы с открытыми источниками излучения. Проведение работ с радиоактивными веществами без наличия условий для сбора и временного хранения радиоактивных отходов не допускается.

Газообразные радиоактивные отходы подлежат выдержке и (или) очистке на фильтрах с целью снижения их активности до уровней, регламентируемых допустимым выбросом, после чего могут быть удалены в атмосферу.

Система обращения с жидкими и твердыми радиоактивными отходами включает в себя их сбор, сортировку, упаковку, временное хранение, кондиционирование (концентрирование, отверждение, прессование, сжигание), транспортирование, длительное хранение и (или) захоронение.

Запрещается сброс жидких радиоактивных отходов в хозяйственно-бытовую и ливневую канализацию, водоемы, поглощающие ямы, колодцы, скважины, на поля орошения, поля фильтрации, в системы подземного орошения и на поверхность земли.

Временное хранение радиоактивных отходов различных категорий в организации должно осуществляться в отдельном помещении, либо на специаль-

но выделенном участке, оборудованном в соответствии с требованиями, предъявляемыми к помещениям для работ II класса. Хранение радиоактивных отходов следует осуществлять в специальных контейнерах.

Передача радиоактивных отходов из организации на переработку или захоронение должна производиться в специальных контейнерах и оформляться актом.

Транспортирование радиоактивных отходов должно проводиться в механически прочных герметичных упаковках на специально оборудованных транспортных средствах при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий и способов транспортирования санитарным правилам.

Переработку радиоактивных отходов, а также их долговременное хранение и захоронение производят специализированные организации по обращению с радиоактивными отходами.

Захоронение высокоактивных, среднеактивных и низкоактивных отходов должно осуществляться отдельно. Выбор мест захоронения радиоактивных отходов должен производиться с учетом гидрогеологических, геоморфологических, тектонических и сейсмических условий. При этом должна быть обеспечена радиационная безопасность населения и окружающей среды в течение всего срока изоляции отходов с учетом долговременного прогноза.

Методы дозиметрического контроля, приборы и средства измерения

Производственный контроль при работе с техногенными источниками излучения осуществляется за всеми основными радиационными показателями, определяющими уровни облучения персонала и населения.

Контроль за радиационной обстановкой в зависимости от характера проводимых работ включает в себя:

– измерение мощности дозы рентгеновского, гамма- и нейтронного излучений, плотности потоков частиц ионизирующего излучения на рабочих местах, в смежных помещениях, на территории организации, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения;

– измерение уровней загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей, оборудования, транспортных средств, средств индивидуальной защиты, кожных покровов и одежды персонала;

– определение объемной активности газов и аэрозолей в воздухе рабочих помещений;

– измерение или оценку активности выбросов и сбросов радиоактивных веществ;

– определение уровней радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения.

Выделяют три основных вида дозиметрического контроля внешнего профессионального облучения:

- текущий контроль;
- оперативный контроль;
- аварийный контроль.

Задача текущего контроля заключается в определении индивидуальной дозы профессионального облучения работника в нормальных условиях эксплуатации источников ионизирующих излучений.

Приборы для дозиметрического контроля как внешнего, так и внутреннего облучения, делятся на приборы группового контроля и индивидуального контроля.

Групповой дозиметрический контроль (ГДК) – это контроль облучения персонала, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работников на основании результатов измерений характеристик радиационной обстановки в рабочем помещении (на рабочих местах) с учетом времени пребывания там персонала.

Индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) – это контроль облучения персонала, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работника на основании результатов индивидуальных измерений характеристик облучения тела или отдельных органов работника.

Индивидуальная доза облучения должна регистрироваться в журнале с последующим внесением в индивидуальную карточку, а также в машинный носитель для создания базы данных в организациях. Копия индивидуальной карточки работника в случае его перехода в другую организацию, где проводится работа с источниками излучения, должна передаваться на новое место работы; оригинал должен храниться на прежнем месте работы. Результаты индивидуального контроля доз облучения персонала должны храниться в течение 50 лет.

Для ГДК используются стационарные и переносные, так называемые инспекционные, дозиметрические приборы. Для ИДК применяются индивидуальные дозиметры.

По виду и назначению дозиметры могут быть условно разделены на сле-

дующие группы:

- 1) дозиметры – приборы, измеряющие экспозиционную или поглощенную дозу ионизирующих излучений;
- 2) радиометры – приборы, измеряющие плотность потоков ионизирующих излучений (интенсивность внешних потоков бета-частиц, нейтронов и др.);
- 3) спектрометры – приборы, измеряющие энергию частиц ионизирующих излучений.

Вопросы

1. Что такое лазер, как лазеры различаются по типу активной среды?
2. На какие классы делятся лазеры, как характеризуется каждый класс лазера?
3. Какие вредные и опасные факторы возникают при работе лазера?
4. Какие мероприятия необходимо выполнять для защиты от лазерного излучения?
5. Какие средства индивидуальной защиты следует использовать при работе лазерной установке?
6. Какие виды контроля лазерного излучения и в каких случаях проводят?
7. С какой скоростью распространяются электромагнитные волны?
8. Какие устройства создают электромагнитные волны?
9. Как действуют электромагнитные поля на организм человека?
10. С помощью каких мероприятий можно защитить человека от воздействия электромагнитных полей?
11. Какие средства индивидуальной защиты следует использовать для снижения воздействия электромагнитных полей на работника?
12. Какие виды ионизирующего излучения вам известны?
13. Какое из ионизирующих излучений обладает наибольшей проникающей способностью?
14. Где используются ионизирующие излучения?
15. Для каких категорий работников и населения разработаны нормативы облучения?
16. Как защитить работника от воздействия ионизирующего излучения?
17. Как производится ликвидация и утилизация радиоактивных отходов?
18. Какие виды дозиметрического контроля применяются при контроле радиационной обстановки при работе с источником ионизирующего излучения?

Лекция 6

Обеспечение безопасности герметичных систем

План

1. Определение – сосуды под давлением. Требования к сосудам.
2. Арматура (контрольные приборы и приспособления), обеспечивающая безопасность сосудов, работающих под давлением.
3. Регистрация сосудов, эксплуатируемых под давлением. Обслуживание сосудов.
4. Основные требования безопасности.
5. Компрессорное оборудование.
6. Отдельные виды сосудов.

1. Определение – сосуды под давлением. Требования к сосудам

К сосудам, работающим под давлением, относятся сосуды, баллоны, бочки, цистерны, предназначенные для хранения и транспортирования жидкостей, пара, сжатых и сжиженных газов с избыточным давлением более $0,7 \text{ кгс/см}^2$ ($0,07 \text{ МПа}$). К ним относятся также сосуды, работающие под давлением воды с температурой $115 \text{ }^\circ\text{C}$ и другими жидкостей с температурой, превышающей температуру их кипения, цистерны и бочки для хранения и транспортирования газов, давление паров которых при температуре до 50°C превышает давление $0,7 \text{ кгс/см}^2$, а также сосуды для сжатых и сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, давление в которых выше $0,7 \text{ кгс/см}^2$ создается периодически для их опорожнения.

Сосудом называется герметическая закрытая непроницаемая емкость, предназначенная для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортирования газообразных, жидких и других веществ. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера.

Конструкция сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации в течение расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, полного опорожнения, продувки, ремонта, эксплуатационного контроля металла и соединений. Для каждого сосуда должен быть установлен и указан в паспорте расчетный срок службы с учетом условий эксплуатации.

Устройства, препятствующие наружному и внутреннему осмотрам сосу-

дов (змеевики, мешалки, рубашки, перегородки и пр.), должны быть, как правило, съемными.

Сосуды должны быть снабжены необходимым количеством люков и смотровых лючков, обеспечивающих осмотр, очистку и ремонт сосудов, а также монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств.

Сосуды в зависимости от расчетного давления делятся на группы, табл. 6.1.

Таблица 6.1

Группы сосудов

Группа сосудов	Расчетное давление МПа (кгс/см ²)	Температура стенки, °С	Рабочая среда
1	2	3	4
1	Свыше 0,07 (0,7)	Независимо	Взрывоопасная или пожароопасная, или 1-го, 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007
2	До 2,5 (25)	Ниже минус 70, выше 400	Любая, за исключением указанной для 1-й группы сосудов
	Свыше 2,5 (25) до 4 (40)	Ниже минус 70, выше 200	
	Свыше 4 (40) до 5 (50)	Ниже минус 40, выше 200	
	Свыше 5 (50)	Независимо	
	До 1,6 (16)	От минус 70 до минус 20 От 200 до 400	
3	Свыше 1,6 (16) до 2,5 (25)	От минус 70 до 400	
	Свыше 2,5 (25) до 4 (40)	От минус 70 до 200	
	Свыше 4 (40) до 5 (50)	От минус 40 до 200	
4	До 1,6 (16)	От минус 20 до 200	

Температура стенки определяется на основании теплотехнического расчета или результатов измерений или принимается равной температуре среды, соприкасающейся со стенкой сосуда.

Сосуды с внутренним диаметром более 800 мм должны иметь люки, а с

диаметром 800 мм и менее – лючки. Внутренний диаметр круглых люков должен быть не менее 400 мм, овальных не менее 325x400 мм. Внутренний диаметр лючков не менее 80 мм.

Разгерметизация сосудов, установок, трубопроводов происходит в результате воздействия целого ряда факторов, которые подразделяются на две группы – технологические и эксплуатационные.

К технологическим факторам можно отнести дефекты, появляющиеся в сосудах, трубопроводах при их изготовлении, транспортировании, хранении, эксплуатации. Чаще всего проявляются дефекты сварки сосудов: непровары, трещины, подрезы, наплывы, шлаковые включения, газовые поры и др. Указанные дефекты снижают прочность конструкции и особенно опасны при наличии вибрации.

Кроме указанных дефектов прочность и долговечность работы сосудов и трубопроводов могут снижать дефекты заклепочных швов, трещины в местах сгибов и отбортовок элементов, смещение кромок стыкуемых элементов, расслоение материалов, вмятины, раковины.

