

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко

*Кафедра безопасности жизнедеятельности
и основы медицинских знаний*

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Производственная санитария и гигиена труда

**Направление подготовки дипломированного специалиста
280000.00 – Безопасность жизнедеятельности**

Специальности:

280101.62 Безопасность жизнедеятельности в техносфере

Курс – 4, семестры – 7,8

Форма обучения – очная

Курс – 4,5, семестр – 8,9,10

Форма обучения – заочная

Тирасполь, 2012

УДК 613(075.8)+658(075.8)

ББК Р124я73

П80

Учебно-методический комплекс. Учебно-методический комплекс дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» для студентов по специальности 280101.62 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» направления подготовки дипломированных специалистов 280000.00 «Безопасность жизнедеятельности» / составители: Т. В. Огнева, А.С. Белявская – Тирасполь, 2012.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» для студентов по специальности 280101.62 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» подготовлен в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта направления подготовки дипломированных специалистов 280000.00 «Техносферная безопасность».

В состав учебно-методического комплекса входят: пояснительная записка; требования к организации учебного процесса, уровню освоения дисциплины; объем дисциплины и виды учебной работы, структура и содержание программы; примерный учебный план программы; контрольные вопросы; учебно-методическое обеспечение дисциплины; содержание курса лекций по дисциплине; приложения.

В учебном плане содержится перечень учебных разделов с указанием объемов времени, отводимых на освоение предметов, включая объемы времени, отводимые на теоретическое и практическое обучение.

В учебной программе дисциплины приводится содержание предмета с учетом требований к уровню освоения студентами системы знаний о производственной санитарии и гигиене труда для решения задач связанных с практическим осуществлением защиты работающих от вредных производственных факторов и обеспечение условий сохранения здоровья и высокой работоспособности человека в процессе труда.

Учебно-методический комплекс может быть рекомендован для студентов различных специальностей при изучении курса «Безопасность жизнедеятельности», «Безопасность труда», для инженерно - технических работников служб охраны труда, для слушателей курсов повышения квалификации

Составители:

Огнева Т.В., ст. преп. кафедры «БЖД и ОМЗ»

Белявская А.С., преподаватель кафедры «БЖД и ОМЗ»

Рецензенты:

Дяговец Е.В., ст. преп. кафедры «БЖД и ОМЗ»

М.И. Кочанжы, гл. методист кафедры профобразования ПГИРО.

Рекомендовано к публикации Научно-методическим советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

Протокол № ____ от _____ 2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование	Стр.
1.	Пояснительная записка	4
2.	Требования к организации учебного процесса	5
3.	Требования к уровню освоения дисциплины	6
4.	Объем дисциплины и виды учебной работы	7
5.	Структура и содержание программы	7
6.	Примерный учебный план программы	8
7.	Вопросы к зачету и экзамену	11
8.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины:	15
	8.1.Рекомендуемая литература	15
	8.2. Средства обеспечения освоения дисциплины	16
9.	Содержание курса лекций по дисциплине	16
10.	Приложение 1. Список принятых сокращений	122
11.	Приложение 2. Основные понятия, термины и определения	123
12.	Приложение № 3. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений	125
13.	Приложение № 4. Наименование учебного и научного лабораторного оборудования	126

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» разработан в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования, направление подготовки дипломированного специалиста 280000.00 – Техносферная безопасность, специальности: 280101.62 Безопасность жизнедеятельности в техносфере, утвержденного приказом Министерства образования Российской Федерации от 02.03.2000 г. № 686.

Курс «Производственная санитария и гигиена труда» входит в блок специальных дисциплин федерального компонента СД.01. На его освоение ГОС ВПО предусматривает 374 часов.

Производственная санитария - это инженерно - техническая дисциплина, задачей которой является практическое осуществление защиты работающих от вредных производственных факторов и обеспечение условий сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Главная задача дисциплины – вооружить обучаемых теоретическими знаниями и практическими навыками защиты работающих от вредных факторов производственной среды для обеспечения сохранения здоровья и работоспособности в процессе труда.

По программе дисциплины предполагается последовательное изучение основ гигиены труда, гигиенической оценки условий труда на производстве, промышленной токсикологии, производственного микроклимата, освещения, защиты от акустических и механических колебаний, электромагнитных, лазерных и ионизирующих излучений.

Требования к условиям реализации программы представлены требованиями к организации учебного процесса, учебно-методическому обеспечению.

Состав учебно-методического комплекса направлен на обеспечение возможности проведения контроля знаний, самостоятельного изучения материала, сдачи зачёта и экзамена.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные группы создаются численностью до 30 человек.

Учет посещаемости занятий, успеваемости и пройденных тем ведется преподавателями в соответствующей учетной документации.

В структуре занятий предусмотрены следующие виды учебной деятельности:

- изучение теоретического материала на лекционных занятиях;
- отработка практических навыков осуществляется на практических и лабораторных аудиторных занятиях.

Теоретическое и практическое обучение проводятся в оборудованных кабинетах с использованием учебно-методических и учебно-наглядных пособий.

Рекомендуются следующие формы контроля текущей успеваемости студентов:

- периодическая проверка конспектов лекций;
- контрольный опрос студентов на лекциях и практических занятиях;
- проверка полноты и качества выполнения заданий на самостоятельное изучение отдельных вопросов и тем по рекомендованной литературе;
- проведение двух контрольных работ (рубежный контроль) в семестре, согласно требованиям ВУЗ;
- зачет практических и лабораторных работ в процессе учебного семестра;
- проведение итогового зачета в седьмом (для з/о – девятом) семестре;
- проведение итогового экзамена в восьмом (для з/о – десятом) семестре.

К итоговой форме контроля студенты допускаются при выполнении Рабочей программы, зачета всех практических и лабораторных работ.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» является изучение:

- вредных факторов современного производства;
- гигиенического нормирования - предельно-допустимых концентраций (ПДК) и предельно-допустимых уровней (ПДУ) воздействия вредных производственных факторов;
- правовой и нормативно- технической документации в области гигиены труда;
- современных коллективных и индивидуальных средств защиты от вредных производственных факторов.

В результате изучения дисциплины « Производственная санитария и гигиена труда » **студент должен:**

- знать требования гигиены труда в отрасли промышленности;
- знать и оценивать источники вредных факторов производственной среды и производственного процесса;
- уметь пользоваться правовой и нормативно - технической документацией в области гигиены труда;
- уметь работать с приборами контроля производственной среды;
- уметь принимать самостоятельные инженерные решения, подтвержденные необходимыми расчетами, по снижению вредного воздействия производственных факторов до ПДК и ПДУ.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 1.

Вид учебной работы	Всего часов д/о (з/о)	Семестры			
		д/о		з/о	
		7	8	8	9
Общая трудоемкость дисциплины	336	170	166	168	168
Аудиторные занятия	168 (56)	86	82	28	28
Лекции	70 (30)	36	34	16	14
Практические занятия (ПЗ)	68 (10)	34	34	4	6
Лабораторные работы	30 (16)	16	14	8	8
Самостоятельная работа	168 (280)	84	84	140	140
Вид итогового контроля	Зачет, Экзамен	зачет	экзамен		зачет (экзамен в 10 –ом семестре)

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа построена по модульному принципу и предполагает практическое выполнение индивидуальных заданий. В ходе обучения обеспечивается индивидуальный подход каждому студенту, в случае необходимости проводятся дополнительные консультации в рамках учебно-тематического плана. Этот подход позволяет повысить продуктивность обучения, а также делает возможным использование разносторонних инновационных методов.

Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2.

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ (или С)	ЛР
1.	Введение	*		
2.	Раздел 1. Санитарное законодательство Российской Федерации	*		
3.	Раздел 2. Гигиеническая оценка условий труда.	*	*	*
4.	Раздел 3. Метеорологические условия.	*	*	*
5.	Раздел 4. Профессиональные заболевания, расследование и учет.	*	*	*
6.	Раздел 5. Защита от вредных веществ и пыли на производстве.	*	*	*

7.	Раздел 6. Производственная вентиляция.	*	*	*
8.	Раздел 7. Производственное освещение.	*	*	*
9.	Раздел 8. Защита от шума, ультразвука и инфразвука.	*	*	
10.	Раздел 9. Защита от вибрации.	*	*	*
11.	Раздел 10. Защита от электромагнитных полей. Безопасность работы на ПК.	*	*	
12.	Раздел 11. Защита от лазерных излучений.	*		
13.	Раздел 12. Защита от ионизирующих излучений.	*		
14.	Раздел 13. Средства индивидуальной защиты.	*	*	

6. ПРИМЕРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРОГРАММЫ

НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ, ВИДЫ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ И КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ,
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ НА ОТРАБОТКУ ТЕМ

ЛЕКЦИИ – 70* час, ПРАКТИЧЕСКИЕ (ПЗ) -68* час, ЛАБОРАТОРНЫЕ (ЛР) – 30* час

№№ тем	Наименование тем	Виды учебных занятий	Кол-во часов
1.	Введение	Лекция	2
2.	Тема 2. Санитарное законодательство	Лекция	2
3.	Тема 3. Гигиеническая оценка труда	Лекция	4
4.	Тема 4. Метеорологические условия труда	Лекция	4
5.	Тема 5. Профессиональные заболевания, расследование и учет	Лекция	4
6.	Тема 6. Защита от вредных веществ на производстве	Лекция	4
7.	Тема 7. Защита от пыли на производстве	Лекция	4
8.	Тема 8. Производственная вентиляция	Лекция	4
9.	Тема 9. Производственное освещение	Лекция	4
10.	Тема 10. Акустические колебания слышимого диапазона (шум), инфразвук, ультразвук	Лекция	4
11.	Тема 11. Защита от шума, ультразвука и инфразвука	Лекция	4
12.	Тема 12. Защита от вибрации	Лекция	4

№№ тем	Наименование тем	Виды учебных занятий	Кол-во часов
13.	Тема 13. Электромагнитные поля и излучения	Лекция	4
14.	Тема 14. Защита от электромагнитных полей и излучений	Лекция	4
15.	Тема 15. Защита от лазерных излучений	Лекция	4
16.	Тема 16. Защита от ионизирующих излучений	Лекция	2
17.	Тема 17. Средства индивидуальной защиты	Лекция	4
18.	Хронометражные методы исследования динамики работоспособности	ПЗ	4
19.	Микроклимат производственных помещений	ПЗ	6
20.	Показатели здоровья. Анализ профессиональной заболеваемости	ПЗ	6
21.	Производственное освещение, источники света и осветительные приборы	ПЗ	6
22.	Определение расчетных расходов воздуха в системах вентиляции	ПЗ	8
23.	Расчет вентиляции	ПЗ	8
24.	Производственный шум, вибрация, ультразвук, инфразвук	ПЗ	8
25.	Выбор и расчет средств защиты от шума	ПЗ	8
26.	Неионизирующие электромагнитные излучения и поля	ПЗ	8
27.	Безопасность работы на ПЭВМ	ПЗ	4
28.	Гигиеническая оценка условий труда на конкретном рабочем месте	ЛБ	4
29.	Расследование случая профессионального заболевания с идентификацией вредных производственных факторов	ЛБ	2
30.	Токсикологическая характеристика вредного вещества (ПДК, класс опасности, действие на человека при разных концентрациях, средства индивидуальной защиты)	ЛБ	2
31.	Расчет защиты временем при работе в условиях повышенной запыленности	ЛБ	2
32.	Выбор и расчет средств очистки выбросов в атмосферу	ЛБ	4
33.	Расчет системы отопления производственных зданий	ЛБ	4
34.	Расчет потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции	ЛБ	2
35.	Расчет естественного освещения	ЛБ	2

№ тем	Наименование тем	Виды учебных занятий	Кол-во часов
36.	Расчет искусственного освещения	ЛБ	4
37.	Расчет средств защиты от вибрации	ЛБ	4
38.	Гигиена труда женщин и подростков	самостоятельно	10
39.	Защита от инфракрасного и ультрафиолетового облучения	самостоятельно	6
40.	Государственные и отраслевые стандарты на допустимые вибрационные характеристики конкретных машин.	самостоятельно	4
41.	Приборы и методы контроля токсичных веществ в воздухе рабочей зоны	самостоятельно	6
42.	Принцип действия и расчет средств глушения шума	самостоятельно	4
43.	Неионизирующие электромагнитные излучения и поля естественного происхождения, биологическое действие гипогеомагнитного поля, принципы нормирования, требования к контролю	самостоятельно	6
44.	Статические электрические поля, область применения, биологическое действие, нормирование, требования к контролю, меры защиты и профилактики	самостоятельно	6
45.	Постоянные магнитные поля, область применения, биологическое действие, нормирование, требования к контролю, меры защиты и профилактики	самостоятельно	6
46.	Электрические поля промышленной частоты, область применения, биологическое действие, нормирование, требования к контролю, меры защиты и профилактики	самостоятельно	6
47.	Назначение и классификация производственной вентиляции	самостоятельно	6
48.	Кондиционирование воздуха: сущность процесса, аппаратное оформление.	самостоятельно	4
49.	Производственное освещение	самостоятельно	6
50.	Источники света и осветительные приборы	самостоятельно	4
51.	Акустические колебания слышимого диапазона (шум), инфразвук, ультразвук	самостоятельно	6
52.	Контроль шумовых характеристик машин, методы определения шумовых характеристик	самостоятельно	6
53.	Защита от шума, ультразвука и инфразвука	самостоятельно	6
54.	Защита от вибрации	самостоятельно	6

№№ тем	Наименование тем	Виды учебных занятий	Кол-во часов
55.	Электромагнитные поля и излучения (неионизирующие излучения)	самостоятельно	6
56.	Защита от электромагнитных полей и излучений	самостоятельно	4
57.	Защита от лазерных излучений	самостоятельно	4
58.	Защита от ионизирующих излучений	самостоятельно	4
59.	Организационные основы управления производственной санитарией и гигиеной труда	самостоятельно	10
60.	Средства индивидуальной защиты человека от вредных веществ	самостоятельно	10
61.	Принципы и средства коллективной защиты человека от вредных веществ и пыли	самостоятельно	10
62.	Профессиональные заболевания, расследование и учет	самостоятельно	4
63.	Гигиеническая оценка условий труда	самостоятельно	4
64.	Законы, регулирующие отношения в области охраны здоровья людей	самостоятельно	10
65.	Микроклимат производственных помещений	самостоятельно	2
66.	Безопасность работы на ПЭВМ	самостоятельно	2
67.	Итоговая форма контроля	зачет, экзамен	

*Количество часов для з/о указаны в Рабочей программе.

7. ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ И ЭКЗАМЕНУ

1. Основные понятия производственной санитарии и гигиены труда.
2. Характеристика и источники вредных и опасных производственных факторов.
3. Законодательные акты по производственной санитарии и гигиене труда; подзаконные акты.
4. Нормативные правовые акты в области производственной санитарии и гигиены труда.
5. Надзор и контроль за соблюдением санитарного законодательства.
6. Гигиена труда женщин и подростков
7. Виды трудовой деятельности, энергозатраты при различных видах деятельности.
8. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, классификация условий труда.
9. Динамика работоспособности в процессе трудовой деятельности.
10. Рекомендации по поддержанию высокого уровня работоспособности.

11. Понятие о микроклимате производственного помещения.
12. Механизмы терморегуляции человека.
13. Теплообмен между организмом человека и окружающей средой; уравнение теплового баланса "человек - окружающая среда».
14. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата, понятие оптимальных и допустимых параметров.
15. Влияние параметров микроклимата на здоровье и работоспособность человека,
16. Основные способы нормализации микроклимата.
17. Приборы контроля параметров микроклимата.
18. Понятие профессионального заболевания.
19. Классификация профессиональных заболеваний по этиологическому признаку.
20. Основные типы заболеваний: органов дыхания, виброблезнь, заболевания опорно-двигательной системы.
21. Профессиональные заболевания, расследование и учет.
22. Вредные вещества и их классификация.
23. Факторы, определяющие действие вредных веществ на человека; комбинированное действие вредных веществ.
24. Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
25. Средства коллективной и индивидуальной защиты от вредных веществ.
26. Методы измерения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
27. Производственная пыль, пылевая патология и ее профилактика.
28. Методы определения запыленности воздуха.
29. Понятие пылевой нагрузки среды и контрольной пылевой нагрузки среды.
30. Очистка воздуха от пыли и вредных химических веществ.
31. Назначение и классификация производственной вентиляции.
32. Естественная вентиляция: аэрация и дефлекторы; принципы расчета и конструктивное выполнение.
33. Механическая вентиляция; расчет вентиляционного воздухообмена, требования к вентиляционным системам.
34. Основные элементы установок приточной механической вентиляции - воздухоприемные устройства, воздухонагревающие устройства, калориферы, устройства для увлажнения воздуха, и др.
35. Местная приточная вентиляция.
36. Воздушные души, воздушные завесы.

37. Основные элементы установок механической вытяжной вентиляции: местные отсосы (закрытые, полуоткрытые, открытые), условия, повышающие эффективность действия отсосов.
38. Кондиционирование воздуха: сущность процесса, аппаратное оформление. Влияние света на здоровье человека и его работоспособность.
39. Требования к производственному освещению.
40. Системы и виды производственного освещения.
41. Естественное освещение: выбор системы естественного освещения; принципы гигиенического нормирования естественного освещения;
42. Искусственное освещение: виды искусственного освещения по функциональному назначению; принципы гигиенического нормирования искусственной освещенности, общие и отраслевые нормы.
43. Цветовое оформление производственного помещения.
44. Источники (оборудование и процессы) акустических колебаний на производстве.
45. Классификация акустических колебаний, физические характеристики и единицы измерения.
46. Последствия негативного воздействия шума на организм человека.
47. Гигиеническое нормирование, приборы и методы контроля акустических колебаний на производстве.
48. Средства и методы защиты от шума
49. Средства индивидуальной защиты от шума.
50. Особенности защиты от инфра- и ультразвука.
51. Контроль шумовых характеристик машин, методы определения шумовых характеристик.
52. Нормируемые значения шумовых характеристик отдельных видов оборудования, указанных в отраслевых и государственных стандартах.
53. Основные сведения о вибрации, физические характеристики вибрации; источники вибрации на производстве.
54. Последствия негативного воздействия вибрации на организм человека; приборы и методы контроля.
55. Методы и средства защиты от производственной вибрации, средства индивидуальной защиты.
56. Контроль вибрационных характеристик машин: виды вибрационных характеристик, приборы и методы измерения.
57. Основные характеристики электромагнитного поля (ЭМП).
58. Классификация электромагнитных полей; источники ЭМП на производстве.

59. Воздействие электромагнитных полей на организм человека.
60. Гигиеническое нормирование электромагнитных излучений (ЭМИ), методы контроля и средства защиты от электромагнитных полей.
61. Статические электрические поля, область применения, биологическое действие, нормирование, требования к контролю, меры защиты и профилактики.
62. Постоянные магнитные поля, область применения, биологическое действие, нормирование, требования к контролю, меры защиты и профилактики
63. Электрические поля промышленной частоты, область применения, биологическое действие, нормирование, требования к контролю, меры защиты и профилактики
64. Общие принципы и методы защиты от ЭМП и ЭМИ.
65. Защита от переменных электромагнитных полей и излучений.
66. Защита от постоянных электрических и магнитных полей.
67. Защита от инфракрасного (теплого) излучения.
68. Природа, особенности и источники лазерного излучения.
69. Основные характеристики лазерных излучений; классификация лазеров.
70. Воздействие лазерных излучений на организм человека и гигиеническое нормирование.
71. Средства и методы защиты от лазерных излучений.
72. Природа и виды ионизирующих излучений; источники ионизирующих излучений.
73. Биологическое действие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду.
74. Гигиеническое нормирование ионизирующего излучения, дозы и пределы облучения.
75. Защита от ионизирующих излучений (радиации).
76. Ликвидация радиоактивных отходов.
77. Дозиметрический контроль.
78. Роль средств индивидуальной защиты в профилактике травматизма и заболеваний.
79. Классификация средств индивидуальной защиты.
80. Средства защиты: глаз, головы, органов слуха, органов дыхания; спецодежда и спецобувь, защитные перчатки и защитные дерматологические средства.
81. Личная гигиена на производстве.
82. Организация медико-санитарного обслуживания, обеспечение работников средствами индивидуальной защиты.

83. Санитарно-гигиенические требования к планировке предприятия и организации производства.
84. Организационные основы управления производственной санитарией и гигиеной труда.

8. УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1.Рекомендуемая литература.

а) основная литература

- 1.Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. Под общей ред. С.В. Белова. –М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
2. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: учебное пособие для ВУЗов – 2-е изд., перер. И доп. – М.; Высш. Шк., 2007 – 382с.
3. Кученко Г.Н., Кашкова И.А. Производственная санитария и гигиена труда. М.: Высшая школа, 1990 ,- 250 с.
4. Руководство. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль. Т.1, Т.2. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Куралесина Н.А. М.: Медицина, 1999

б) дополнительная литература

1. Оксенгендлер Г.И. Яды и организм. СПб . : Наука, 1991, - 320 с.
2. Основы радиационной безопасности в жизнедеятельности человека. Под ред. Лапина В.Л. Курск . : Курск ГТУ, 1995,-143 с.
3. Реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов. Справочник в 2 томах. Под ред. Бирюкова Б.В. М.: Госстандарт , 1991,-т.1-350 с., т.2 - 367 с.
4. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. М.: Медицина , 1988 ,-556с.
- 5.Безопасность и охрана труда. Учебное пособие для вузов. Под ред. Русака О.Н. СПб.: МАНЭБ, 2001, -279 с.

8.2. Средства обеспечения освоения дисциплины.

- 1.Видеофильмы и плакаты.
2. Современные приборы измерения параметров микроклимата.
3. Современные приборы контроля токсичных газов.
4. Современные приборы измерения виброакустических колебаний.
5. Современные приборы измерения электромагнитных полей и излучений.
- 6.Натуральные образцы индивидуальных средств защит: костюмы, перчатки, дыхательные аппараты, маски, очки.
7. Проектор и слайды с основными таблицами, рисунками и расчетными формулами.
- 8.Персональные компьютеры.
9. Приборы для измерения параметров микроклимата, концентрации вредных веществ и пыли, электромагнитных полей и излучений. (Приложение № 4).

9. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Введение

Целью преподавания дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» является изучение:

- вредных факторов современного производства;
- гигиенического нормирования - предельно-допустимых концентраций (ПДК) и предельно-допустимых уровней (ПДУ) воздействия вредных производственных факторов;
- правовой и нормативно- технической документации в области гигиены труда;
- современных коллективных и индивидуальных средств защиты от вредных производственных факторов.

В результате изучения дисциплины « Производственная санитария и гигиена труда » **студент должен:**

- знать требования гигиены труда в отрасли промышленности;
- знать и оценивать источники вредных факторов производственной среды и производственного процесса;

- уметь пользоваться правовой и нормативно - технической документацией в области гигиены труда;
- уметь работать с приборами контроля производственной среды;
- уметь принимать самостоятельные инженерные решения, подтвержденные необходимыми расчетами, по снижению вредного воздействия производственных факторов до ПДК и ПДУ.

Улучшение условий труда работающих является важной государственной социально-экономической задачей.

Вредные условия труда снижают эффективность использования трудовых ресурсов, существенно уменьшая производительность труда, приводят к профессиональным заболеваниям работающих и, в конечном итоге, влияют на состояние здоровья настоящего и будущих поколений. Производственная санитария - это система организационных, санитарно-гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов до значений, не превышающих допустимые. (ГОСТ 12.0.002-80. ССБТ. Термины и определения)

Здоровье, в соответствии с Уставом Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)¹, - это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических недостатков.

Тем не менее, между производственной санитарией и гигиеной труда имеются определенные различия.

Гигиена труда — это область профилактической медицины, изучающая влияние факторов производственной среды на функциональное состояние организма человека и условия сохранения здоровья на производстве.

Гигиена труда устанавливает гигиенические нормативы, которые служат нормативной базой производственной санитарии.

Производственная санитария - это инженерно - техническая дисциплина, задачей которой является практическое осуществление защиты работающих от вредных производственных факторов и обеспечение условий сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда

Истоки формирования гигиены труда уходят в древние времена. Еще до нашей эры ученые и врачи наблюдали болезни, которые возникали у рабочих разных профессий. В древнегреческой и римской литературе (VI - IV век до н.э.)

¹Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ или Who - The World Health Organization) специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, основано 7 апреля 1948 г., когда 26 государств - членов ООН, в том числе СССР, ратифицировали устав ВОЗ. Целью ВОЗ (ст.1 устава) является «достижение всеми народами возможно наивысшего уровня здоровья». В настоящее время членами ВОЗ являются 191 государство

в трудах Аристотеля и Лукреция приводятся случаи тяжелой болезни рабочих серебряных рудников. Овидий и Плутарх описали картину тяжелого труда, приводившего к ранней смерти металлургов и кожевенников.

В трактате М.В Ломоносова «Первые основания металлургии или рудных дел», изданном в 1763 г., были освещены вопросы организации труда и отдыха «горных людей» и сформулированы принципы профилактики заболеваний: «несравненно легче настоящее здоровье соблюсти, нежели потерянное восстановить»

Современный период развития гигиены труда и производственной санитарии характеризуется созданием стройной системы санитарного законодательства, гигиенического нормирования предельно допустимых концентраций и предельно допустимых уровней воздействия вредных производственных факторов, разработкой более совершенных средств коллективной и индивидуальной защиты работающих.

Производственная среда – пространство (часть техносферы), в котором совершается трудовая деятельность человека, и обладающая повышенной концентрацией негативных факторов. Основными носителями травмирующих и вредных факторов в производственной среде являются машины и другие технические устройства, химически активные предметы труда, источники энергии, нерегламентированные действия работающих, нарушения режимов и организации деятельности, а также отклонения от допустимых параметров микроклимата рабочей зоны.