Эксплуатационные факторы нарушения герметичности обусловлены физико-химическими свойствами хранимых или транспортируемых жидкостей и газов, параметрами их состояния, условиями эксплуатации. К ослаблению прочности конструкции сосудов и трубопроводов приводят: протекание побочных процессов (коррозия, образование накипи, засорение), образование горюче-окислительных и взрывчатых смесей из компонентов, неправильная эксплуатация.

Причинами несчастных случаев при работе с сосудами и трубопроводами высокого давления становятся аварии из-за их неправильной эксплуатации, обусловленной недисциплинированностью обслуживающего персонала, невыполнением служебных обязанностей должностными лицами предприятий по организации работы с сосудами, установками, трубопроводами высокого давления. Происходит это также из-за отсутствия или недостаточного количества контрольных приборов для измерения давления, температуры, уровня, веса жидкости и газа. Обеспечение сосудов, установок, трубопроводов необходимыми приборами дает возможность вести наблюдение за происходящими процессами, предупреждать неполадки. Оснащение такого оборудования автоматическими устройствами управления и регулирования позволяет независимо от обслуживающего персонала поддерживать заданный режим, включать и вы-

ключать оборудование при выходе процесса за параметры режима, предупреждать возможные ошибочные действия персонала.

Причина аварий – разгерметизация сосудов, их запорной и предохранительной арматуры. Нарушение герметичности может привести к взрыву внутри самой емкости или к образованию взрывчатой, токсичной, пожароопасной смеси в месте хранения сосуда или эксплуатации установки. Возникает опасность получения термических ожогов от воздействия жидкостей и газов с высокими и низкими температурами, химических ожогов от воздействия агрессивной среды, отравления от воздействия токсичных веществ, травмы от воздействия струи газа или жидкости, истекающих под большим давлением, разлетающихся после взрыва частей емкостей и самих баллонов, бочек под воздействием реактивной тяги.

Проектирование, устройство, изготовление, монтаж, ремонт, эксплуатация и реконструкция сосудов, установок, трубопроводов, работающих под давлением жидкостей, газов, пара, регулируются рядом нормативных актов, обязательных для выполнения всеми органами и организациями, предприятиями и индивидуальными предпринимателями.

Безопасность эксплуатации сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара, горячей воды, газов и воздуха должна обеспечиваться выполнением требований:

- к их конструкции, в том числе при проектировании;
- применяемым в конструкции материалам;
- технологии изготовления сосудов и трубопроводов;
- строгому контролю качества изготовления с использованием специальных методов и испытаний на стойкость и прочность;
- по технологическому освидетельствованию и получению разрешения на эксплуатацию от компетентных органов;
- установлению надлежащих надзора, содержания, обслуживания и ремонта;
- к обслуживающему персоналу.

Качество изготовления сосуда, соответствия его техническим условиям, удостоверяется паспортом. Каждый сосуд должен поставляться изготовителем с паспортом установленного образца, инструкцией по монтажу и эксплуатации. Далее паспорт ведет эксплуатирующая организация с указанием: сведений о местонахождении сосуда, ответственных за исправное состояние и безопасное

действие сосуда, сведений об установленной арматуре, замене и ремонте основных элементов и арматуры, результатов освидетельствования и регистрации сосуда.

На каждом сосуде, диаметром более 325 мм, должна быть прикреплена табличка с нанесением товарного знака и наименования изготовителя, порядкового номера, даты изготовления, основных характеристик сосуда.

2. Арматура (контрольные приборы и приспособления), обеспечивающая безопасность сосудов, работающих под давлением

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда в зависимости от назначения должны быть оснащены:

- запорной или запорно-регулирующей арматурой;
- приборами для измерения давления, температуры;
- предохранительными устройствами;
- указателями уровня жидкости.

Арматура должна иметь маркировку с наименованием или товарным знаком изготовителя, условный проход, мм; условное давление, МПа (допускается указывать рабочее давление и допустимую температуру); направление потока среды; марку материала корпуса.

На маховике запорной арматуры должно быть указано направление его вращения при открывании или закрывании арматуры.

Для измерения средних и высоких давлений чаще применяют *пружинные механические манометры*, которые устойчивы и долговечны в эксплуатации, позволяют осуществлять дистанционную передачу показаний и их автоматическую запись.

Пружинные манометры разделяются на четыре вида:

- с одновитковой трубчатой пружиной;
- многовитковой трубчатой пружиной;
- плоской гофрированной мембраной;
- гармоникообразной мембраной-сильфоном.

Для измерения температуры используют:

- жидкостно-стеклянные термометры, обычно устанавливаемые в гильзах (ртутные и спиртовые стеклянные термометры);
- дилатометрические (стержневые) термометры, действие которых осно-

вано на различных коэффициентах линейного удлинения двух стержней при измерении их температуры, когда они расположены рядом или один в другом;

– биметаллические термометры, действие которых основано на различных коэффициентах линейного удлинения двух склепанных или сваренных по всей длине пластинок, выполненных из разных металлов или сплавов.

В основном используются жидкостно-стеклянные термометры, которые устанавливают в металлических гильзах или в оправе. Это предохраняет термометр от возможной поломки и, кроме того, позволяет выполнить установку термометров для измерения температуры среды, находящейся под большим давлением, так как с помощью гильзы легко уплотнить место установки термометра.

Для измерения температуры среды, находящейся под незначительным давлением, применяют способ установки термометров без защитных гильз.

Регуляторы давления классифицируют: по назначению, характеру регулирующего воздействия, связи между входной и выходной величинами, способу воздействия на регулирующий клапан. Кроме того, регуляторы давления различаются: по устройству, диапазонам входных и выходных давлений, способам настройки, регулировки.

По назначению регуляторы подразделяются на следящие регуляторы давления. Следящие регуляторы устанавливают на газорегуляторных установках и обеспечивают автоматическую работу отопительной системы по графику. Регуляторы давления поддерживают в газопроводах давление заданной величины, которая обеспечивает нормальную и безопасную работу горелок потребителей газа. Примером следящего регулирования служит автоматическое регулирование температуры нагреваемой воды в отопительной системе, если величина этой температуры должна меняться в зависимости от температуры наружного воздуха. Такие следящие системы регулирования находят широкое применение в различных отраслях техники.

По характеру регулирующего воздействия регуляторы подразделяют на пропорциональные (статические) и астатические.

Для предохранения газопотребляющих агрегатов от возможного разрушения в случае взрыва в них газозоодушнoй смеси в стенках топки и дымоходов устанавливают *взрывные клапаны*. Конструкция взрывных предохранительных клапанов может быть различной, распространение получил клапан, изображенный на рис. 6.1.

Клапан выполнен в виде чугунной рамы 2 с откидной дверцей на петлях. Рама заделывается в кладку 4 топки или газохода. При взрыве газовой смеси дверца 3 клапана откидывается и после снижения давления в топке или газоходе закрывается. Рама изготовлена такой формы, чтобы закрытая дверца в наклонном положении прижималась к раме и за счет собственной массы. Для предотвращения подсоса воздуха в топку или газоходы служит асбестовая мембрана 1. При взрыве сначала разрушается асбестовая мембрана, а затем открывается дверца. Форма взрывных клапанов квадратная или круглая, так как в этом случае мембрана разрушается при наименьшем усилии взрывной волны.

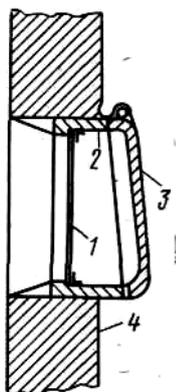


Рис. 6.1 - Предохранительный взрывной клапан: 1 - мембрана; 2 - рама, 3 - дверца клапана, 4 - стенка

Сосуды, снабженные быстрьюемными крышками, должны иметь предохранительные устройства, исключающие возможность включения сосуда под давление при неполном закрытии крышки и открывании ее при наличии в сосуде давления. Такие сосуды также должны быть оснащены замками с ключом-маркой.

Сосуды для взрывоопасных, пожароопасных веществ, веществ 1-го и 2-го классов опасности, а также испарители с огневым или газовым обогревом должны иметь на подводящей линии от насоса или компрессора **обратный клапан**, автоматически закрывающийся давлением из сосуда. Обратный клапан должен устанавливаться между насосом (компрессором) и запорной арматурой сосуда. Клапан обратный подъемный муфтовый приведен на рис. 6.2.

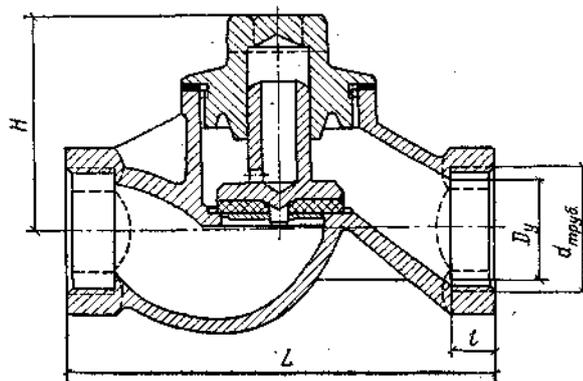


Рис. 6.2. Клапан обратный подъемный муфтовый

Каждый сосуд (полость комбинированного сосуда) должен быть снабжен *предохранительными устройствами* от повышения давления выше допустимого значения.

В качестве предохранительных устройств применяются:

- пружинные предохранительные клапаны;
- рычажно-грузовые предохранительные клапаны;
- импульсные предохранительные устройства, состоящие из главного предохранительного клапана и управляющего импульсного клапана прямого действия;
- предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (мембранные предохранительные устройства);
- другие устройства, применение которых согласовано с Ростехнадзором России.

Установка рычажно-грузовых клапанов на передвижных сосудах не допускается.

Для обеспечения безопасности людей сосуды должны устанавливаться на открытых площадках в местах, исключающих скопление людей, или в отдельно стоящих зданиях. Допускается установка сосудов в помещениях, примыкающих к производственным, при условии отделения их от зданий капитальной стеной, в производственных помещениях в случаях, предусмотренных отраслевыми правилами безопасности, и с заглублением в грунт с защитой от коррозии.

Не разрешается установка сосудов, регистрируемых Ростехнадзором, в жилых, общественных и бытовых зданиях, примыкающих к ним помещениях.

Установка сосудов должна обеспечивать возможность их осмотра, ремон-

та, очистки. Для удобства обслуживания должны быть устроены площадки, лестницы, люльки и другие приспособления.

Установка сосудов должна исключать возможность их опрокидывания.

Баллоны вместимостью более 100 л, устанавливаемые в качестве расходных емкостей для сжиженных газов, которые используются как топливо на автомобилях и других транспортных средствах, кроме вентиля и предохранительного клапана, должны иметь указатель максимального уровня наполнения. На таких баллонах также допускается установка специального наполнительного клапана, вентиля для отбора газа в парообразном состоянии, указателя уровня сжиженного газа в баллоне и спускной пробки.

Боковые штуцера вентиля для баллонов, наполняемых водородом и другими горючими газами, должны иметь левую резьбу, а для баллонов, наполняемых кислородом и другими негорючими газами, – правую резьбу.

3. Регистрация сосудов, эксплуатируемых под давлением Обслуживание сосудов

Сосуды, до пуска в работу должны быть зарегистрированы в органах Ростехнадзора России.

Регистрации в органах Ростехнадзора не подлежат:

– сосуды I группы, работающие при температуре стенки не выше 200 °С, у которых произведение давления в МПа (кгс/см²) на вместимость в м³ (литрах) не превышает 0,05 (500), а также сосуды 2,3,4 групп, работающие при указанной выше температуре и у которых произведение давления в МПа (кгс/см²) на вместимость в м³ (литрах) не превышает 0,1 (10000);

– аппараты воздухоразделительных установок и разделения газов, расположенные внутри теплоизоляционного кожуха;

– резервуары воздушных электрических включателей;

– бочки для перевозки сжиженных газов, баллоны вместимостью до 100 литров установленные стационарно, а также предназначенные для транспортировки, хранения сжатых, сжиженных газов;

– генераторы для получения водорода;

– сосуды, включенные в закрытую систему добычи нефти и газа;

– сосуды для транспортировки и хранения газов, жидкостей, находящихся под давлением периодически при их опорожнении;

– сосуды со сжатыми и сжиженными газами для обеспечения топливом

транспортных средств;

- сосуды, установленные в подземных горных выработках.

В целях обеспечения безопасной эксплуатации *сосуды должны подвергаться техническому освидетельствованию* после монтажа до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях - внеочередному освидетельствованию. Объем, методы, периодичность технических освидетельствований определяются изготовителем сосудов (за исключением баллонов) и указываются в инструкциях по монтажу и эксплуатации.

Разрешение на ввод в эксплуатацию сосудов, подлежащих регистрации в Ростехнадзоре, выдается инспектором после его регистрации на основании освидетельствования и проверки организации обслуживания и надзора.

При освидетельствовании контролируется:

- наличие и исправность арматуры, контрольно-измерительных приборов и приборов безопасности;
- соответствие установки сосуда правилам безопасности;
- правильность включения сосуда;
- наличие аттестованного обслуживающего персонала и специалистов;
- наличие должностных инструкций для лиц по надзору за техническим состоянием сосудов и их эксплуатацией, ответственных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов, инструкции по режиму работы и безопасному обслуживанию, сменных журналов и другой документации, предусмотренной настоящими Правилами.

На каждый сосуд после выдачи разрешения на его эксплуатацию должны быть нанесены краской на видном месте или на специальной табличке форматом не менее 200x150 мм:

- регистрационный номер;
- разрешенное давление;
- число, месяц и год следующих наружного и внутреннего осмотров и гидравлического испытания.

Разрешение на ввод в эксплуатацию сосуда, не подлежащего регистрации в Ростехнадзоре, выдается лицом, назначенным приказом по организации для осуществления надзора за техническим состоянием и эксплуатацией сосудов после технического освидетельствования и проверки организации обслуживания.

Разрешение на ввод в эксплуатацию сосуда записывается в паспорте.

Владелец сосудов обязан:

– назначить приказом из числа специалистов, прошедших проверку знаний в установленном порядке, ответственных по надзору за техническим состоянием и эксплуатацией сосудов;

– назначить для обслуживания сосудов необходимый персонал из числа лиц, прошедших обучение и имеющих удостоверение на право обслуживания;

– обеспечить проведение технических освидетельствований сосудов;

– организовать обучение и проверку знания руководителями и специалистами правил ПБ 10-115-96 и персоналом инструкций по режиму работы и безопасной эксплуатации сосудов;

– обеспечить руководителей, специалистов, обслуживающий персонал правилами, инструкциями, в том числе должностными, и выполнение ими требований этих нормативных документов.

К обслуживанию сосудов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по соответствующей программе в центрах, комбинатах, училищах, имеющих лицензию Ростехнадзора, и получивших удостоверение на право обслуживания сосудов. В удостоверении должны быть указаны типы (параметры) сосудов, к обслуживанию которых имеется допуск. Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего сосуды, проводится не реже раза в 12 месяцев. При перерыве в обслуживании и переходе в другую организацию проводится внеочередная проверка. Внеочередная проверка знаний проводится также в случае внесения изменения в инструкцию по режиму работы и безопасному обслуживанию сосуда и по требованию инспектора Ростехнадзора России.

При перерыве в работе по специальности более 12 месяцев персонал, обслуживающий сосуды, после проверки знаний должен перед допуском к самостоятельной работе пройти стажировку для восстановления практических навыков.

Ответственность за исправное состояние и безопасное действие сосудов организации (цеха, участка) возлагается приказом на работника, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды.

На время отпуска, командировок, болезни или в других случаях отсутствия ответственного лица выполнение его обязанностей возлагается приказом на другого работника, прошедшего проверку знаний настоящих Правил. Запись об этом в паспорте сосуда не делается.

Сосуд должен быть немедленно остановлен:

- если давление в сосуде поднялось выше разрешенного и не снижается, несмотря на меры, принятые персоналом;
- при выявлении неисправности предохранительных устройств от повышения давления;
- обнаружении в сосуде и его элементах, работающих под давлением, неплотностей, выпучин, разрыва прокладок;
- неисправности манометра и невозможности определить давление по другим приборам;
- снижении уровня жидкости ниже допустимого в сосудах с огневом обогревом; при выходе из строя всех указателей уровня жидкости;
- неисправности предохранительных блокировочных устройств;
- возникновении пожара, непосредственно угрожающего сосуду, находящемуся под давлением.

Порядок аварийной остановки сосуда и последующего ввода его в работу должен быть указан в инструкции.

Причины аварийной остановки сосуда должны записываться в сменный журнал.

Работы по ремонту сосудов должны выполняться организациями, имеющими разрешение (лицензию) Ростехнадзора. Перед началом ремонтных работ должны быть осуществлены предупредительные меры согласно инструкции.

На верхней сферической части каждого баллона должны быть выбиты данные об изготовителе и характеристика баллона.

Наружная поверхность баллонов должна быть окрашена в цвет, установленный Правилами для хранимого вещества: азот – черный, ацетилен – белый, бутан – красный, кислород – голубой, воздух, углекислота – черный и т. д. с надписями других цветов, табл. 6.1.

Таблица 6.1

Окраска и цвет баллонов в зависимости от содержимого

Наименование газа	Окраска баллонов	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
1	2	3	4	5
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	То же

Аргон сырой	Черная	Аргон сырой	Белый	Белый
Аргон технический	Черная	Аргон технический	Синий	Синий
Аргон чистый	Серая	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	»
Бутилен	Красная	Бутилен	Желтый	Черный
Нефтегаз	Серая	Нефтегаз	Красный	»
Бутан	Красная	Бутан	Белый	»
Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный	»
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	»
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый	»
Закись азота	Серая	Закись азота	Черный	»
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	»
Кислород медицинский	Голубая	Кислород медицинский	Черный	»
Сероводород	Белая	Сероводород	Красный	Красный
Сернистый ангидрид	Черная	Сернистый ангидрид	Белый	Желтый
Углекислота	Черная	Углекислота	Желтый	»
Фосген	Защитная	Тоже	»	Красный
Фреон-11	Алюминиевая	Фреон-11	Черный	Синий
Фреон-12	Алюминиевая	Фреон-12	Черный	»

Окончание таблицы 6.1

1	2	3	4	5
Фреон-13	Алюминиевая	Фреон-13	Черный	2 красные
Фреон-22	Алюминиевая	Фреон-22	Черный	2 желтые
Хлор	Защитная	»	»	Зеленый
Цикло-пропан	Оранжевая	Цикло-пропан	Черный	»
Этилен	Фиолетовая	Этилен	Красный	»
Все другие горючие газы	Красная	Наименование газа	Белый	»
Все другие негорючие газы	Черная	Наименование газа	Желтый	»

Окраска баллонов и надписи на них могут производиться масляными, эмалевыми или нитрокрасками. Очистка и окраска наполненных газом баллонов, а также укрепление колец на их горловине запрещаются.

Надписи на баллонах наносят по окружности на длину не менее $1/3$ окружности, а полосы – по всей окружности, причем высота букв на баллонах вместимостью более 12 л должна быть 60 мм, а ширина полосы 25 мм. Размеры надписей и полос на баллонах вместимостью до 12 л должны определяться в зависимости от величины боковой поверхности баллонов.

Освидетельствование баллонов производит их владелец с периодичностью от 2 до 5 лет в зависимости от их назначения. Свидетельством о соответствии баллона до 100 литров своим параметрам служит устанавливаемое клеймо, а также запись в журнале испытаний. Результаты освидетельствования баллонов емкостью более 100 литров, в т.ч. служащих топливным баком транспортных средств, записываются в паспорта баллонов.