Опасные и вредные производственные факторы подразделяют (в соответствии с ГОСТ 12.0.002-02) на физические химические, биологические и психофизиологические. Физические факторы - движущиеся машины и механизмы, повышенные уровни шума и вибраций, электромагнитных и ионизирующих излучений недостаточная освещенность, повышенный уровень статического электричества, повышенное значение напряжения в электрической цепи и другие; химические - вещества и соединения, различные по агрегатному состоянию и обладающие токсическим, раздражающим, сенсibiliзирующим, канцерогенным и мутагенным воздействием на организм человека и влияющие на его репродуктивную функцию; биологические - патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы и др.) и продукты их жизнедеятельности, а также животные и растения; психофизиологические — физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Тема №2. Санитарное законодательство

Санитарное законодательство представляет собой совокупность законов, регулирующих отношения в области охраны здоровья людей от неблагоприятного или опасного влияния факторов среды обитания.

Наибольшей юридической силой обладают законы: Конституция, Трудовой кодекс, Федеральные законы «Об основах охраны труда в Российской Федерации», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «О социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» и др.

Конституция является Основным законом нашей страны и обладает высшей юридической силой. Юридически более значимыми являются только признанные нормы международного права. Конституция РФ (ПМР) содержит ряд статей, имеющих непосредственное отношение к производственной санитарии и гигиене труда.

К подзаконным актам относятся указы Президента, постановления Правительства, решения судов и арбитражных судов, постановления министерств и ведомств, нормативные акты, издающиеся исполнительными органами власти в пределах своей компетенции.

Ниже приведен перечень видов нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования к производственной санитарии и гигиене труда.

- Государственные стандарты системы стандартов безопасности труда (ГОСТ Р ССБТ);
- Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (санитарные правила (СП), гигиенические нормативы (ГН), санитарные правила и нормы (СанПиН), санитарные нормы (СН);
- Строительные нормы и правила (СНиП), своды правил по проектированию и строительству (СП);
- Межотраслевые правила по охране труда (ПОТ Р М), межотраслевые инструкции по охране труда (ТИ Р М),
- Отраслевые правила по охране труда (ПОТ Р О), типовые инструкции по охране труда (ТИ Р О).

Система стандартов безопасности Система стандартов безопасности труда (ССБТ) - одна из систем государственной системы стандартизации. Шифр (номер) этой системы - 12. Система разделена на 10 подсистем от 0 до 9. Наибольшее значение ДЛЯ производственной санитарии имеют стандарты подсистемы 1 и подсистемы 4.

Стандарты подсистемы 1 устанавливают требования по видам опасных и

вредных производственных факторов и предельно допустимые значения их параметров, методы и средства защиты работающих от их воздействия, методы контроля уровня этих факторов.

Стандарты подсистемы 4 устанавливают защиты работающих, необходимые конструктивные, эксплуатационные, защитные и гигиенические свойства средств защиты в зависимости от действующих опасных и вредных производственных факторов, а также методы контроля и оценки средств защиты.

Следует отметить, что в последние годы выпущен ряд документов Минздрава РФ (СанПиН, СН и т.д.) которые, с одной стороны, в какой-то степени дублируют Стандарты, а с другой стороны, содержат определенные дополнения и уточнения

Государственные нормативные требования в области производственной санитарии и гигиены труда утверждаются сроком на 5 лет и могут быть продлены не более чем на два срока.

За соблюдением санитарного законодательства осуществляются следующие виды надзора и контроля: государственный, ведомственный, общественный.

Государственный надзор и контроль осуществляют специально уполномоченные на то службы и агентства, а именно: департамент санитарно-эпидемиологического надзора в составе Минздрава России (Госсанэпиднадзор), Федеральная служба по труду и законности (Роструд), Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование) и др. Государственный надзор за точным и единообразным исполнением законов о труде осуществляет Генеральный прокурор и подчиненные ему органы прокуратуры. Министерства и ведомства осуществляют ведомственный контроль на подчиненных им предприятиях. Общественный контроль осуществляют профсоюзы или уполномоченные общественные санитарные инспекторы на предприятиях, учреждениях, организациях.

Тема № 3. Гигиеническая оценка условий труда

Многообразные формы трудовой деятельности делятся на физический и умственный труд. В современной трудовой деятельности человека объем чисто физического труда незначителен. В соответствии с существующей физиологической классификацией трудовой деятельности различают физический труд, механизированные формы физического труда в системе «человек — машина» и умственный труд.

В соответствии с ГОСТ 12.0.002-02 различают 4 группы опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ):

- физические, включающие микроклиматические параметры, все виды излучений, виброакустические характеристики рабочего места, движущие машины и механизмы и т.д.;
- химические, включающие опасные химические вещества и их соединения;
- биологические, куда отнесены патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии и др.) и продукты их жизнедеятельности;
- психофизиологические.

В соответствии с гигиенической классификацией труда (Р.2.2.013 - 94) условия труда подразделяются на 4 класса: 1— оптимальные; 2 - допустимые; 3—вредные (делятся на 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 степени); 4—опасные (экстремальные) (рис.1.).

Условия труда - это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Оптимальные (комфортные) условия труда (1 класс) – такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Оптимальные (комфортные) условия труда (1 класс) – такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на

состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые условия труда относят к безопасным.

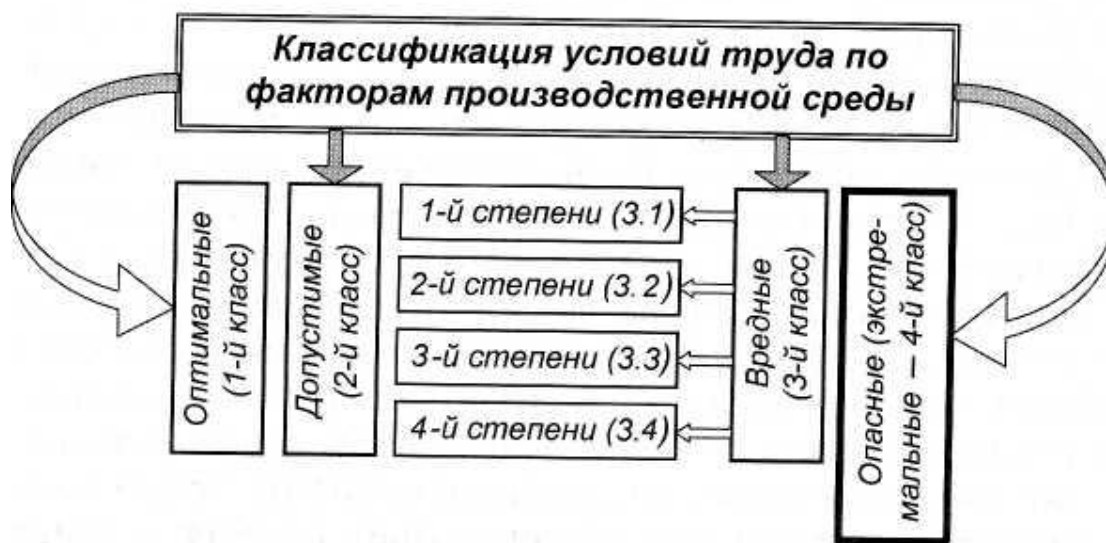


Рис. 1. Классификация условий труда.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и/или его потомство. По степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих подразделяются 4 степени вредности:

- 1 степень 3 класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения организма, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном, чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

- 2 степень 3 класса (3.2) – уровни вредных факторов, вызывающих стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 лет и более);

— 3 степень 3 класса (3.3.) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (производственно-обусловленной) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

— 4 степень 3 класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени зависит от предмета и орудий труда, работоспособности организма, организации рабочего места, гигиенических факторов производственной среды, трудового обучения.

Работоспособность — величина функциональных возможностей организма человека, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время.

Работоспособность создается в результате происходящих в организме процессов в нервной системе, двигательном аппарате, органах дыхания и кровообращения, которые определяют потенциальные возможности человека выполнять конкретную работу при заданных режимах. При непрерывной работе мышцы, нервные клетки и различные органы должны расходовать только определенное количество энергии, на превышающее ее предела работоспособности. Когда расход превышает этот предел, работоспособность падает.

Во время трудовой деятельности работоспособность организма закономерно изменяется по суточному ритму. В течение суток организм по-разному реагирует на физическую и нервно-психологическую нагрузку. В соответствии с суточным циклом организма наивысшая работоспособность отмечается в утренние (с 8 до 12 ч) и дневные (с 14 до 17) часы. В дневное время наименьшая работоспособность, как правило, отмечается в период между 12 и 14 ч, а в ночное время – с 3 до 4 ч., достигая своего минимума. С учетом

этих закономерностей определяют сменность работы предприятий, начало и окончание работы в сменах, перерывы на отдых и сон.

Изменение работоспособности в течение рабочей смены имеет несколько фаз:

- фаза вработывания, или нарастающей работоспособности; в этот период уровень работоспособности постепенно повышается по сравнению с исходным; в зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека этот период длится от нескольких минут до 1,5 ч, а при умственном творческом труде — до 2...2,5 ч;

- фаза высокой устойчивости работоспособности; для нее характерно сочетание высоких трудовых показателей с относительной стабильностью или даже некоторым снижением напряженности физиологических функций; продолжительность этой фазы может составлять 2...2,5 ч и более в зависимости от тяжести и напряженности труда;

- фаза снижения работоспособности, характеризующаяся уменьшением функциональных возможностей основных работающих органов человека и сопровождающаяся чувством усталости.

Чередование периодов труда и отдыха в течение недели должно регулироваться с учетом динамики работоспособности. Наивысшая работоспособность приходится на 2, 3 и 4-й день работы, в последующие дни недели она понижается, падая до минимума в последний день работы. В понедельник работоспособность относительно понижена в связи с вработываемостью.

Оптимальная поза человека в процессе трудовой деятельности обеспечивает высокую работоспособность и производительность труда. Неправильное положение тела на рабочем месте приводит к быстрому возникновению статической усталости, снижению качества и скорости выполняемой работы, а также снижению реакции на опасности. Нормальной рабочей позой следует считать такую, при которой работник не требуется наклоняться вперед больше чем на 10... 15°; наклоны назад и в стороны нежелательны; основное требование к рабочей позе - прямая осанка.

Выбор рабочей позы зависит от мышечных усилий во время работы точности и скорости движений, а также от характера выполняемой работы. При усилиях не более 50 Н можно выполнять работу сидя 50...100 Н с одинаковым физиологическим эффектом как стоя, так и сидя, более 100 Н желательно работать стоя.

Работая стоя целесообразнее при необходимости постоянных передвижений, связанных с настройкой и наладкой оборудования. Она создает максимальные возможности для обзора и свободных движений. Однако при

работе стоя повышается нагрузка на мышцы нижних конечностей, повышается напряжение мышц в связи с высоким расположением центра тяжести и увеличиваются энергозатраты на 6...10 % по сравнению с позой сидя. Работа в позе сидя более рациональна и менее утомительна, так как уменьшается высота центра тяжести над площадью опоры, повышается устойчивость тела, снижается напряжение мышц, уменьшается нагрузка на сердечно-сосудистую систему. В положении сидя обеспечивается возможность выполнять работу, требующую точность движения. Однако и в этом случае могут возникать застойные явления в органах таза, затруднение работы органов кровообращения и дыхания.

Смена позы приводит к перераспределению нагрузки на группы мышц, улучшению условий кровообращения, ограничивает монотонность. Поэтому, где это совместимо с технологией и условиями производства, необходимо предусматривать выполнение работы как стоя, так и сидя с тем, чтобы рабочие по своему усмотрению могли изменять положение тела.

При организации производственного процесса следует учитывать антропометрические и психофизиологические особенности человека, его возможности в отношении величины усилий, темпа и ритма выполняемых операций, а также анатомо-физиологические различия между мужчинами и женщинами.

На формирование рабочей позы в положении сидя влияет высота рабочей поверхности, определяемая расстоянием от пола до горизонтальной поверхности, на которой совершаются трудовые движения. Высоту рабочей поверхности устанавливают в зависимости от характера, тяжести и точности работ. Оптимальная рабочая поза при работе обеспечивается также конструкцией стула: размерами, формой, площадью и наклоном сиденья, регулировкой по высоте. Основные требования к размерам и конструкции рабочего стула в зависимости от вида выполняемых работ приведены в ГОСТ 12.2.032—78 и ГОСТ 21998-76.

Существенное влияние на работоспособность оператора оказывает правильный выбор типа и размещения органов и пультов управления машинами и механизмами. При компоновке постов и пультов управления необходимо знать, что в горизонтальной плоскости зона обзора без поворота головы составляет 120°, с поворотом — 225°; оптимальный угол обзора по горизонтали без поворота головы — 30—40° (допустимый 60°), с поворотом — 130°. Допустимый угол обзора по горизонтали оси зрения составляет 130°, оптимальный — 30° вверх и 40° вниз.