Эксплуатация, хранение и транспортирование баллонов должны производиться в соответствии с требованиями инструкций, утвержденных в установленном порядке. Баллоны с газами могут храниться как в специальных помещениях так и на открытых площадках, защищенных от атмосферных осадков и солнечных лучей. Баллоны с газом, устанавливаемые в помещениях, должны находиться на расстоянии не менее 1 м от радиаторов отопления и других отопительных приборов и печей и не менее 5 м от источников тепла с открытым огнем. Запрещается складское хранение в одном помещении баллонов с кислородом и горючими газами.

Баллоны с ядовитыми газами должны храниться в специальных закрытых помещениях, устройство которых регламентируется соответствующими нормами и положениями. Наполненные баллоны с насаженными на них башмаками должны храниться в вертикальном положении. Для предохранения от падения баллоны должны устанавливаться в специально оборудованные гнезда, клетки или ограждаться барьером. Баллоны, которые не имеют башмаков, могут храниться в горизонтальном положении на деревянных рамах или стеллажах. При хранении на открытых площадках разрешается укладывать баллоны с башмаками в штабеля с прокладками из веревки, деревянных брусьев или резины между горизонтальными рядами.

При укладке баллонов в штабеля высота последних не должна превышать 1,5 м. Вентили баллонов должны быть обращены в одну сторону.

Склады для баллонов, наполненных газом, должны иметь естественную или искусственную вентиляцию в соответствии с требованиями санитарных норм проектирования.

Склады для баллонов с взрыво- и пожароопасными газами должны находиться в зоне молниезащиты.

Складское помещение для хранения баллонов должно быть разделено негоряемыми стенами на отсеки, в каждом из которых допускается хранение не более 500 баллонов (40 л) с горючими или ядовитыми газами и не более 1000 баллонов (40 л) с негорючими и неядовитыми газами.

Отсеки для хранения баллонов с негорючими и неядовитыми газами могут быть отделены негоряемыми перегородками высотой не менее 2,5 м с открытыми проемами для прохода людей и проемами для средств механизации. Каждый отсек должен иметь самостоятельный выход наружу.

Запрещается полностью расходовать газ из баллонов. Остаточное давление должно быть не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см²). Выпуск газов из баллонов в емкости должен производиться через редукторы.

При невозможности из-за неисправности вентилей выпустить на месте потребления газ из баллонов последние должны быть возвращены на наполнительную станцию. Выпуск газа из таких баллонов на наполнительной станции должен производиться в установленном порядке.

Перевозка баллонов должна производиться с накрученными колпаками на рессорном транспорте или на автокарах в горизонтальном положении на ложементках с прокладками и закреплением. Сосуды с жидкостями и газами, относящиеся к опасным грузам должны перевозиться в таре и упаковке.

Трубопроводы пара и горячей воды также относятся к сосудам под давлением. В зависимости от параметров среды трубопроводы делятся на четыре категории:

I – с температурой свыше 450 °С без ограничения давления;

II – с температурой от 350 до 450 °С и давлением от 4 (40) до 8 МПа (80 кгс/см²);

III – с температурой от 250 до 350 °С и давлением от 1,6 (16) до 4 МПа (40 кгс/см²);

IV – с температурой от 115 до 250 °С и давлением от 0,07 (0,7) до 1,6 МПа (16 кгс/см²).

Проектирование, изготовление, монтаж, ремонт указанных трубопроводов ведутся организациями, имеющими разрешение (лицензию) Ростехнадзора.

Регистрация трубопроводов в органах Ростехнадзора осуществляется их владельцами после проведения технического освидетельствования с предъяв-

лением паспорта трубопровода, исполнительной схемы, свидетельств об изготовлении элементов и монтажа трубопровода, акта приемки трубопровода от монтажной организации.

4. Основные требования безопасности

Основные требования безопасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением, включают в себя определенный (регламентированный) порядок установки, регистрации, технического освидетельствования сосудов и эксплуатации (обслуживание и ремонт).

Сосуды, на которые распространяются Правила ПБ 10-382-00 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», до пуска в работу подлежат регистрации в органах надзора. Сосуды должны подвергаться техническому освидетельствованию после установки до пуска в работу, а также периодически в процессе эксплуатации.

Техническое освидетельствование включает в себя наружный и внутренний осмотр, а также гидравлическое испытание повышенным давлением. Периодичность технических освидетельствований установлена Правилами и зависит от типа сосуда, характера среды наполнения и условий эксплуатации. Например, сосуды, работающие со средой, вызывающей коррозию металла, подвергаются наружному и внутреннему осмотру не реже одного раза в 4 года, гидравлическому испытанию – 8 лет.

При гидравлических испытаниях испытываемую емкость заполняют водой, после чего давление воды плавно повышают до значений пробного давления, указанного в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Давление при гидравлических испытаниях сосудов

Тип сосуда	Пробное давление, МПа	Примечание
Кроме литых	$P_{пр} = 1,25 K P_{рас}$	
Литые	$P_{пр} = 1,50 K P_{рас}$	
Из неметаллических материалов	$P_{пр} = 1,3 K P_{рас}$	Ударная вязкость более 20 Дж/см
Из неметаллических материалов	$P_{пр} = 1,6 K P_{рас}$	Ударная вязкость менее 20 Дж/см ²

Криогенные сосуды	$P_{пр} = 1,25 K P_{рас} - 0,1 \text{ МПа}$	Наличие вакуума в изоляционном пространстве
Металлопластиковые	$P_{пр} = [1,25 K_M + \alpha (1 - K_M)] K P_{рас}$	

Примечание к табл. 6.2:

$$K = \sigma_{20} / \sigma_i$$

где σ_{20} – допустимое напряжение для материала сосуда (сосуда, его элемента) при 20 °С, МПа;
 σ_i – напряжение для материала сосуда при расчетной температуре, МПа;
 K_M – отношение массы металлоконструкции к общей массе сосуда;
 $\alpha = 1,3$ – для неметаллических материалов с ударной вязкостью не более 20 Дж/см² и
 $\alpha = 1,6$ – менее или равной 20 Дж/см².

Применяемая вода должна иметь температуру не ниже 5 °С и не выше 40 °С, если иное не оговорено в паспорте на сосуд. Разность температур стенки сосуда и окружающего воздуха во время испытаний не должна вызывать конденсации влаги на поверхности стенок сосуда. Использование сжатого воздуха или другого газа для подъема давления не допускается.

Давление в испытываемом сосуде контролируется двумя манометрами одного типа, предела измерения, одинаковых классов точности, цены деления в течение времени, установленного разработчиком в зависимости от толщины стенки сосуда. Так, при толщине стенки до 50 мм оно составляет 10 мин, при 50...100 мм – 20 мин, свыше 100 мм – 30 мин. Для литых неметаллических и многослойных сосудов независимо от толщины стенки время выдержки составляет 60 мин.

После выдержки давление снижается до расчетного, при котором производят осмотр наружной поверхности сосуда, всех разъемных и парных соединений (сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено:

- течи трещин, «слезок», потения в сварных соединениях и на основном металле;
- течи в разъемных соединениях;
- видимых остаточных деформаций, падения давления, что фиксируется по манометру.

Гидравлическое испытание допускается заменять пневматическим при условии контроля этого испытания методом акустической эмиссии или другим, согласованным с органом Ростехнадзора.

Если при техническом освидетельствовании окажется, что сосуд вследст-

вие имеющихся дефектов находится в состоянии, опасном для дальнейшей эксплуатации, работа такого сосуда должна быть запрещена.

Должностные лица, ответственные за исправное состояние и безопасную эксплуатацию, проводят наружный осмотр трубопроводов всех категорий ежегодно. Инспектор Ростехнадзора проводит наружный осмотр и гидравлическое испытание трубопроводов перед пуском в эксплуатацию вновь смонтированного трубопровода. *Организации, имеющие разрешение Ростехнадзора, производят осмотр трубопроводов раз в три года, а гидравлические испытания - после ремонта.* Результаты освидетельствования заносятся в паспорт. После проведения технического освидетельствования трубопровода, его регистрации, проверки организации надзора и обслуживания инспектором выдается разрешение на эксплуатацию трубопровода.

В целях организации безопасной эксплуатации трубопровода его владелец обязан:

- назначить ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию трубопровода из числа инженерно-технических работников прошедших обучение по специальной программе, и обслуживающий персонал, прошедший обучение и имеющий удостоверение на право обслуживания трубопроводов;

- разработать и выдать ответственным лицам и обслуживающему персоналу правила, производственные инструкции, установить контроль за их выполнением;

- организовать обучение и проверку знаний персонала;

- проводить не реже одного раза в год обследование трубопровода.

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию трубопровода обязан обеспечивать:

- содержание трубопровода в исправном состоянии;

- выполнение контроля за состоянием металла и сварных швов;

- своевременное устранение неисправностей;

- обслуживание трубопровода обученным и аттестованным персоналом;

- выполнение персоналом производственных инструкций;

- своевременный замер температурных перемещений и остаточных деформаций в трубопроводе;

- проверку записи в сменном журнале персонала;

- хранение паспорта и других документов трубопровода;
- проведение освидетельствования и участвовать в нем;
- своевременное выполнение предписаний выданных Ростехнадзором;
- участие в комиссиях по аттестации ИТР и персонала;
- отстранение от обслуживания персонала, нарушающего инструкции;
- представление руководству предложений по устранению причин, порождающих нарушение правил и инструкций.

Контроль за соблюдением Правил осуществляется органами Ростехнадзора. Если при обследовании будут выявлены дефекты трубопроводов или нарушения, угрожающие безопасной эксплуатации, истечение срока очередного освидетельствования, отсутствие ответственного лица - работа должна быть запрещена.

Такие же требования к проектированию, конструкции, материалам, изготовлению, монтажу, наладке, ремонту и эксплуатации паровых котлов, автономных пароподогревателей и экономайзеров с рабочим давлением более 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрейных котлов и автономных экономайзеров с температурой воды выше 115 °С устанавливают «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов».

Производственные помещения, где размещены ацетиленовые установки, места возможного скопления ацетилена должны быть оснащены приборами автоматического оповещения при содержании более 0,46% ацетилена в воздухе (порог взрываемости). Производственные помещения, рабочие места на установках ацетилена должны соответствовать требованиям пожарной безопасности. При использовании в установках карбида запрещается использовать в качестве средств пожаротушения воду и пенные огнетушители. Электрооборудование, в т.ч. осветительное, должно быть взрывобезопасного исполнения.

Пуск ацетиленовой установки в эксплуатацию разрешается после получения разрешения от межведомственной комиссии в составе представителей: государственной инспекции по охране труда, санэпидслужбы, государственной противопожарной службы, Ростехнадзора.

Запрещается эксплуатация установок при неисправных вентиляционных устройствах, выключенной вентиляции, неисправных приборах контроля и автоматического регулирования, предохранительных устройствах, уплотнениях разъемных соединений.

Не допускается прокладка ацетиленопроводов через административные,

бытовые, подсобные помещения, а также через производственные помещения, в которых не производится и не потребляется ацетилен. Запрещается совместная прокладка газопроводов с электрокабелями. Высота прокладки газопровода должна быть не менее 2,2 м, а для контроля работы запорной и регулирующей арматуры, приборов должны быть устроены площадки, лестницы с ограждениями.

Перед пуском в эксплуатацию газопроводы должны быть испытаны на прочность гидравлическим давлением в 1,25 раза превышающим расчетное. Проверка защитных покрытий и наружной поверхности газопроводов наружным осмотром, а герметичности - мыльной эмульсией производится у наземных газопроводов 1 раз в 3 года, у подземных – 1 раз в 5 лет. В случае утечки газопровод немедленно отключается до устранения неисправности.

За состоянием газопроводов, арматуры, предохранительных устройств и контрольно-измерительной аппаратурой, шлангами должен быть установлен контроль ответственным лицом, имеющим соответствующую квалификацию, опыт и назначенным приказом. Для обслуживания, осмотра, профилактики, аварийного ремонта, надзора за состоянием контрольно-измерительных приборов в каждом подразделении должен быть выделен специалист (бригада), подчиненный ответственному за газовое хозяйство. К указанной работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение по соответствующей программе, стажировку на рабочем месте, проверку знаний по безопасности и имеющим практические навыки по обслуживанию такого оборудования. Для обслуживающего персонала ежеквартально проводится повторный инструктаж и 1 раз в год проверка знаний Правил и инструкций.

Подобные требования предъявляются к кислорододобывающим станциям и установкам, газификационным установкам и рампам, кислородопроводам. Важным дополнительным требованием является запрещение допуска к обслуживанию кислородопроводов, рабочим местам с применением кислорода работников с замасленными руками, одеждой, инструментом, так как соединение кислорода с маслом образует взрывоопасную смесь.

Запрещается производить газосварочные, газорезательные и другие огнеопасные работы ближе 10 м от мест хранения и складирования емкостей, сосудов с кислородом, ацетиленом и газами его заменяющими.

Воздухопроводы должны быть смонтированы с учетом доступности их

осмотра и ремонта, иметь возможность свободного температурного удлинения. Для прокладочных материалов во фланцевых соединениях должны применяться паронит, асбест и другие материалы, устойчивые к воздействию тепла, влаги, масла. Опоры воздухопровода не должны вибрировать. После монтажа воздухопровод должен быть испытан давлением выше 1 кгс/см^2 . Арматура должна быть доступна для удобного обслуживания, контроля и ремонта. Устройства для удаления скапливающихся в воздухопроводе масла и воды должны быть всегда в исправности, регулярно проверяться. В случае замерзания отогревание производится только горячей водой. Вентили, задвижки, клапаны должны надежно перекрывать воздухопровод. Очистка воздухопровода от отложений производится не реже одного раза в 6 месяцев. Промывка рекомендуется пятипроцентным раствором каустической соды. Ответственность за правильную и безопасную эксплуатацию компрессорных установок и воздухопроводов несет ответственное лицо, назначенное приказом по организации.

Транспортируемые по трубопроводам жидкости и газы разбиты на десять укрупненных групп, в соответствии с которыми установлены опознавательные цвета окраски трубопроводов:

- 1) вода – зеленый;
- 2) пар – красный;
- 3) воздух – синий;
- 4) газы горючие – желтый с красными кольцами;
- 5) газы негорючие – желтый;
- 6) кислоты – оранжевый;
- 7) щелочи – фиолетовый;
- 8) жидкости горючие – коричневый с красными кольцами;
- 9) жидкости негорючие – коричневый;
- 10) прочие вещества – серый.

Кроме цвета и сигнальных колец применяют также предупреждающие знаки, надписи, маркировочные щитки.

Кроме опознавательной окраски на трубопроводы с транспортируемым веществом наносят краской предупредительные (сигнальные) цветные кольца:

- красные – взрывоопасные, огнеопасные, легковоспламеняющиеся вещества;
- зеленые – безопасные или нейтральные вещества;

– желтые – токсичные или иного вида опасности, например, глубокий вакуум, высокое давление, наличие радиации.

Количество сигнальных колец определяет степень опасности.

Безопасность работы герметичных устройств трубопроводов регламентируется «Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов», «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Для обеспечения безопасности основных элементов систем повышенного давления все трубопроводы подвергаются гидравлическим испытаниям при пробном давлении на 25 % выше рабочего, но не менее 0,2 МПа.

Кроме испытаний на прочность водой газопроводы, а также трубопроводы для токсичных газов испытывают на герметичность воздухом при пробном давлении, равном рабочему. Отсутствие утечки воздуха из испытуемого трубопровода проверяют нанесением на него мыльного раствора или погружением его под воду.

Газопроводы прокладывают с небольшим уклоном в сторону движения газа, а буферную емкость снабжают в нижней части спускной трубой с краном для систематического удаления водяного конденсата и масла. Паропроводы снабжают конденсатоотводчиками, которые позволяют предотвратить возникновение гидравлических ударов и пробок. Во избежание возникновения напряжений от тепловых деформаций, особенно в наземных газопроводах, устраивают специальные компенсаторы в виде П-образного участка.

Трубопроводы со сжиженными газами прокладывают на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов с горячим рабочим телом, при этом последние изолируют, а трубопроводы с легко замерзающими газами монтируют рядом с паропроводами и трубопроводами горячей воды. Для предотвращения ожогов кислотами и щелочами фланцевые соединения трубопроводов закрывают защитными кожухами. Трубопроводы для транспортирования жидкого и газообразного кислорода периодически, а также после каждого ремонта обезжиривают. Для обезжиривания используют тетрахлорид углерода, трихлорэтилен или тетрахлорэтилен.

Трубопроводы, по которым в зону реакции к аппарату или устройству подается горючее и окислитель, оборудуют специальными устройствами: автоматическими задвижками, обратными клапанами, гидравлическими затворами, огне- и взрывопреградителями. Обратные клапаны препятствуют обратному

ходу потока рабочего тела в случае начала процесса горения и появления противодавления.

5. Компрессорное оборудование

Компрессорные установки объединяют стационарные и передвижные компрессорные станции для получения сжатого воздуха или газа заданных параметров. Безопасность компрессорных установок регламентируется «Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов».

Схема компрессорной установки включает в себя компрессор, привод (компрессора, охладители и влагоотделители, воздухосборники (ресиверы), запорную и предохранительную арматуру, контрольно-измерительные приборы.

Исполнение компрессорных установок зависит от вида и свойств газа, производительности и других факторов.

Основные причины взрывов компрессорных станций для получения сжатого воздуха:

- перегрев стенок компрессора;
- загорание и взрыв паров смазочного масла;
- превышение установленного давления;
- забор загрязненного воздуха;
- отсутствие или неисправность приборов безопасности.

Приборы безопасности предназначены для контроля давления и температуры воздуха, смазочного масла, а также автоматического регулирования давления.

Приборы безопасности:

- манометры;
- термометры;
- автоматические регуляторы давления;
- предохранительные клапаны.

Регулирование величины давления в компрессоре осуществляем автоматически регулятором давления, который при давлении сверх допустимого переводит компрессор на холостой ход. Предохранительные клапаны снижают давление до нормального, выпуская избыток воздуха в атмосферу.

Манометры предусматриваются для контроля давления сжатого воздуха на всех ступенях сжатого воздуха и смазочного масла компрессора.

Термометры для контроля температуры сжатого воздуха и смазочного масла.

Перечень приборов безопасности зависит от типа компрессора.

Для сглаживания пульсаций давления сжатого воздуха между компрессором и магистралью устанавливается воздухохоборник. Воздухохоборник устанавливается вне помещения на открытой ограждаемой площадке. Воздухохоборник оборудуется краном для спуска воды, масла, манометром и предохранительным клапаном. Между воздухохоборником и компрессором — обратный клапан.

Основные меры безопасности при эксплуатации воздушно-компрессорных станций. Все открытые вращающиеся элементы компрессора должны иметь ограждения. Компрессоры и трубопроводы должны быть заземлены. Компрессоры размещаются в отдельных помещениях.

Для смазки цилиндров компрессора используется только специальное компрессорное масло с температурой вспышки 220-240 °С, т.е. больше чем температура сжимаемого воздуха. Применение других масел приводит к испарению и окислению с образованием взрывоопасной смеси.

Воздух для воздушных компрессоров должен быть чистым без примесей пыли, влаги и взрывоопасных паров или твердых частиц. Соблюдение этих требований исключает образование взрывоопасных смесей и зарядов статического электричества.

К обслуживанию компрессорных установок допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие удостоверения на право эксплуатации компрессора.

Интенсивность охлаждения компрессора должна соответствовать условию, при контроле максимальная температура сжимаемого воздуха должна быть не выше 140 °С. Для предупреждения взрыва в случае прекращения подачи охлажденной воды устанавливают автоматическую сигнализацию и блокировку компрессора.