Приборные панели следует располагать так, чтобы плоскости лицевых частей индикаторов были перпендикулярны линиям взора оператора, а

необходимые органы управления находились в пределах досягаемости. Наиболее важные органы управления следует располагать спереди и справа от оператора. Максимальные размеры зоны досягаемости правой руки — 70...110 см. Глубина рабочей панели не должна превышать 80 см. Высота пульта, предназначенного для работы сидя и стоя, должна быть 75...85 см. Панель пульта может быть наклонена к горизонтальной плоскости на 10...20°, наклон спинки кресла при положении сидя 0... 10°.

Для лучшего различения органов управления они должны быть разными по форме и размеру, окрашиваться в разные цвета либо иметь маркировку или соответствующие надписи. При группировке нескольких рычагов в одном месте необходимо, чтобы их рукоятки имели различную форму. Это позволяет оператору различать их на ощупь и переключать рычаги, не отрывая глаз от работы.

Периодическое чередование работы и отдыха способствует сохранению высокой устойчивости работоспособности. Различают две формы чередования периодов труда и отдыха на производстве: введение дневного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных регламентированных перерывов. Оптимальную длительность обеденного перерыва устанавливают с учетом удаленности от рабочих мест санитарно-бытовых помещений, столовых, организации раздачи пищи. Продолжительность и число кратковременных перерывов определяют на основе наблюдений за динамикой работоспособности, учета тяжести и напряженности труда.

При выполнении работы, требующей значительных усилий и участия крупных мышц, рекомендуются более редкие, но продолжительные 10...12-минутные перерывы. При выполнении особо тяжелых работ (металлурги, кузнецы и др.) следует сочетать работу в течение 15..20 мин с отдыхом такой продолжительности. При работах, требующих большого нервного напряжения и внимания, быстрых и точных движений рук, целесообразны более частые, но короткие 5...10-минутные перерывы.

Кроме регламентированных перерывов существуют микропаузы - перерывы в работе, возникающие самопроизвольно между операциями и действиями. Микропаузы обеспечивают поддержание оптимального темпа работы и высокого уровня работоспособности. В зависимости от характера и тяжести работы микропаузы составляют 9...10 % рабочего времени.

Элементами рационального режима труда и отдыха являются производственная гимнастика и комплекс мер по психофизиологической разгрузке, в том числе функциональная музыка.

В основе производственной гимнастики лежит феномен активного отдыха (И.М. Сеченов) - утомленные мышцы быстрее восстанавливают свою

работоспособность не при полном покое, а при работе других мышечных групп. В результате производственной гимнастики увеличивается жизненная емкость легких, улучшается деятельность сердечно-сосудистой системы, повышается функциональная возможность анализаторных систем, увеличивается мышечная сила и выносливость.

Для снятия нервно-психологического напряжения, борьбы с утомлением, восстановления работоспособности в последнее время успешно используют кабинеты релаксации или комнаты психологической разгрузки. Они представляют собой специально оборудованные помещения, в которых в отведенное для этого время в течение смены проводят сеансы для снятия усталости и нервно-психологического напряжения.

Эффект психоэмоциональной разгрузки достигается путем эстетического оформления интерьера, использования удобной мебели, позволяющей находиться в удобной расслабленной позе, трансляции специально подобранных музыкальных произведений, насыщения воздуха благотворно действующими отрицательными ионами, приема тонизирующих напитков, имитации в помещении естественно-природного окружения и воспроизведения звуков леса, морского прибоя и др. Одним из элементов психологической разгрузки является аутогенная тренировка, основанная на комплексе взаимосвязанных приемов психической саморегуляции и несложных физических упражнений со словесным самовнушением. Этот метод позволяет нормализовать психическую деятельность, эмоциональную сферу и вегетативные функции. Как показывает опыт, пребывание рабочих в комнатах психологической разгрузки способствует снижению утомляемости, появлению бодрости, хорошего настроения и улучшения самочувствия.

Тема № 4. Метеорологические условия

Обеспечение комфортных условий для трудовой деятельности позволяет повысить качество и производительность труда, обеспечить хорошее самочувствие и наилучшие для сохранения здоровья параметры среды обитания и характеристики трудового процесса.

Создание комфортных условий предусматривает обеспечение многих параметров среды обитания и характеристик трудового процесса на оптимальном уровне: не превышение допустимых уровней негативных факторов и их снижение до минимально возможных уровней, рациональный режим труда и отдыха, удобство рабочего места, хороший психологический климат в трудовом коллективе и т. д.

Человек постоянно находится в состоянии обмена теплотой с окружающей средой. Наилучшее тепловое самочувствие человека будет тогда,

когда тепловыделения ($Q_{ТВ}$) организма человека полностью отдаются окружающей среде ($Q_{ТО}$), т. е. имеет место тепловой баланс $Q_{ТВ} = Q_{ТО}$. Превышение тепловыделения организма над теплоотдачей в окружающую среду ($Q_{ТВ} > Q_{ТО}$) приводит к нагреву организма и к повышению его температуры — человеку становится жарко. Наоборот, превышение теплоотдачи над тепловыделением ($Q_{ТВ} < Q_{ТО}$) приводит к охлаждению организма и к снижению его температуры — человеку становится холодно.

Средняя температура тела человека — $36,5^{\circ}\text{C}$. Даже незначительные отклонения от этой температуры в ту или другую сторону приводят к ухудшению самочувствия человека.

Тепловыделения ($Q_{ТВ}$) организма определяются прежде всего тяжестью и напряженностью выполняемой человеком работы, в основном величиной мышечной нагрузки.

Параметрами микроклимата, при которых выполняет работу человек и от которых зависит теплообмен между организмом человека и окружающей средой, являются:

- температура окружающей среды (t_{oc});
- скорость движения воздуха ($v_{\text{в}}$);
- влажность (относительная) воздуха ($\phi_{\text{в}}$).

Передача теплоты осуществляется за счет теплопроводности (Q_T). Теплота может передаваться только от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой. Интенсивность отдачи теплоты зависит от разности температур тел (в нашем случае — это температура тела человека и температура окружающих человека предметов и воздуха) и теплоизолирующих свойств одежды.

Передача теплоты осуществляется также за счет конвективного теплообмена (Q_K). Что это такое? Воздух, находящийся вблизи теплого предмета, нагревается. Нагретый воздух имеет меньшую плотность и, как более легкий, поднимается вверх, а его место занимает более холодный воздух окружающей среды.

Еще одним механизмом передачи теплоты от человека окружающей среде является испарение. Если человек потеет, на его коже появляются капельки воды, которые испаряются, и вода из жидкого состояния переходит в парообразное. Этот процесс сопровождается затратами энергии (Q_H) на испарение и в результате охлаждением организма.

Следующим механизмом отдачи теплоты от человека окружающей среде является *теплота выдыхаемого воздуха*. В процессе дыхания воздух окружающей среды, попадая в легкие человека, нагревается и одновременно

насыщается водяными парами. Таким образом, теплота выводится из организма человека с выдыхаемым воздухом (Q_B).

Другим механизмом теплообмена между человеком и окружающими предметами является излучение ($Q_{из}$). Тепловая энергия, превращаясь на поверхности горячего тела в лучистую (электромагнитную волну) — инфракрасное излучение, передается на другую — холодную — поверхность, где вновь превращается в тепловую. Лучистый поток тем больше, чем больше разница температур человека и окружающих предметов. Причем лучистый поток может исходить от человека, если температура окружающих предметов ниже температуры человека и наоборот, если окружающие предметы более нагреты.

Таким образом, теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется за счет теплопроводности (Q_T), конвективного теплообмена (Q_K), излучения ($Q_{из}$), испарения ($Q_{исп}$), нагрева выдыхаемого воздуха (Q_B), т.е.:

$$Q_{общ} = Q_T + Q_K + Q_{из} + Q_{исп} + Q_B - \text{уравнение теплового баланса}$$

Тепловыделения организма человека определяются прежде всего величиной мышечной нагрузки при деятельности человека, а теплоотдача — температурой окружающего воздуха и предметов, скоростью движения и относительной влажностью воздуха.

Параметры климата оказывают существенное влияние на самочувствие, состояние здоровья и работоспособность человека. Наилучшие условия — когда выделение теплоты человеком равняется ее отводу от человека, т. е. при наличии теплового баланса. Такие условия называются комфортными, а параметры микроклимата оптимальными.

Отклонение параметров климата (температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха) от комфортных приводит к нарушению теплового баланса. Так, например, понижение температуры окружающего воздуха приводит к повышению разности температур между телом человека и окружающей средой, а, следовательно, к увеличению теплоотдачи от организма за счет теплопроводности, конвекции и излучения. Человек начинает испытывать недостаток тепла, ему становится холодно. Слишком сильное понижение температуры может привести к чрезмерному переохлаждению организма. Повышение скорости движения воздуха также увеличивает теплоотдачу от тела человека и может привести к его переохлаждению за счет возрастания отдачи теплоты конвекцией и при испарении пота. При переохлаждении организма уменьшается

функциональная деятельность органов человека, скорость биохимических процессов, снижается внимание, затормаживается умственная деятельность и, в конечном счете, снижается активность и работоспособность человека.

При повышении температуры могут иметь место обратные явления — тепловыделения человека начинают превышать теплоотдачу и может возникать перегрев организма. При этом также ухудшается самочувствие человека и падает его работоспособность. Переносимость человеком повышенной температуры и его ощущения в значительной мере зависят от влажности и скорости движения окружающего воздуха. Чем больше влажность, тем меньше испаряется пота, и, следовательно, уменьшается теплоотдача от организма за счет испарения. При температуре окружающего воздуха свыше 30°C теплоотдача от организма за счет конвекции и излучения незначительна, а при температуре окружающей среды равной температуре тела человека ($36,5^{\circ}\text{C}$) отсутствует вовсе. При температуре окружающей среды большей температуры тела человека тепловой поток за счет конвекции и излучения наоборот направлен от окружающей среды к телу человека. Поэтому в таких условиях практически вся выделяемая организмом человека теплота отдается окружающей среде при испарении пота. При высокой влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова, имеет место так называемое «проливное» течение пота. Высокая температура в сочетании с высокой влажностью оказывает изнуряющее воздействие на организм, т. к. в таких условиях не обеспечивается даже минимально необходимая теплоотдача от организма. Наблюдается интенсивный перегрев организма, человек не способен выполнять не только тяжелую физическую, но даже в течение длительного времени легкую работу. Эффективность всех видов умственного труда также резко снижается.

Не только избыточная влажность, но и недостаточная влажность отрицательно действует на организм человека. При небольшой влажности и особенно при высокой температуре окружающего воздуха из-за интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек наблюдается их пересыхание, растрескивание, а затем и загрязнение болезнетворными микроорганизмами. С потом из организма человека выводятся вода и соли, их потеря ведет к сгущению крови и нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы. Обезвоживание организма влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения. Сильное обезвоживание (на 15...20 %) может привести к смертельному исходу. При высокой температуре и недостатке воды в организме усиленно расходуются углеводы, жиры, разрушаются белки.

Длительное воздействие высокой температуры, особенно в сочетании с повышенной влажностью воздуха, может привести к перегреванию организма выше допустимого предела — гипертермии — состоянию, при котором температура тела поднимается до 38°C и выше. Следствием гипертермии может являться тепловой удар, при этом наблюдается головная боль, общая слабость, головокружение, тошнота, рвота, пульс и дыхание учащаются, появляется бледность, синюшность, расширяются зрачки, могут появляться судороги и произойти потеря сознания.

Длительное воздействие низкой температуры, особенно в сочетании с повышенной скоростью движения воздуха (ветром), может привести к переохлаждению организма ниже допустимого предела — гипотермии. При продолжительном действии холода дыхание становится неритмичным, частота и объем вдоха увеличиваются, нарушается обмен веществ. Так, при интенсивном охлаждении скорость углеводных обменных процессов может возрасти в 3 раза в сравнении с уровнем основного обмена. Появляется мышечная дрожь, при которой никакой работы не совершается, а вся энергия превращается в теплоту. Это есть реакция организма, пытающегося увеличить интенсивность тепловыделений в организме и предотвратить снижение температуры внутренних органов. Однако при продолжении воздействия холода могут возникнуть холодовые травмы и даже наступить смерть.

Метеорологические параметры, такие как температура, скорость движения воздуха и относительная влажность определяют теплообмен человека с окружающей средой и, следовательно, самочувствие человека. Совокупность указанных параметров называется микроклиматом. Параметры микроклимата в природной среде и в производственных условиях могут изменяться в широких пределах. Так, на планете отмечено изменение температуры от -88 до +60 °C; скорости движения воздуха — от 0 до 100 м/с и даже более; относительной влажности — от 10 до 100 % и барометрического давления — от 680 до 810 мм рт. ст. (90... 108 кПа). Как уже было показано ранее, в определенном диапазоне параметров микроклимата имеет место тепловой баланс между тепловыделениями в организме человека и отдачей теплоты в окружающую среду. В условиях теплового баланса имеет место комфортное тепловое самочувствие человека, при которой нагрузка на системы организма человека, поддерживающие его нормальную температуру, минимальна.

Нарушения теплового баланса в ту или иную сторону вызывают в организме человека реакцию, способствующую восстановлению баланса. Процессы регулирования тепловыделений для поддержания нормальной

(36,5 °C) температуры человека называются терморегуляцией. Терморегуляция осуществляется биохимическим путем, изменением интенсивности кровообращения и потоотделения. При этом в регулировании процесса теплообмена участвуют в большей или меньшей степени все виды терморегуляции, но одновременно.

Терморегуляция биохимическим путем состоит в изменении интенсивности окислительных процессов, происходящих в организме человека. Внешним проявлением биохимических регулирующих процессов является мышечная дрожь, которая, как уже говорилось, возникает при переохлаждении организма и повышает тепловыделения в организме.

Терморегуляция изменением интенсивности кровообращения заключается в способности организма регулировать объем подаваемой крови, которую в данном случае можно рассматривать как переносчик теплоты от внутренних органов к поверхности тела человека. Регулирование объема тока крови осуществляется в организме за счет сужения или расширения кровеносных сосудов. При высокой температуре окружающей среды кровеносные сосуды кожи расширяются, и к ней от внутренних органов притекает больше крови, в результате большее ее количество отдается от внутренних органов коже, температура кожи повышается, и частично или полностью восстанавливается интенсивность отдачи тепла за счет теплопроводности, конвекции и излучения. При низкой температуре происходит обратное явление: кровеносные сосуды сужаются, количество крови, а следовательно и теплоты, подаваемой к коже, уменьшается, снижается ее температура, и, как следствие, отдача теплоты от человека окружающей среде. Кровоснабжение может изменяться в 30 раз, а в пальцах даже в 600 раз.

Терморегуляция изменением интенсивности выделения пота заключается в изменении теплоотдачи за счет испарения. Испарительное охлаждение организма может иметь большое значение. Так, при температуре окружающей среды 36⁰C отвод тепла от человека в окружающую среду осуществляется практически только за счет испарения пота.

В определенном диапазоне параметров окружающей среды система терморегуляции человека способна поддерживать тепловой баланс $Q_{ТВ} = Q_{ТО}$. Установлено, что обмен веществ в организме человека оптимален и, соответственно, его работоспособность высока, если составляющие процесса теплоотдачи находятся примерно в следующих пределах: $Q_{К+} + Q_{Т} \approx 30 \%$; $Q_{ИЗ} \approx 45 \%$; $Q_{ИС} \approx 20 \%$; $Q_{В} \approx 5 \%$. Такой баланс составляющих теплоотдачи характеризует отсутствие напряженности системы терморегуляции человека.

Условия воздушной среды, которые обуславливают оптимальный обмен веществ в организме человека и при которых отсутствуют неприятные ощущения и напряженность системы терморегуляции, называют комфортными (оптимальными) условиями. Зона, в которой окружающая среда полностью отводит теплоту, выделяемую организмом человека и отсутствует напряжение системы терморегуляции, называется зоной комфорта.

Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называется дискомфортным. При небольшой напряженности системы терморегуляции устанавливаются условия небольшой дискомфорта. Условия небольшой дискомфорта определяются допустимыми значениями метеорологических параметров. При превышении допустимых значений метеорологических параметров система терморегуляции работает в напряженном режиме, человек испытывает сильный дискомфорт, нарушается тепловой баланс, и начинается перегрев или переохлаждение организма в зависимости от того, в какую сторону нарушен тепловой баланс.

Гигиеническое нормирование параметров производственного микроклимата установлено системой стандартов безопасности труда (ГОСТ 12.1.005—88, а также СанПиН 2.2.4.584—96).

Нормируются оптимальные и допустимые параметры микроклимата — температура, относительная влажность и скорость движения воздуха. Значения параметров микроклимата устанавливаются в зависимости от способности человеческого организма к акклиматизации в разное время года и категории работ по уровню энергозатрат (рис.2.).

От периода года зависит способность организма к акклиматизации, следовательно, и значения оптимальных и допустимых параметров. При нормировании различают теплый и холодный период года. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$; холодный период года — равной $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже. При нормировании параметров микроклимата категорирование работ по тяжести выполнено разграничением на основе общих затрат энергии организмом в единицу времени, которое измеряется в ваттах.

Различаются следующие категории работ:

- *легкие физические работы* (категории Ia и Ib) — все виды деятельности с расходом энергии не более 174 Вт. К категории Ia (до 139 Вт) относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением — ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производстве, в сфере управления и т. п. К категории Ib (140... 174 Вт) относятся работы,

производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением, — ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.;

-

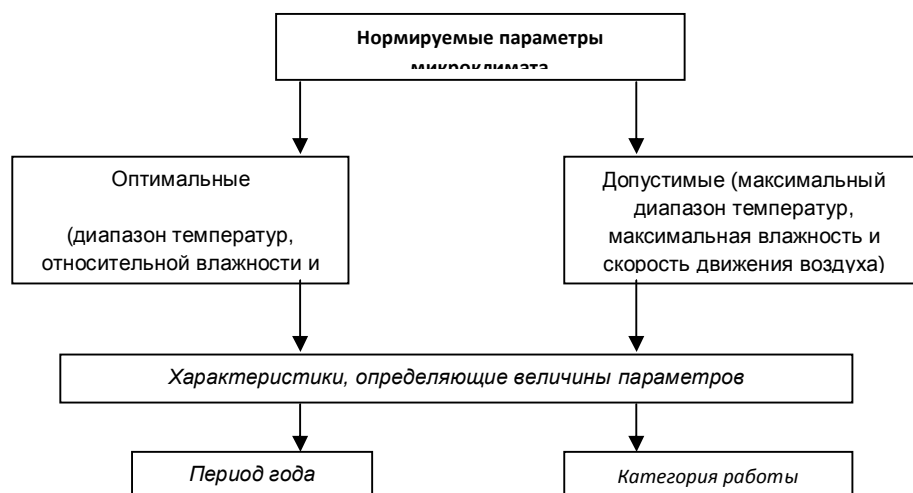


Рис. 2. Нормируемые параметры микроклимата

- *физические работы средней тяжести* (категории IIa, IIб) — виды деятельности с расходом энергии 175...290 Вт. К категории IIa (175...232 Вт) относятся работы, связанные с постоянной ходьбой и перемещением мелких (до 1 кг) изделий, — ряд профессий в механосборочных цехах, прядильно-ткацком производстве и т. п. К категории IIб (233...290 Вт) относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением тяжестей до 10 кг, — ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, сварочных цехах и т. п.;

- *тяжелые физические работы* (категория III) — виды деятельности с расходом энергии более 290 Вт — работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянным передвижением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей (ряд профессий в кузнечных, литейных цехах с ручным трудом и т. п.).

Оптимальные параметры микроклимата представлены в Приложении №3. Труд учащихся относится к категории 1a, а учебные занятия в основном проходят в холодный период года.

Приборы для измерения микроклимата:

- температуры ($t, ^\circ\text{C}$) – ртутные и спиртовые термометры, термопары;
- относительной влажность ($\phi, \%$) – психрометры и гигрометры, гигрографы;

- скорость движения воздуха ($v, \text{м/с}$) - анемометры (чашечные и крыльчатые);

- интенсивность теплового излучения ($I, \text{Вт/м}^2$) – актинометры.

Для нормализации производственного микроклимата осуществляется комплекс технологических, санитарно-технических (локализация тепловыделений, теплоизоляция горячих поверхностей, экранирование источников либо рабочих мест; воздушное душирование, радиационное охлаждение, мелкодисперсное распыление воды; общеобменная вентиляция или кондиционирование воздуха.), организационных и медико-профилактических мероприятий в соответствии с «Санитарными правилами по организации технологических процессов и гигиеническими требованиями к производственному оборудованию».

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяют:

- механизацию и автоматизацию производственных процессов;
- защиту от источников теплового излучения (СКЗ);
- применение СИЗ;
- правильную организацию труда и отдыха работников, выполняющих трудоемкие работы или работы в горячих цехах;
- устройство систем вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления.

Тема №5. Профессиональные заболевания, расследование и учет

Профессиональным заболеванием называется заболевание, вызванное воздействием на работающего вредных производственных факторов.

К профессиональным заболеваниям относят:

- заболевания, в возникновении которых главная роль принадлежит определенному профессиональному фактору. Вне контакта с ним заболевание возникнуть не может. Например, при силикозе - пыли двуокиси кремния, при вибрационной болезни — вибрации, при острых и хронических интоксикациях - токсичным веществам;
- некоторые общие заболевания, в развитии которых установлена причинная связь с воздействием определенных факторов производственной среды и трудового процесса. Например, туберкулез у медицинских работников, имеющих контакт с больными туберкулезом, лейкозы у работающих с бензолом и источниками ионизирующего излучения, заболевания опорно-двигательного аппарата (бурситы) — у шахтеров.

Основными причинами профессиональных заболеваний могут быть интенсивное кратковременное или длительное воздействие вредных факторов в

результате аварии, нарушения нормального технологического режима, неправильная организация производственного процесса, неисправность или отсутствие коллективных средств защиты, не использование или неправильное использование средств индивидуальной защиты и др.

Профессиональной заболеваемостью называется показатель числа больных с впервые установленными профессиональными заболеваниями отравлениями, рассчитанный, как правило, на 10000 работающих подвергающихся воздействию вредных производственных факторов. Так в 2000 г. этот показатель составил 1,81, а 2001 г. - 2,24. Это означает, что из каждых 100000 работающих примерно 22 человека получили диагноз профессиональное заболевание.

Наиболее высокие уровни профессиональной заболеваемости регистрируются на предприятиях угольной промышленности, строительно-дорожном машиностроении, черной и цветной металлургии, станкостроительной и инструментальной промышленности, нефтяном машиностроении

Список профессиональных заболеваний (Приложение 5 к Приказу Минздравмедпрома России от 14.03.96.Г. № 90) содержит наименование болезней в соответствии с классификацией Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), опасные вредные вещества и производственные факторы, воздействие которых может приводить к возникновению профессиональных заболеваний, и примерный перечень работ, производств, где возможны указанные

Согласно Списку по этиологическому признаку, т.е. характер производственного фактора, вызвавшего заболевание, профессионалы заболевания подразделяются на 7 групп:

- Заболевания, вызываемые воздействием химических факторов: острые хронические интоксикации, болезни кожи.
- Заболевания, вызываемые воздействием промышленных аэрозолей пневмокониозы, биссиноз, профессиональный бронхит, эмфизема, тотальные дистрофические заболевания верхних дыхательных путей.
- Заболевания, вызываемые воздействием физических факторов ионизирующих излучений, неионизирующих излучений, лазерных излучений вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость, декомпрессионная (кессонная) болезнь и ее последствия, переохлаждение и др.
- Заболевания, связанные с физическими перегрузками перенапряжением отдельных органов и систем: неврозы, радикулиты, заболевания опорно-двигательного аппарата и др.

- Заболевания, вызываемые действием биологических факторов, инфекционные и паразитарные заболевания, однородные той инфекции, которой работники находятся в контакте во время работы (туберкулез, вирусный гепатит, чесотка, сифилис и др.), микозы (грибковые заболевания открытых участков кожи, дисбактериоз).
- Аллергические заболевания: ринит, экзема, бронхит, астма и др.
- Новообразования: опухоли кожи, полости рта и органов дыхания, опухоли печени, рак желудка, лейкозы, опухоли мочевого пузыря, опухоли костей.

Учреждение здравоохранения на основании клинических данных состояния здоровья работника и санитарно-гигиенической характеристики условий его труда устанавливает заключительный диагноз — острое профессиональное заболевание и составляет медицинское заключение.

При установлении предварительного диагноза — хроническое профессиональное заболевание извещение направляется в центр госсанэпиднадзора в 3-дневный срок, а на составление санитарно-гигиенической характеристики условий труда отводится 2 недели. Учреждение здравоохранения, установившее предварительный диагноз — «хроническое профессиональное заболевание» в месячный срок обязано направить работника в центр профессиональной патологии. Центр профпатологии устанавливает заключительный диагноз — хроническое профессиональное заболевание и в 3-х дневный срок направляет соответствующее извещение в центр госсанэпиднадзора, работодателю, страховщику и в учреждение здравоохранения, направившего больного.

Работодатель в течение 10 дней с даты получения извещения об установлении заключительного диагноза профессионального заболевания образует комиссию по расследованию в составе: главный врач госсанэпиднадзора (председатель комиссии), представитель работодателя, специалиста по охране труда, представитель учреждения здравоохранения и представитель профкома. Комиссия устанавливает обстоятельства и причины профессионального заболевания, определяет виновных и меры предотвращения профессиональных заболеваний. По результатам расследования комиссия составляет акт о случае профессионального заболевания по прилагаемой форме. Работодатель обязан в месячный срок после завершения работы комиссии издать приказ о конкретных мерах и предупреждению профессиональных заболеваний.

Акт о случае профессионального заболевания составляется в 3-дневный срок по истечении срока расследования в 5 экземплярах: для работника, работодателя, центра госсанэпиднадзора, центра профпатологии, страховщика.