6. Отдельные виды сосудов

Криогенные сосуды предназначены для хранения и транспортировки различных сжиженных газов (криогенных жидкостей). Их выпускают различных типоразмеров по емкости. Эти сосуды маркируются (например, СК-40 – сосуд криогенный вместимостью 40 л). Снаружи их окрашивают серебристой или белой эмалью и посередине наносят отличительную полосу с названием сжиженного газа, находящегося в сосуде. Кроме упомянутых сосудов для хранения

больших количеств сжиженных газов используют стационарные резервуары (объемом до 500 тыс. л), для перевозки – транспортные сосуды (цистерны).

Цистерны – сосуды, постоянно установленные на раме железнодорожного вагона или шасси автомобиля (прицепа) либо других транспортных средств.

Цистерны используются для перевозки больших количеств сжиженного газа и имеют объем до 35 тыс. л. На цистернах наносятся надписи и отличительные полосы, например, аммиак: цвет надписи - черный, цвет полосы - желтый.

Бочки – сосуды цилиндрической формы, которые можно перекатывать с одного места на другое и ставить на торцы без дополнительных опор. Используются для транспортирования и хранения сжиженных газов. Бочки снабжаются вентилями с сифонными трубками и защитным колпаком.

Для предохранения сосудов под давлением используют *предохранительные клапаны*. Принцип действия предохранительного пружинного клапана заключается в следующем: пружина отрегулирована на допустимое давление в сосуде; при давлении пара (газа) выше допустимого пружина сжимается, открывается перепускное отверстие, и излишек давления сбрасывается до тех пор, пока давление в сосуде и усилие пружины не сравняются; предохранительный клапан при полном открытии имеет пропускную способность, которая зависит от площади свободного сечения клапана и максимального давления в сосуде, вида газа и его температуры. Количество и размеры клапанов зависят от типа котла (сосуда). Обычно два клапана - один рабочий, другой - контрольный.

Вопросы

1. Какое оборудование относят к сосудам под давлением?
2. На сколько групп делятся сосуды, работающие под давлением?
3. Каковы причины несчастных случаев при работе с сосудами?
4. Каковы причины аварий при работе с сосудами?
5. Выполнение каких требований обеспечивает безопасность эксплуатации сосудов под давлением?
6. Какая арматура используется при эксплуатации сосудов под давлением?
7. Какие сосуды подлежат регистрации в органах Ростехнадзора?
8. Кто и когда выдает разрешение на ввод в эксплуатацию сосудов, подлежащих регистрации в Ростехнадзоре?
9. Каковы обязанности владельца сосудов, работающих под давлением?
10. Кого допускают к обслуживанию сосудов под давлением?

11. Кто имеет право ремонтировать сосуды под давлением?
12. С какой целью окрашивают сосуды в определенные цвета?
13. Как часто проводят освидетельствование баллонов, работающих под давлением?
14. Относятся ли трубопроводы пара и горячей воды к сосудам под давлением?
15. От чего зависит пробное давление при испытании сосудов?
16. Каковы основные причины взрывов компрессорных станций для получения сжатого воздуха?
17. Относятся ли цистерны и бочки к сосудам под давлением?

Лекция 7

Пожарная безопасность

План

1. Основные понятия, термины и определения.
2. Горение и взрывы.
3. Пожароопасность веществ и материалов.
4. Категорирование помещений и зданий по пожарной и взрывной опасности.
5. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
6. Огнетушащие вещества и средства пожаротушения.

1. Основные понятия, термины и определения

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей, обеспечивается системой предотвращения пожара.

Пожар – это неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей.

Очаг пожара – это место первоначального возникновения пожара.

Системы предотвращения пожара и системы противопожарной защиты в производственных зданиях должны исключить воздействие на работающих опасных факторов пожара (ОФП).

Опасные факторы пожара:

- открытое пламя;
- искры;
- повышенная температура окружающих поверхностей объектов (предметов);
- повышенная температура воздуха в зоне пожара;
- дым;
- токсичные продукты горения;
- пониженное содержание кислорода в зоне пожара;
- отлетающие элементы конструкций при обрушениях зданий и сооружений и взрывах;
- ударная волна при взрывах, вызванных пожаром;
- взрывы.

По масштабу и скорости распространения пожары **могут быть:**

- отдельный пожар (в одном здании или небольшой группе зданий);
- сплошной пожар (одновременное горение большинства зданий и/или сооружений в количестве более 50 % на определенном участке застройки);
- огневой шторм (особая форма пожара при восходящем потоке нагретых продуктов сгорания и наличии быстрого поступления в центр пожара большого количества свежего воздуха, ветер со скоростью 50 км/ч);
- массовый пожар (совокупность отдельных и сплошных пожаров).

Существуют классификации пожаров по месту возникновения, внешним и ряду других признаков.

Нормативная вероятность (Q_B^H) воздействия ОФП не должна быть больше 10^{-6} в год в расчете на одного человека. Безопасность обеспечивает и при соблюдении условия

$$Q_B^P \leq Q_B^H . \quad (7.1)$$

Для зданий, находящихся в эксплуатации расчетная вероятность (Q_B^P) определяется по формуле

$$Q_B^P = 1,5 M (T \cdot M_o), \quad (7.2)$$

где M – число жертв пожара в рассматриваемой однотипной группе зданий за

период времени (T);

M_0 – общее число людей, находящихся в здании.

Для проектируемых зданий по формуле

$$Q_B^p = Q_n (1 - P_{пз}), \quad (7.3)$$

где Q_n – вероятность возникновения пожара в здании;

$P_{пз}$ – вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты.

$$P_{пз} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad (7.4)$$

где n – число технических решений противопожарной защиты в здании;

R_i – вероятность срабатывания i -го решения ($R_i = 0,7 \dots 0,8$).

Вероятность пожара в здании

$$Q_n = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Q_{ni}), \quad (7.5)$$

где n – число помещений в здании;

Q_{ni} – вероятность возникновения в i -м помещении.

Вероятность Q_{ni} рассчитывается по существующим методикам с учетом характеристики среды, источника воспламенения и других факторов.

2. Горение и взрывы

Горение – химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества тепла и обычно свечением.

Процесс горения твердых, жидких и газообразных веществ сравнительно одинаков и состоит из трех стадий: окисления, самовоспламенения и горения.

Из схемы (рис. 7.1) видно, что для возникновения и протекания процесса горения необходимо одновременное наличие трех факторов: горючее вещество, окислитель и источник (импульс) зажигания.

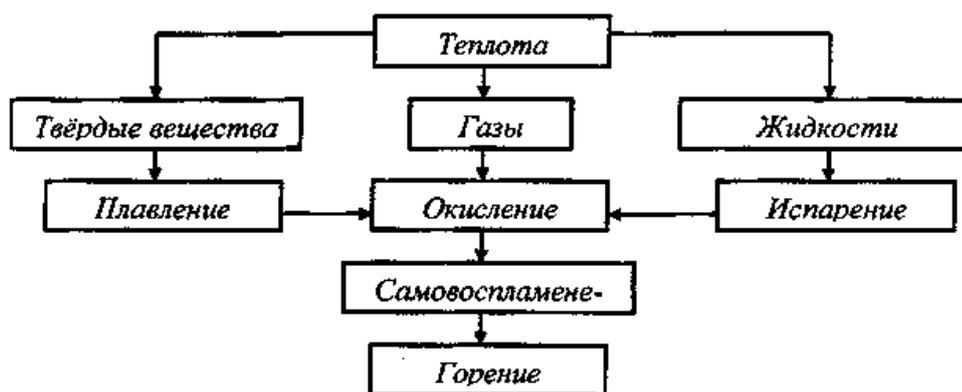


Рис. 7.1. Схема возникновения горения

Горючее вещество – это вещество, способное гореть (уголь, древесина, нефть и т. д.).

Окислителем чаще всего являются кислород воздуха, а также, например, хлор, бром и другие вещества, поддерживающие горение, т. е. все вещества, вступающие в реакцию с горючим веществом. В большинстве случаев окисление осуществляется кислородом воздуха. Горение возможно, когда содержание кислорода в воздухе в пределах 14–18 %, и только некоторые вещества могут гореть при содержании до 10 % (ацетилен, водород и др.).

Источник зажигания – это любой источник теплоты, способной нагреть горючее вещество до определенной температуры (температуры самовоспламенения). Источниками зажигания могут быть искры различного происхождения, нагретые тела, электрические разряды, пламя и другие, обладающие достаточным запасом тепловой энергии.

Горючее вещество и окислитель образуют горючую смесь (систему), а источник зажигания вызывает в ней реакцию горения.

При рассмотрении процесса горения следует разделять его на следующие виды: *вспышка, возгорание, воспламенение, самовоспламенение, самовозгорание и взрыв.*

Вспышка – это быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

Возгорание – возникновение горения под воздействием источника зажигания.

Воспламенение – возгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Самовозгорание – это явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций (химические реакции, протекающие с выделением тепла), приводящие к возникновению горения при отсутствии внешнего источника зажигания.

Самовоспламенение – самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Взрыв – чрезвычайно быстрое химическое (взрывчатое) превращение, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

3. Пожароопасность веществ и материалов

Пожарная опасность веществ оценивается с учетом агрегатного состояния вещества (газы, жидкости, твердые вещества, пыли), температуры вспышки, самовоспламенения и концентрационных пределов воспламенения и другими показателями.

Температура вспышки – минимальная температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные быстро сгорать в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения. По температуре вспышки жидкости подразделяются на горючие (ГЖ) и легковоспламеняющиеся (ЛВЖ). Например, температура вспышки ацетона составляет (+20° С), керосина (+28° С), топливного бензина (–32° С).

Температура самовоспламенения – это самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения. Например, ацетон (+612° С), бензин (+255° С), керосин (+250° С), каменный уголь (+400° С). I

Исходя из температуры самовоспламенения различают горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения, выше температуры окружающей среды; горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения, ниже температуры окружающей среды. Последние называют **самовозгорающимися веществами** (карбид, щелочные металлы, сажа, цинковая пудра и др.)