Акт подписывается членами комиссии, утверждается главным врачом центра госсанэпиднадзора и заверяется печатью центра. В акте подробно излагаются обстоятельства и причины профессионального заболевания, указываются лица, допустившие нарушения государственный санитарно - эпидемиологических правил и других нормативных документов. В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, которая привела к возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, указывается степень его вины (в процентах).

Акт о случае профессионального заболевания хранится в течение 75 лет в центре госсанэпиднадзора и в организации, где проводилось расследование случая профессионального заболевания.

Акт расследования является важным юридическим и статистическим документом. На основе актов определяются: пособие по временной нетрудоспособности, размер возмещения ущерба в виде единовременных и ежемесячных страховых выплат, а также оплата дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию пострадавших (ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» № 125-ФЗ).

Тема № 6. Защита от вредных веществ на производстве

При оценке состояния воздуха рабочей зоны с точки зрения безопасности жизнедеятельности, прежде всего, имеют значение содержание в воздухе вредных веществ и параметры микроклимата.

Рабочая зона – пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих.

Рабочее место – место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

Постоянное рабочее место – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50 % или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Непостоянное рабочее место – место, на котором работающий находится меньшую часть (менее 50 % или менее 2 ч непрерывно) своего рабочего времени.

Многие технологические процессы сопровождаются выделением в воздух рабочей зоны вредных веществ – паров, газов, твердых и жидких частиц.

Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы – аэрозоли.

Аэрозолями, или аэродисперсными системами, называются системы, состоящие из газообразной среды и взвешенных в ней частиц конденсированной дисперсной фазы (твердой, жидкой или многофазной). Различают следующие виды аэрозолей:

пыль – дисперсная система из твердых частиц размером более 1 мкм, находящихся в газовой среде во взвешенном состоянии;

туман – дисперсная система из жидких частиц размером более 10 мкм, находящихся в газовой среде во взвешенном состоянии;

дым – дисперсная система из твердых частиц размером менее 1 мкм, находящихся в газовой среде во взвешенном состоянии.

Вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Химическая классификация предусматривает деление всех химических веществ на *органические*, *неорганические* и *элементорганические*.

По *характеру воздействия* на организм вещества подразделяются:

- на *общетоксические* – вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы (центральную нервную систему (ЦНС), систему кроветворения), а также вызывающие патологические изменения печени и почек (угарный газ, свинец, ртуть, бензол);

- *раздражающие* – вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов (хлор, аммиак, оксиды серы и азота, озон);

- *сенсibilизирующие* – действующие как аллергены (формальдегид, растворители, нитролаки);

- *мутагенные* – приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы);

- *канцерогенные* – вызывающие злокачественные новообразования (ароматические углеводороды, хром, никель, асбест);

- *влияющие на репродуктивную функцию* (ртуть, свинец, стирол).

Три последних вида воздействия вредных веществ – мутагенное, канцерогенное, влияние на репродуктивную функцию, а также ускорение старения, относят к отдаленным последствиям влияния химических соединений, которые проявляются спустя годы, и даже десятилетия.

Эта классификация не учитывает агрегатного состояния веществ, тогда как для большой группы аэрозолей, не обладающих выраженной токсичностью, следует выделить *фиброгенный* эффект действия на организм. К ним относятся аэрозоли дезинтеграции угля, аэрозоли кокса, алмазов, пыли животного и растительного происхождения, силикатосодержащие пыли, алюмосиликаты, аэрозоли дезинтеграции и конденсации металлов.

Попадая в органы дыхания, вещества этой группы вызывают атрофию или гипертрофию слизистой оболочки верхних дыхательных путей, а задерживаясь в легких, приводят к развитию соединительной ткани в воздухообменной зоне и рубцеванию (фиброзу) легких. Наличие фиброгенного эффекта не исключает общетоксического воздействия аэрозолей.

По *пути проникновения в организм* различают вещества, проникающие через органы дыхания (ингаляционный путь поступления), желудочно-кишечный тракт (пероральный путь), неповрежденную кожу (перкутантный путь).

По *степени воздействия на организм* вредные вещества делятся на четыре класса:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные вещества;
- 2-й класс – высокоопасные вещества;
- 3-й класс – умеренно опасные вещества;
- 4-й класс – малоопасные вещества.

Принадлежность химических веществ к соответствующему классу опасности определяется величинами семи показателей токсикометрии (табл. 3). Показатели токсикометрии устанавливаются по результатам экспериментов на животных (экспериментальные, или первичные параметры) либо рассчитываются по экспериментальным результатам (вторичные, или производные параметры). Их определение дается в основах *токсикологии* – науки, изучающей законы взаимодействия организма и ядов.

Определяющим является тот показатель, который свидетельствует о наибольшей степени опасности.

Классификация не распространяется на пестициды.

Регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны осуществляется в три этапа:

- 1) обоснование *ориентировочно безопасного уровня воздействия* (ОБУВ);
- 2) обоснование ПДК;

3) корректировка ПДК с учетом условий труда работающих и состояния их здоровья.

Таблица 3

Классификация производственных вредных веществ
по степени опасности

Показатель	Класс опасности			
	1	2	3	4
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10	более 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, DL ₅₀ ^ж , мг/кг	менее 15	15–150	151–5000	более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, DL ₅₀ ^к , мг/кг	менее 100	100–500	501–2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, CL ₅₀ , мг/м ³	менее 500	500–5000	5001–50000	более 50000
Зона острого действия, Z _{ac}	менее 6	6–18	18,1–54	более 54
Зона хронического действия, Z _{ch}	более 10	10–5	4,9–2,5	менее 2,5

Ориентировочно безопасный уровень воздействия устанавливается временно, на период, предшествующий проектированию производства. Значение ОБУВ определяется путем расчета по физико-химическим свойствам или путем интерполяций и экстраполяций в гомологических рядах соединений либо по показателям острой токсичности. ОБУВ должны пересматриваться через два года после их утверждения.

ОБУВ не устанавливаются:

- для веществ, опасных в плане развития отдаленных и необратимых эффектов;
- для веществ, подлежащих широкому внедрению в практику.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК.

Предельно допустимые концентрации – концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

До недавнего времени ПДК химических веществ оценивали как максимально разовые (ПДК_{МР}). В последнее время для веществ, обладающих кумулятивными свойствами, введена вторая величина – среднесменная концентрация (ПДК_{СС}). Это средняя концентрация, полученная путем непрерывного или прерывистого отбора проб воздуха при суммарном времени не менее 75 % продолжительности рабочей смены, или средневзвешенная концентрация в течение смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания.

В основу установления ПДК_{МР} положен принцип предотвращения рефлекторных реакций у человека.

Если порог токсического действия для вещества оказывается менее чувствительным, то решающим в обосновании ПДК является порог рефлекторного действия как наиболее чувствительный. В подобных случаях ПДК_{МР} > ПДК_{СС}. Если же порог рефлекторного действия менее чувствителен, чем порог токсического действия, то принимают ПДК_{МР} = ПДК_{СС}. Для веществ, у которых порог рефлекторного действия отсутствует, устанавливается только ПДК_{СС}.

Значения ПДК_{РЗ} (предельно допустимая концентрация рабочей зоны) приведены в ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и ГН 2.2.5.1314-03 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Для веществ, обладающих кожно-резорбтивным действием, обосновывается предельно допустимый уровень загрязнения кожи (мг/см²) в соответствии с ГН 2.2.5.563-96.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия (по заключению органов государственного санитарного надзора) сумма отношений фактических

концентраций каждого из них ($K_1, K_2, \dots, K_n$) в воздухе к их ПДК ($\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$) не должна превышать единицы:

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Отбор проб должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях.

Зона дыхания – пространство в радиусе до 50 см от лица работающего.

Результаты измерений концентраций вредных веществ в воздухе приводят к условиям: температуре 293 К (20 °С) и давлению 101,3 кПа.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при работе с вредными веществами должны предусматривать:

- замену более токсичных веществ менее токсичными;
- применение прогрессивной технологии производства (замкнутый цикл, автоматизация, комплексная механизация, дистанционное управление, непрерывность процессов производства, автоматический контроль процессов и операций), исключающей контакт человека с вредными веществами;
- выбор оборудования и коммуникаций, исключающих выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих ПДК при нормальном ведении технологического процесса;
- очистку выбросов с целью улавливания, рекуперации и нейтрализации вредных веществ;
- наличие рабочей и аварийной вентиляции, средств дегазации;
- контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- специальную подготовку персонала, в том числе по оказанию неотложной доврачебной помощи пострадавшим при отравлении;
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами;
- разработку медицинских противопоказаний для работы с конкретными вредными веществами;
- применение средств индивидуальной защиты (СИЗ).

СИЗ имеют основное значение при защите работающих от действия вредных веществ, особенно при проведении ремонтных работ и в аварийных ситуациях.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) делятся на *фильтрующие*, обеспечивающие защиту в условиях достаточного содержания кислорода в воздухе и ограниченного содержания вредных веществ, и *изолирующие*. Для защиты кожных покровов используются спецодежда, спецобувь, защитные перчатки и специальные дерматологические средства –

пасты и мази. Максимальную защиту человека от воздействия токсичных веществ обеспечивают изолирующие костюмы.

Тема № 7. Защита от пыли на производстве

Производственная пыль является наиболее распространенным вредным фактором производственной среды. Многочисленные технологические процессы и операции в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве сопровождаются образованием и выделением пыли, воздействию которой могут подвергаться большие контингенты работающих.

В горнорудной промышленности значительное количество пыли возникает во время бурения и при взрывных работах, в угольной – при работе комбайнов и породопогрузочных машин, при сортировке угля и т.д.

Вся промышленность строительных материалов связана с процессами дробления, помола, смешения и транспортировки пылевидного сырья и продукта (цемент, кирпич, шамот и др.).

В нефтяной и газовой промышленности пыль образуется при бурении скважин, проведении электросварочных работ, при неполном сгорании топлива.

В химической и нефтехимической промышленности многие производства (например, катализаторное) также связаны с пылеобразованием.

В сельском хозяйстве пыль образуется при рыхлении и удобрении почвы, использовании порошкообразных пестицидов, очистке зерна и семян, хлопка, льна и др.

Пыль выводит из строя оборудование, снижает качество продукции, уменьшает освещенность производственных помещений, может быть причиной профессиональных заболеваний органов дыхания, поражения глаз и кожи, острых и хронических отравлений работающих.

Некоторые виды производственной пыли способны к самовозгоранию и даже взрыву, что позволяет относить пыль не только к вредным, но и опасным производственным факторам.

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм. Пыль представляет собой аэрозоль, т.е. дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой – воздух.

Пыль — понятие, характеризующее физическое состояние вещества, а именно раздробленность его на мельчайшие частицы. Специфической особенностью пылевидного состояния является раздробленность вещества на мельчайшие частицы и, следовательно, чрезвычайно большая поверхность

твердых частиц, в связи, с чем свойства пыли приобретают самостоятельное значение. Измельчение 1 см^3 твердого тела до частиц размером $0,1 \text{ мкм}$ увеличивают его общую поверхность с 6 см^2 до $600\,000 \text{ см}^2$, т.е. в 100 тысяч раз.

Классификация производственной пыли:

I - По происхождению пыль разделяют:

I.1. - органическую пыль:

Она может быть естественной растительного (древесная, хлопковая и др.) и животного (шерстяная, костяная и др.) происхождения и искусственная органическая пыль (пластмассовая, пыль резины, смол, красителей и других синтетических веществ и др.).

I.2. - неорганическую пыль:

Она может быть минеральная ((кварцевая, силикатная, асбестовая, цементная, наждачная, фарфоровая и др.) и металлическая (железная, алюминиевая и др.).

I.3. - смешанная пыль, состоящая из минеральных и металлических частиц (например, смесь пыли железа и кремния), органическая и неорганическая (например, пыль злаков и почвы).

II- В зависимости от способа образования различают:

II.1- аэрозоли дезинтеграции. Образуются при механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, дробление, размол и др.), при механической обработке изделий (шлифовка, полировка и др.);

II.2.-аэрозоли конденсации.Аэрозоли конденсации образуются при термических процессах возгонки твердых веществ (плавление, электросварка и др.) вследствие охлаждения и конденсации паров металлов и неметаллов. Типичным примером образования аэрозоля конденсации из перенасыщенных паров является так называемый сварочный аэрозоль. Металл, входящий в состав стержня сварочного электрода, а также компоненты обмазки электрода и флюса в значительной мере испаряются при температуре электрической дуги, а попав в более холодную зону, конденсируются в виде мельчайших частиц окислов железа и других элементов.

Нередко встречаются аэрозоли, дисперсная фаза которых содержит частицы, образующиеся как при измельчении, так и конденсации паров (шлифовально-полировальные, заточные работы и др.)

III. - В зависимости от размера частиц (дисперсности) различают

III.1. -видимую пыль размером более 10 мкм (быстро выпадающую из воздуха);

III.2. - микроскопическую – размером от 0,25 до 10 мкм (медленно выпадающую из воздуха);

III.3.-ультрамикроскопическую – менее 0,25 мкм (длительно витающую в воздухе по законам броуновского движения).

Производственная пыль, как правило, полидисперсна, т.е. в воздухе встречаются одновременно пылевые частицы различных размеров. В любом образце пыли обычно число мелких частиц больше, чем крупных. В большинстве случаев до 60... 80% частиц пыли имеют диаметр до 2 мкм, 10... 20% – от 2 до 5 мкм и до 10% – свыше 10 мкм. Однако общий вес пылевых частиц от 2 мкм весьма незначителен и обычно не превышает 1...3% веса всего образца пыли.

Для гигиенической оценки пыли важным признаком является степень дисперсности ее, или размеры пылевых частиц, так как с этим связана как длительность пребывания взвешенной пылевой частицы в воздушной среде, так и глубина проникновения в дыхательные пути, патогенность и физико-химическая активность, электрозаряд частиц и другие свойства. Степень дисперсности промышленных аэрозолей зависит прежде всего от способа их образования. Свежеполученные аэрозоли конденсации (дымы) имеют размеры частиц меньше 1 мкм. Величина частиц аэрозолей дезинтеграции (пыль) зависит от вещества, из которого они получены, интенсивности дезинтеграции и возраста аэрозолей. Чем тверже вещество, чем интенсивнее дезинтеграция и чем больше возраст аэрозолей, тем больше пыли и тем выше степень дисперсности ее частиц.

Задержка пылевых частиц в дыхательных путях зависит от их дисперсности. Общий процент числа задержанных в организме пылевых частиц тем выше, чем больше их размер. Это особенно заметно в отношении задержки пыли в верхних дыхательных путях. В альвеолах наиболее высок процент задержки пылевых частиц размером около 1 мкм. Однако в абсолютных величинах выше количество задержанных в альвеолах частиц, размеры которых меньше 1 мк, так как они преобладают среди взвешенных в воздухе частиц. Некоторое значение для задержки пыли в организме имеет тип дыхания. По данным Е. А. Вигдорчик, частицы диаметром менее 1 мкм меньше задерживаются при дыхании через нос и больше при дыхании через рот; фракции в 1,3 мк задерживаются больше при носовом дыхании, а фракции в 3 мк и больше задерживаются примерно одинаково при дыхании через рот и нос. Исследования размеров пылевых частиц в легких людей, умерших от силикоза, подтверждают закономерность отложения в легких определенных фракций пыли (табл. 36).

Такие же примерно соотношения размеров пылевых частиц, найденных в легких умерших, работавших на пыльных производствах, но не болевших силикозом.

На основании данных о поведении пыли в воздухе и ее задержке в органах дыхания в связи с дисперсностью можно сделать вывод, что гигиеническое значение практически имеют пылевые частицы размером 5 мкм и меньше. В опытах с введением в легкие интратрахеально одинакового по весу количества кварцевой пыли разной дисперсности показано, что наибольшей фиброгенной активностью обладают пылевые частицы размером 1—2 мкм. Это объясняется тем, что частицы значительных размеров попадают в легкие в небольшом количестве и задерживаются в альвеолах. Частицы же размером менее 1 мкм легко транспортируются из альвеол пылевыми клетками в лимфатические узлы и, не задерживаясь в них, удаляются из организма. Частицы величиной 1—2 мкм легко транспортируются по лимфатическим путям и долго задерживаются в лимфатических узлах. На основании этих опытов, по-видимому, можно сделать вывод, что так называемая ультрамикроскопическая пыль (размером 0,1 мкм и меньше) малопатогенна. Гарднер, например, не мог получить у животных фиброза легких при введении пыли с размером частиц 20 Å (0,002 мкм). Приведенные данные о фиброгенной активности пыли в связи с ее дисперсностью следует иметь в виду при гигиенической оценке пылевого фактора на производстве.

Многочисленные исследования показывают, что запыленность воздуха рабочих помещений колеблется в широких пределах в зависимости от характера производства, технологического процесса, состояния оборудования, характера производственных операций, состояния технических мер борьбы с пылью и др.

В зависимости от указанных условий в воздухе рабочих помещений можно обнаружить количество пыли от 1 мг/м³ и меньше до десятков и сотен миллиграммов в 1 м³ воздуха и от 200 до десятков тысяч микроскопических пылевых частиц в 1 см³ воздуха, а ультрамикроскопических частиц — до нескольких сотен тысяч. Следует, однако, отметить, что, несмотря на интенсификацию производственных процессов и в связи с этим, увеличение пылеобразования, запыленность воздуха рабочих помещений в настоящее время значительно ниже, чем была 10—20 лет назад. Объясняется это рационализацией технологических процессов и оборудования, а также совершенствованием и широким применением специальных технических мер по борьбе с пылью.

Не вся пыль, попадающая в дыхательные пути, достигает легких: часть ее задерживается в верхних дыхательных путях, в первую очередь в полости носа.

Волоски слизистой оболочки носа, извилистые ходы, липкая слизь, покрывающая оболочку, мерцательный эпителий слизистой носа являются отличными механизмами, задерживающими пылевые частицы. Большое значение в задержании пыли в полости носа имеют изменения направления и скорости движения воздушной струи по воздухоносным путям. Такого же рода механизмы, задерживающие пыль, имеются в средних отделах воздушных путей: изменение сечения, задержка в голосовой щели, бифуркация и перистальтика бронхов, фагоцитоз на поверхности слизистой оболочки бронхов. Количество задержанной пыли в верхних дыхательных путях зависит от физико-химических свойств пыли, размеров пылевых частиц, состояния дыхательных путей и др.

Значительная часть задержанной пыли выделяется обратно при чихании и кашле. По данным разных авторов, количество выделяемой пыли колеблется от 10 до 70% - В среднем принято считать, что около 50% пыли достигает легких и там задерживается.

Вне зависимости от физико-химических свойств все виды пылевых частиц вначале оказывают механическое действие на легочную ткань, которая реагирует на них как на инородное тело пролиферативной клеточной реакцией. В легких происходит процесс фагоцитоза пылевых частиц, в первую очередь клетками легочного эпителия. Фагоцитоз является защитной функцией организма и способствует очищению легких от пыли. Клетки, поглотившие пылевые частицы, так называемые пылевые клетки, стремятся удалить пыль из легких различными путями. Один из путей — удаление пыли вместе с мокротой, другой — удаление пыли по лимфатическим путям легкого в бронхиальные железы и по направлению к плевре, где, скапливаясь, пыль вызывает пролиферативную реакцию. Активность фагоцитоза различных видов пыли неодинакова.

Хорошо фагоцитирующаяся пыль, как, например, угольная, сравнительно легко удаляется из легких, в то время как кварцевая пыль, несмотря на высокую активность фагоцитоза, вследствие быстрой гибели фагоцитов удаляется медленно и накапливается в легких. Пыль, транспортируемая пылевыми клетками по лимфатическим путям, может задерживаться в местах бифуркации и изгибов лимфатических сосудов, закупоривать их, вызывать лимфостаз, способствующий в дальнейшем развитию соединительной ткани. Часть пылевых клеток под влиянием токсического действия пыли (кварца) разрушается, пылевые частицы в этом случае задерживаются в альвеолах, внедряются в ткань межалвеолярных перегородок и вызывают пролиферативную клеточную реакцию.

В дальнейшем в зависимости от агрессивности пыли процессы могут протекать в двух направлениях: развитие специфических процессов — образование патологической соединительной ткани, т. е. фиброза легких и развитие неспецифических патологических процессов, например воспаление легких, туберкулез легких, рак легких и др.

Пылевая патология является в основном легочной патологией и известна в виде профессионального заболевания — пневмокониоза. Однако воздействие промышленной пыли может вызвать патологические изменения других органов и систем и способствует более частому проявлению и более тяжелому течению ряда неспецифических легочных заболеваний.

Мероприятия по профилактике заболеваний, возникающих при воздействии пыли, можно разделить на три группы: 1) технологические и технические; 2) санитарно-технические; 3) медико-профилактические. К техническим и санитарно-техническим относятся мероприятия, в основном направленные на ликвидацию причин заболеваний, т. е. на борьбу с образованием и распространением пыли. Медико-профилактические мероприятия носят главным образом характер личной профилактики.

Технические и санитарно-технические мероприятия имеют решающее значение в профилактике пылевых заболеваний, так как они направлены на ликвидацию причин поступления пыли в воздух. В ряде случаев можно добиться полной ликвидации пылеобразования путем рационализации технологического процесса. Так, например, применением влажного способа дробления, размола, смешивания материалов можно полностью устранить пылеобразование при этих процессах в производстве динасового кирпича, шамотных изделий, цемента, метлахских плиток и в некоторых других производствах. Рационализация технологического процесса при очистке литья путем применения металлической дробы вместо песка резко снижает пылеобразование, а применение гидро- или гидropескоочистки полностью ликвидирует образование пыли.

Основным требованием для борьбы с пылью в заводских условиях является прежде всего механизация всех пылевых процессов: дробления, размола, просеивания, смешивания сыпучих тел, транспортировки, упаковки и др. При механизации имеется возможность купировать и удалять пыль у места ее образования. Купирование пылящих процессов осуществляется применением укрытия пылящего оборудования с отсосом воздуха из-под укрытия, благодаря чему создается разрежение, препятствующее выделению пыли в атмосферу помещения.

Большое значение в борьбе с образованием пыли имеет введение непрерывных процессов вместо периодических. Так, например, периодическая загрузка сыпучих тел всегда сопровождается большим пылевыведением, чем непрерывная. Важно также и то, что при непрерывном процессе легко применить автоматическое управление, не требующее присутствия людей в местах пылевыведения.

Если возможно в технологическом отношении, для пылеподавления применяют орошение материалов водой путем распыления ее специальными форсунками или увлажнение водяным паром. Водяной пар применяется только в укрытиях, а орошение водой может применяться как в укрытиях, так и открытым способом для смачивания материалов, например на углеподготовительных дробильно-сортировочных фабриках и др. Существенным моментом в борьбе с пылью на производстве является организация правильной эксплуатации санитарно-технических установок и систематического контроля за загрязненностью воздуха помещений пылью. Методы борьбы с пылью при подземных работах на горных предприятиях несколько отличны от применяемых в заводских условиях. Радикальными способами борьбы с пылью при горных работах являются прежде всего рационализация технологического процесса, машинного оборудования, методов выемки полезного ископаемого. Гидродобыча и гидротранспорт угля полностью ликвидируют пылеобразование. Добыча угля без пребывания людей в забое (дистанционное управление машинами) избавляет людей от вдыхания пыли. Системы добычи руды обрушением крупными блоками, применение режущих механизмов и буровых коронок, работающих по принципу крупного скола, резко уменьшают пылеобразование.

Основным средством предупреждения образования пыли и подавления пыли, взвешенной в воздухе при горных работах, является применение воды. В настоящее время повсеместно производится бурение с промывкой буровой скважины водой. Добавление к воде некоторых веществ повышает ее смачивающие свойства. Мокрое бурение снижает запыленность воздуха в 10—50 раз. Особенно эффективно одновременное орошение водой на комбайнах и увлажнение пластов угля в массиве.

Медико-профилактические мероприятия

Большое значение в профилактике пылевых заболеваний имеют предварительные и периодические медицинские осмотры рабочих. Предварительные медицинские осмотры рабочих проводятся с целью не допустить на работу, связанную с воздействием пыли, лиц с нарушениями в состоянии здоровья. При этом необходимо руководствоваться списком

медицинских противопоказаний к приему на работу на производства, связанные с выделением пыли. Целью периодических медицинских осмотров в установленные сроки является раннее определение действия пыли на организм и обнаружение заболеваний пневмокониозом, силикотуберкулезом. Выявленных больных переводят на другую работу, не сопровождающуюся пылевыведением, обеспечивают им диспансерное наблюдение. К индивидуальным профилактическим мероприятиям нужно отнести устройство ингаляторов для профилактики и лечения верхних дыхательных путей ингаляцией (обычно щелочных растворов). В настоящее время важное значение приобретают меры профилактики силикоза, имеющие биологический характер.

1. Используется глубокая ингаляция аэрозолей щелочных растворов. Экспериментально доказана эффективность этого мероприятия.
2. Широко внедряется облучение ультрафиолетовыми лучами в субэритемной дозе. Благоприятное действие ультрафиолетовых лучей объясняется нормализацией реактивности организма.
3. Экспериментально показано, что преимущественно белковое питание задерживает развитие силикоза у животных. Создание определенного режима и рациона питания для горнорабочих весьма полезно для профилактики силикоза.
4. В последние годы показана эффективность ряда полимеров, введение которых в организм предупреждает развитие силикоза.

К индивидуальным мерам профилактики относятся также противопылевые респираторы. Наибольшее распространение получили респираторы с бумажными фильтрами большой поверхности для вдыхания воздуха. Для горных подземных работ применяется влагоустойчивый бумажный фильтр. В настоящее время широко используется респиратор «Лепесток». Для защиты органов зрения от повреждений пылевыми частицами применяются защитные очки.