Самовозгорающиеся вещества делятся на три группы:

- вещества, способные самовозгораться от воздействия воздуха (бурый и каменный уголь, древесные опилки, растительные масла и др.);
- вещества, способные самовозгораться при действии на них воды (карбид кальция, негашеная известь, щелочные металлы и др.);
- вещества, самовозгорающиеся при смешении друг с другом (ацетилен в смеси с хлором, жиры с кислородом и др.).

Взрыв может произойти только при наличии в воздухе определенной концентрации газов, паров, или пыли.

Взрывоопасность горючих веществ характеризуется минимальным (нижний предел) и максимальным (верхний предел) концентрационными пределами воспламенения. Минимальную концентрацию горючих газов и паров в воздухе, способную воспламеняться при поднесении источника зажигания называют *нижним концентрационным пределом воспламенения*. Концентрацию, выше которой воспламенения не происходит, называют *верхним концентрационным пределом воспламенения*. Пределы воспламенения выражают в процентах по объему или массе (мг/м³, г/л).

Взрывоопасность ЛВЖ и ГЖ характеризуют также *температурными пределами воспламенения*. Например, для ацетона нижний предел воспламенения (–20° С), верхний (+6° С); для бензина (–36° С) и (–7° С); для керосина (+15° С) и (+44° С).

Кроме рассмотренных характеристик пожароопасности используются характеристики горючести вещества или материала. По этому признаку они разделяются на горючие, трудногорючие и негорючие. Например, трудносгораемые способны возгораться и гореть только при постоянном наличии источника зажигания, но неспособные гореть после его удаления. Негорючие – не горят.

4. Категорирование помещений и зданий по пожарной и взрывной опасности

Все помещения, согласно нормам пожарной безопасности НПБ по пожарной и взрывной опасности, подразделяются на пять категорий: А, Б, В1-В4, Г и Д (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Категории помещений и зданий по пожарной и взрывной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
1	2
А (взрывопожарная)	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при вос-

	пламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа

Окончание таблицы 7.1

1	2
В1-В4 (Пожароопасные)	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещение, в котором они имеются в наличии или обращении, не относится к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Категории помещений определяются путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от высшей (А) к низшей (Д). Категорию здания определяют согласно следующим рекомендациям:

– здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % всех помещений, или 200 м². В случае оборудования помещений установками автоматического пожаротушения допускается не относить к категории А здания и сооружения, в которых данные помещения категории А менее 25 % (но не более 1000 м²);

– к категории Б относят здания и сооружения, если они не относятся к категории А и суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5%

суммарной площади всех помещений, или 200 м², допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категории А и Б в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудуют установками автоматического пожаротушения;

– здание относится к категории В, если оно не относится к категории А или Б и суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5% (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений. В случае оборудования помещений категории А, Б и В установками автоматического пожаротушения допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категории А, Б и В не превышает 25% (но не более 3500 м²) суммарной площади всех размещенных в нем помещений;

– если здание не относится к категориям А, Б и В и суммарная площадь помещений А, Б, В и Г превышает 5 % суммарной площади всех помещений, то здание относится к категории Г; допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²), а помещения категорий А, Б, В и Г оборудуют установками автоматического пожаротушения;

– здания, не отнесенные к категориям А, Б, В и Г, относят к категории Д.

Категорирование помещений и производств применяют для установления нормативных требований пожарной безопасности в отношении планировки, плотности застройки, этажности, размещения помещений, выбора материалов, строительных конструкций, инженерных мероприятий и других мер пожарной безопасности.

5. Пожарная безопасность зданий и сооружений

Общие положения

Пожарная безопасность зданий и сооружений достигается комплексом организационно-технических мер.

При проектировании в зданиях должны быть предусмотрены конструктивные, объемно-планировочные и инженерно-технические решения, обеспечивающие в случае пожара:

– возможность эвакуации людей из здания;

- возможность доступа личного состава пожарных подразделений и подачи средств пожаротушения к очагу пожара;
- нераспространение пожара внутри и на рядом стоящие здания.

В процессе эксплуатации необходимо:

- обеспечить содержание здания и работоспособность средств его противопожарной защиты;
- не допускать изменений проектных решений, разработанных в соответствии с действующими нормами.

Пожарно-техническая классификация

Действующие нормы пожарной безопасности зданий и сооружений устанавливают пожарно-техническую классификацию зданий, их элементов и частей, строительных конструкций.

Пожарно-техническая классификация строительных конструкций основывается на разделении их по огнестойкости и пожарной опасности.

Показателем огнестойкости является предел огнестойкости, пожарной опасности – класс пожарной опасности.

Предел огнестойкости – это период времени в минутах от начала испытания до наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний:

- потери несущей способности (R);
- потери целостности (E);
- потери теплоизолирующей способности (J).

Например, потеря несущей способности определяется наличием предельных деформаций или обрушением и обозначается индексом R с указанием времени в минутах – $R120$.

По *пожарной опасности* строительные конструкции подразделяются на четыре класса:

- К0 (непожароопасный);
- К1 (малопожароопасный);
- К2 (умереннопожароопасный);
- К3 (пожароопасный).

Задания, а также части здания подразделяются по *степени огнестойкости* и классам *конструктивной* и *функциональной* пожарной опасности.

Степень огнестойкости здания определяется огнестойкостью строительных конструкций. Предусмотрено деление на четыре степени огнестойкости - I, II, III, IV. Например, для зданий I-й степени огнестойкости, пределы огнестойкости строительных конструкций должны быть не менее: несущие элементы зданий – R120; наружные стены – RE30; перекрытия – REJ60.

Класс *конструктивной* пожарной опасности определяется классом пожарной опасности строительной конструкции. Предусмотрено четыре класса конструктивной пожарной опасности здания: C0, C1, C2, C3. Например для класса C0 класс пожарной опасности строительных конструкций должен быть не ниже: несущие элементы – K0; наружные стены – K0; перекрытия – K0.

По *функциональной* пожарной опасности здания разделяются на классы в зависимости от способа их использования и от того, в какой мере безопасность людей в них, в случае пожара, находится под угрозой, с учетом возраста, физического состояния и других показателей. Предусмотрено деление на пять классов – Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5. Классы делятся на подклассы, например, Ф1.1, Ф1.2 и т. д. К классу Ф5 относятся складские и производственные помещения, к классу Ф4 – учебные заведения, научные и проектные организации.

Противопожарные преграды

Противопожарные преграды предназначены для предотвращения распространения пожара и продуктов горения из помещения с очагом пожара в другие. К противопожарным преградам относятся противопожарные стены, перегородки и перекрытия. Они характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью. Огнестойкость определяется огнестойкостью ее элементов, пожарная опасность - пожарной опасностью ее ограждающей части. Предусмотрено деление на типы – 1, 2, 3, 4. Например, стены типа 1 с REJ150, перекрытия типа 2 с REJ60. Противопожарные преграды 1-го типа должны быть класса КО, 2, 3, 4-го типов допускается класс К1.

Обеспечение безопасности людей при пожаре

Обеспечение безопасности людей при пожаре достигается своевременной и беспрепятственной эвакуацией и спасением людей, которые могут подвергнуться воздействию опасных факторов пожара.

Эвакуация представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей наружу из помещения, а также несамостоятельного пере-

мещения, осуществляемого обслуживающим персоналом по путям эвакуации через эвакуационные выходы.

Выходы являются эвакуационными, если они ведут из помещения первого этажа наружу непосредственно; через коридор; через вестибюль; через лестничную клетку; через коридор и вестибюль; через коридор и лестничную клетку; из помещений любого этажа, кроме первого, непосредственно на лестничную клетку, коридор, имеющих выход на лестницу; в соседние помещения с выходами, кроме первого непосредственно на лестничную клетку, коридор, имеющие выход на лестницу; в соседние помещения с выходами.

Эвакуационными путями являются такие пути, которые непосредственно ведут к эвакуационному выходу.

Эвакуационные пути должны обеспечить эвакуацию людей из здания, в течение необходимого времени эвакуации. Время, в течение которого люди могут выйти из здания, определяют расчетом и называют расчетным. Расчетное время зависит от протяженности эвакуационных путей и скорости людских потоков по отдельным участкам пути (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш).

Расчетное время эвакуации должно быть меньше необходимого времени эвакуации (устанавливается нормативными документами). Необходимое время эвакуации людей из помещений производственных зданий I, II, III степени огнестойкости зависит от категории производства по взрыво- и пожароопасности и объема помещения. Например, для категорий А, Б и объеме помещения до 15 тыс. м³ принимается равным 0,5 мин; для категории В – 1,25 мин; для категории Г, Д – не ограничивается.

Спасение представляет собой вынужденное перемещение людей наружу. Спасение осуществляется самостоятельно или с помощью специально обученного персонала через эвакуационные и аварийные выходы.

Предотвращение распространения и тушение пожара

Предотвращение распространения пожара обеспечивают конструктивные и объемно-планировочные решения; использование для отделки негорючих материалов; снижение взрывопожарной опасности производств; наличие первичных и автоматических средств пожаротушения; наличие связи и сигнализации.

Тушение возможного пожара обеспечивается: устройством пожарных подъездов к зданиям: наличием наружных пожарных лестниц; наличием противопожарного водоснабжения (резервуары, водопровод); размещением на терри-

тории источников водоснабжения; размещением на территории или вблизи объекта подразделений пожарной охраны; реализацией конструктивных и объемно-планировочных решений.

Конструктивные и объемно-планировочные решения противопожарной защиты предусматривают группировку производственных процессов (производств) по признаку одинаковой взрывопожарной опасности (категории А, Б, В, Г, Д). Это позволяет процессы с различной пожарной опасностью разделить вертикальными и горизонтальными противопожарными преградами, что исключает распространение пожара по всему зданию. Не допускается объединять в одном помещении производственные процессы, при которых применяется открытый огонь, с процессами, выделяющими взрывопожароопасные пыли, газы или пары. Более опасные в пожарном отношении производства должны располагаться у наружных стен в одноэтажных зданиях и на верхних этажах многоэтажных зданий.

Основные конструктивные элементы зданий (стены, рамы, колонны, балки, фермы и т. п.) должны иметь требуемые по нормам пределы огнестойкости, классы пожарной опасности.

Огнестойкость строительных конструкций можно повысить путем облицовки материалами с низкой теплопроводностью, окраски специальными огнезащитными красками, пропитки древесины специальными составами (антипирены). Требуемая степень огнестойкости здания в целом должна отвечать категории производства по пожарной опасности, этажности здания и площади пожарных отсеков (часть здания между противопожарными преградами).

При размещении зданий на территории предприятия соблюдается принцип зонирования. При зонировании здания с повышенной пожарной опасностью располагают с подветренной стороны по отношению к другим. Внутривозводские дороги должны обеспечивать беспрепятственный подъезд пожарных автомобилей к зданиям.

Между зданиями предусматриваются противопожарные разрывы, исключаящие распространение пожара с одного здания на другое. Размер разрывов зависит от категории производства и степени огнестойкости здания (I, II, III, IV степень). Например, между зданиями I, II степени противопожарный разрыв – 10 м. Влияние противопожарных разрывов на вероятность распространения пожара составляет при расстоянии 5 м вероятность – 87 %, при 10 м – 66 %, при 90 м – 0 %, при 0 м – 100 %.

К заданиям и сооружениям должны быть предусмотрены подъезды с одной стороны, двух или со всех сторон в зависимости от ширины здания: с одной – при ширине до 18 м; с двух – при ширине 18-100 м; со всех – при ширине более 100 м.

Противопожарный водопровод

На предприятии в целом или в отдельных зданиях предусматривается при наличии необходимых нормативных документов требований.

Противопожарный водопровод любого исполнения должен обеспечивать необходимый (расчетный) расход воды и напор, обеспечивающий высоту и дальность подачи воды. Необходимый расход воды зависит от площади территории предприятия, категории пожарной опасности, степени огнестойкости и объема здания, расчетного числа одновременных пожаров и расчетной продолжительности пожаров.

Пожарная связь и сигнализация

Устройство связи и сигнализации является одним из инженерных решений пожарной безопасности. Системы автоматической пожарной сигнализации предусматриваются для обнаружения пожара и извещения персонала о пожаре и месте его возникновения.

6. Огнетушащие вещества и средства пожаротушения

Огнетушащие вещества

Огнетушащие вещества по способу прекращения горения разделяют:

- на охлаждающие очаг горения (вода, твердая углекислота);
- разбавляющие (снижающие процентное содержание кислорода в очаге горения – углекислый и др. инертные газы, водяной пар);
- изолирующие (изолирующие горящую поверхность от кислорода – вода и воздушно-механическая пена, порошки, песок, растворы);
- ингибирующие (тормозящие химическую реакцию горения – хладоны, порошковые аэрозольные составы).

Вода является основным средством тушения пожаров. Она дешева, доступна, легко подается к месту горения, хорошо сохраняется в течение длительного времени, не обладает токсическими свойствами, эффективна при тушении большинства сгораемых материалов.

Высокая огнетушащая способность воды обуславливается ее значительной теплоемкостью и образованием большого количества пара. Из 1 л воды образуется 1750 л сухого насыщенного пара. Выделяющийся пар вытесняет кислород из зоны горения.

Для тушения пожаров применяется вода в виде сплошных и тонко распыленных струй. Распыленная вода может быть с успехом применена для тушения нефтепродуктов.

Однако вода – не универсальное средство. Со многими веществами, например, со щелочными и со щелочноземельными металлами она вступает в химическую реакцию с выделением водорода, сопровождающуюся значительным выделением тепла. Поэтому в подобных случаях, а также при тушении электроустановок, по причине электропроводности вода не может рекомендоваться в качестве огнетушащего вещества.

Пены являются эффективным средством пожаротушения. Огнетушащие пены подразделяются на химическую и воздушно-механическую. Пены не применяют для тушения щелочных и щелочноземельных металлов и электрооборудования под напряжением.

Двуокись углерода, подаваемая в очаг пожара, может быть в твердом состоянии (углекислый снег), газообразном и аэрозольном. Действие CO_2 на очаг горения основано на разбавлении кислорода в зоне горения. Углекислый снег может быть получен при условии быстрого испарения жидкой углекислоты. Снегообразная углекислота снижает температуру и уменьшает содержание кислорода в зоне горения. Из 1 л твердой кислоты образуется 500 л газа.

В газообразном состоянии диоксид углерода применяют для объемного тушения внутри помещений, заполняя весь объем и вытесняя из него кислород. Углекислота не электропроводна и испаряется, не оставляя после себя следов. Диоксид углерода применяется при тушении электрооборудования, двигателей внутреннего сгорания, при тушении пожаров в хранилищах ценных материалов, в архивах, библиотеках и т. п.

Диоксид углерода нельзя применять как огнетушащее вещество при горении этилового спирта, так как углекислый газ растворяется в нем, а также при горении веществ, способных гореть без доступа воздуха (термит, целлулоид).

Хладоновые составы – это составы с галоидосодержащими углеводородами. Они представляют собой легкоиспаряющиеся жидкости, вследствие чего их относят к газам или аэрозолям. Основными составами, используемыми при

тушении пожаров, являются хладон 125; хладон 318. Эти составы на сегодняшний день являются наиболее эффективными средствами тушения пожаров. Действие их основано на ингибировании химической реакции горения и взаимодействия с кислородом воздуха.

Применяются для тушения электроустановок при практически неограниченных температурах, двигателей внутреннего сгорания и т. п.

Недостатки хладонового состава: токсичность; не эффективен для применения на открытом воздухе; нельзя тушить щелочные и щелочноземельные металлы и кислотосодержащие вещества.

Порошковые составы, к которым относят ПСБ (~ 90 % бикарбоната натрия); Пирант-А (~ 96 % фосфатов и сульфатов аммония); ПХК (~ 90 % хлорида калия); АОС – аэрозолеобразующие составы. Кроме основных составляющих огнетушащих порошков в их состав входят антислеживающие и гидрофобные добавки.

Действие огнетушащих порошков ПСБ-ЗМ и Пирант-А основано на изоляции горячей поверхности от доступа кислорода.

Действие порошковых составов ПХК и АОС заключается в ингибировании химической реакции горения и уменьшении содержания O_2 в зоне горения. АОС используют для тушения в огнетушителях, в генераторах различных типов, как в автономном режиме, так и в автоматических установках аэрозольного пожаротушения.

Они неэффективны при тушении тлеющих материалов и веществ, горящих без доступа кислорода.

Средства пожаротушения

Огнетушители относятся к первичным средствам пожаротушения.

Огнетушитель – это переносное или передвижное устройство для тушения очагов пожара за счет выпуска запасенного огнетушащего вещества. По видам огнетушащего вещества (ОВ) огнетушители подразделяют:

- на водные;
- пенные;
- порошковые;
- газовые (углекислотные и хладоновые);
- комбинированные.

Автоматические установки пожаротушения классифицируются по ряду признаков.

По типу:

- спринклерные;
- дренчерные.

По виду ОТВ:

- водяные;
- пенные;
- газовые;
- аэрозольные;
- порошковые.

По составу тушения:

- объемные;
- площадные;
- локальные.

Спринклерные установки представляют собой разветвленную сеть трубопроводов, расположенных в верхней части помещения, снабженную спринклерами (оросителями). Система постоянно заполнена ОТВ, например водой. Автоматическое включение установки в работу происходит при срабатывании спринклерной головки при возникновении пожара за счет расплавления припоя замка клапана под действием температуры, после чего клапан под действием огнетушащего вещества, находящегося в трубопроводе, открывается и происходит орошение помещения площадью 9...12 м² с одного оросителя.

Дренчерные установки представляют собой разветвленную сеть трубопроводов, расположенных в верхней части помещения, снабженных дренчерами (водораспылителями). Система не заполнена ОТВ.

Дренчерный ороситель по внешнему виду мало отличается от спринклерного; он только не имеет замка. Включение дренчерных автоматических установок осуществляется от побудительной системы с легкоплавкими замками или спринклерами.

Вопросы

1. Что обозначает понятие «пожарная безопасность»?
2. Что обозначает понятие «пожар»?
3. Каковы опасные факторы пожара?
4. Какой принимается нормативная вероятность воздействия опасных факторов пожара в расчете на одного человека в год?

5. Что такое горение, из каких стадий состоит?
6. Какие факторы необходимы для возникновения и протекания процесса горения?
7. Какие виды горения существуют?
8. Чем оценивается пожарная опасность веществ?
9. Как категорируются помещения по пожаро- взрывобезопасности?
10. Как и чем достигается пожарная безопасность зданий и сооружений?
11. Что обозначает понятие «степень огнестойкости»?
12. Для какой цели предназначены противопожарные преграды?
13. Чем обеспечивается безопасность людей при пожаре?
14. Какими средствами предотвращают распространения пожара?
15. Каковы требования к противопожарному водопроводу?
16. Какие огнетушащие вещества применяют при тушении пожара?
17. Как разделяются огнетушители по видам огнетушащего вещества?
18. Чем отличаются друг от друга спринклерные и дренчерные установки пожаротушения?

ЛИТЕРАТУРА

1. Попова Н. П. Производственная санитария и гигиена труда на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Н. П. Попова, К. Б. Кузнецов. – М. : УМЦ ЖДТ, 2013.

2. Кузнецов К. Б. Безопасность жизнедеятельности. В 2 ч. Ч. 1. Безопасность жизнедеятельности на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / К. Б. Кузнецов [и др.]; под. ред. К. Б. Кузнецова. – М. : Маршрут, 2005.

3. Кузнецов К. Б. Безопасность жизнедеятельности на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / К. Б. Кузнецов [и др.] ; под. ред. К. Б. Кузнецова. – М. : Маршрут, 2006.