Наконец, для предупреждения заболеваний кожи, в частности пиодермией, необходимо соблюдать личную гигиену. Очень эффективно в этом отношении ежедневное обмывание тела под душем после работы. Весьма важным мероприятием является спецодежда из непроницаемой для пыли ткани и соответствующего покроя, предупреждающего проникновение пыли под одежду. Обязательно систематическая стирка спецодежды, так как в случае загрязнения она является причиной заболевания пиодермией.

Важнейшими мероприятиями по борьбе с пылью являются:

- а) изменение технологического процесса;
- б) максимальная герметизация аппаратуры (растворомешалок, шнеков и т. д.);

в) автоматизация и дистанционное управление процессами, связанными с пылеобразованием;

г) увлажнение материалов (при резке кирпича, уборке мусора и пыли и др.);

д) устройство местной вытяжной вентиляции в местах образования пыли;

е) систематическая уборка помещений;

ж) обеспечение рабочих спецодеждой и средствами индивидуальной защиты от пыли, а также устройство умывален, душевых, помещений для личной гигиены женщин и др.

При работе в помещениях или емкостях с целью уменьшения выделения пыли в воздухе необходимо применять вентиляторы переносного типа, например центробежный электрический вентилятор типа ПВР-375. При производстве строительно-монтажных работ, связанных со значительным пылеобразованием, рекомендуется применять фильтрующий респиратор типа Ф-46К или универсальный респиратор Р-2, предохраняющий одновременно от пыли и газов.

Для защиты органов дыхания от известковой, цементной и асбестовой пыли необходимо пользоваться респираторами типа РН-16. При нетоксичной пыли рекомендуется применять респираторы типов РПР-1 и ПРБ-5. При производстве пескоструйных работ оператора снабжают скафандром; работу в закрытых емкостях (резервуарах, аппаратах) производят в противогазах с выкидным шлангом, обеспечивающим поступление чистого воздуха. Для защиты глаз от производственной пыли следует применять специальные защитные очки.

Тема №8. Производственная вентиляция

Вентиляция – это организованный и регулируемый воздухообмен, который направлен на обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях различного назначения.

Устройство и эксплуатация вентиляционных систем регламентируются нормативными документами:

- СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
- ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования».

Системы вентиляции классифицируют по следующим основным признакам.

1. По способу создания давления для перемещения воздуха: с естественным и искусственным (механическим) побуждением.

2. По назначению: приточные, вытяжные, приточно-вытяжные и системы с рециркуляцией.

3. По зоне обслуживания: местные и общеобменные.

4. По конструктивному исполнению: канальные и бесканальные.

5. По времени действия: постоянно действующие и аварийные.

В системе *естественной вентиляции* для перемещения воздуха используются природные факторы (сила ветра, гравитационное давление).

При *искусственной (механической) вентиляции* движение воздуха осуществляется с помощью механических устройств (вентиляторов, эжекторов и др.).

Приточная общеобменная вентиляция обеспечивает распределение свежего воздуха, взятого из места вне здания по всему объему помещения. В помещении при этом создается избыточное давление, за счет которого загрязненный воздух вытесняется через двери, окна, фонари или щели строительных конструкций. Приточную систему применяют для вентиляции помещений, в которые нежелательно попадание загрязненного воздуха из соседних помещений или холодного воздуха извне.

Вытяжная общеобменная вентиляция удаляет загрязненный воздух из всего объема помещения. При этом в помещении создается пониженное давление, и чистый воздух для замещения удаленного подсасывается извне через двери, окна, щели строительных конструкций. Вытяжную систему целесообразно применять в том случае, когда загрязненный воздух данного помещения не должен попадать в соседние (например, во вредных цехах, химических и биологических лабораториях).

Приточно-вытяжная общеобменная вентиляция имеет две отдельные системы: через одну подается чистый воздух, через другую удаляется загрязненный.

Приточно-вытяжная вентиляция с рециркуляцией воздуха заключается в том, что часть удаляемого из помещения воздуха не выбрасывается наружу, а возвращается из вытяжной системы в приточную по специальному воздуховоду. Целью рециркуляции является экономия тепла в зимнее время, поскольку рециркуляционный воздух возвращает в помещение тепло, затраченное на его нагрев. Порция свежего воздуха в таких системах составляет 10...20 % от общего количества подаваемого воздуха. Систему вентиляции с рециркуляцией разрешается использовать только для тех помещений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ или выделяющиеся вещества относятся к 4-му классу опасности, и концентрация их в воздухе, подаваемом в

помещение, не превышает 30 % ПДК. Применение рециркуляции запрещено, если в воздухе содержатся болезнетворные вирусы, бактерии, грибки или имеются резко выраженные неприятные запахи.

Общеобменная вентиляция обеспечивает смену воздуха во всем объеме помещения. Эту систему вентиляции наиболее часто применяют в случаях, когда вредные вещества, теплота, влага выделяются равномерно по всему помещению.

Местная вентиляция применяется для удаления вредных выделений непосредственно от мест их образования и предотвращение их перемешивания с воздухом помещения. Например, если помещение очень велико, а число людей, находящихся в нем мало, причем место их нахождения фиксировано, имеет смысл (из экономических соображений) ограничиться оздоровлением воздушной среды только в местах нахождения людей. Примером такой вентиляции могут служить кабины наблюдения и управления в прокатных цехах, в которых устраивается местная приточно-вытяжная вентиляция, рабочие места в химических лабораториях, оборудованные местными вытяжными шкафами. Местная вентиляция по сравнению с общеобменной требует значительно меньше затрат на устройство и эксплуатацию.

Аварийная система вентиляции предусматривается в производственных помещениях, в которых при нарушении технологического режима или авариях возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны больших количеств вредных или взрывоопасных веществ. Аварийная вентиляция, как правило, проектируется вытяжной.

На производстве часто устраивают *комбинированные системы вентиляции*: общеобменную с местной, общеобменную с аварийной.

Естественная вентиляция

Воздухообмен при естественной вентиляции происходит в результате разности температур воздуха в помещении и наружного (атмосферного) воздуха, а также в результате действия ветрового давления.

Естественная вентиляция производственных помещений может быть *неорганизованной и организованной*.

При неорганизованной вентиляции поступление и удаление воздуха происходит через щели и поры наружных ограждений (инфильтрация), через окна, форточки, специальные проемы (проветривание).

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

Аэрацией называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещений в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей. Здание оборудуется двумя рядами

оконных проемов с фрамугами. На крыше вентилируемого помещения устраиваются вытяжные аэрационные фонари. Регулируя открывание створок (фрамуг) в зависимости от направления и силы ветра, создают условия для обмена воздухом в необходимых объемах (рис. 1).

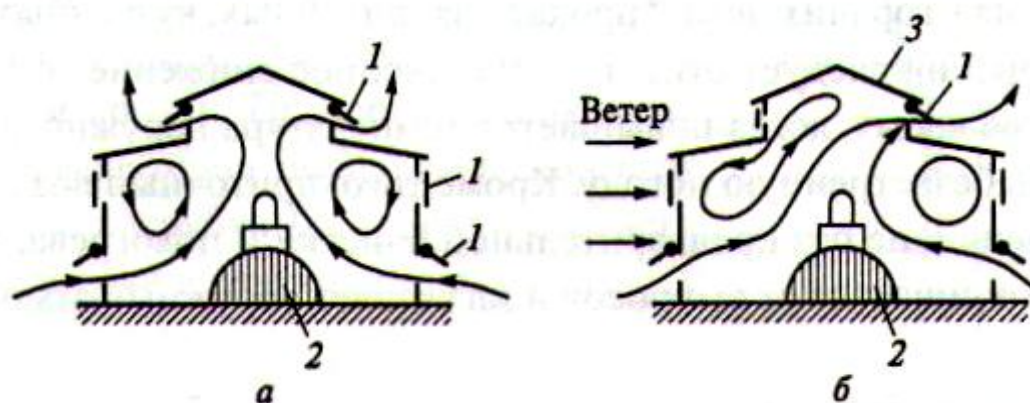


Рис. 1. Аэрация здания: *а* – при безветрии; *б* – при ветре;
 1 – нижний, верхний ярус оконных проемов, проемы в фанаре здания;
 2 – выделяющий теплоагрегат; 3 – аэрационный фанарь

При аэрации существенное значение для воздухообмена имеет соотношение длины и ширины фрамуг, выбор оси их вращения, угла открывания.

В холодный и переходный периоды года воздух в необходимом объеме притекает через проемы в стеновых ограждениях, расположенных не ниже 4 м от уровня пола (до низа проема), чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел достаточно нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения. Вытяжка в любой из периодов года осуществляется через фрамуги фонарей, а также через шахты и дефлекторы. В холодный и переходный периоды года фрамуги фонарей открывают лишь на участках, расположенных над источником тепловыделений или вблизи них. Меняя положение створок, можно регулировать воздухообмен.

Преимуществом аэрации является то, что большие объемы воздуха – до нескольких миллионов кубических метров в час подаются в производственное помещение и удаляются из него без затрат механической энергии. Система аэрации значительно дешевле механических систем вентиляции. Она является эффективным средством борьбы с избытками явного тепла в горячих цехах: прокатных, литейных, кузнечных. К недостаткам аэрации следует отнести существенное снижение эффективности в летнее время, когда повышается температура наружного воздуха, особенно в безветренную погоду. Кроме того, приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и

подогрева, а удаляемый – не очищается от выбросов и загрязняет наружный атмосферный воздух.

Для повышения эффективности использования кинетической энергии ветра в целях усиления вытяжки в системах естественной вентиляции на устье вытяжных шахт устанавливают специальные насадки – *дефлекторы*. Разработано большое количество дефлекторов различных типов, но наиболее рациональными конструкциями, получившими широкое распространение, являются дефлекторы ЦАГИ.

Дефлектор ЦАГИ представляет собой патрубок, который размещается над верхней частью вытяжной трубы или шахты. Верхняя часть патрубка имеет расширение (диффузор), над ним на некотором расстоянии располагается козырек. С боковых сторон диффузор вместе с козырьком закрывается цилиндрической обечайкой. Обечайка и козырек крепятся на кронштейнах на верхней части патрубка, оставляя по бокам строго определенное свободное пространство (рис. 3).

При обтекании наружной поверхности обечайки дефлектора ветровым воздушным потоком внутри нее создается разрежение, способствующее более интенсивной вытяжке воздуха из помещения. Поскольку дефлекторы устанавливаются выше конька крыши производственных зданий и имеют цилиндрическую обечайку, они улавливают ветровой напор любого направления. Данная конструкция дефлектора исключает обратную тягу (в помещение), а при непогоде – проникновение в здание дождя и снега.

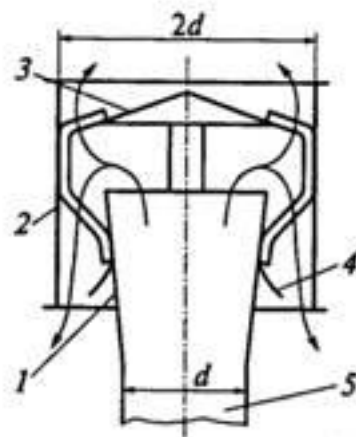


Рис. 3. Дефлектор ЦАГИ:

1 – диффузор; 2 – обечайка; 3 – колпак; 4 – конус; 5 – патрубок

Эффективность работы дефлектора зависит от силы ветра и высоты его установки над коньком крыши. При ориентировочном подборе дефлекторов определяют диаметр подводящего патрубка и соответствующие ему

конструктивные размеры. Более точно дефлекторы подбирают по специальным номограммам.

Механическая вентиляция

Механической называется вентиляция, с помощью которой воздух подается в помещения или удаляется из них по системам вентиляционных каналов, с использованием специальных механических побудителей (вентиляторов или эжекторов). Она более совершенна по сравнению с естественной вентиляцией, но требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат.

Механическая вентиляция по сравнению с естественной имеет ряд преимуществ, а именно возможность:

- 1) подвергать необходимой обработке как вводимый в помещение воздух (очищать, нагревать или охлаждать, увлажнять или подсушивать), так и удаляемый из него (очищать);
- 2) сохранять необходимый воздухообмен независимо от внешних метеорологических условий;
- 3) организовывать оптимальное воздухораспределение с подачей воздуха непосредственно к рабочим местам;
- 4) улавливать вредные выделения непосредственно в местах их образования, предотвращая их распространение по всему объему помещения.

К недостаткам механической вентиляции следует отнести значительную стоимость ее сооружения и эксплуатации и необходимость проведения мероприятий по борьбе с шумовым загрязнением.

В производственных зданиях наиболее распространена приточно-вытяжная общеобменная вентиляция, при которой воздух подается в помещение приточной системой, а удаляется вытяжной; системы работают одновременно.

Приточные вентиляционные системы обычно состоят из воздухозаборных устройств, устанавливаемых снаружи здания в тех местах, где воздух наименее загрязнен; устройств, предназначенных для придания воздуху необходимых качеств (фильтры, калориферы); воздуховодов для перемещения воздуха к месту назначения; побудителей движения воздуха – вентиляторов или эжекторов; воздухораспределительных устройств (патрубков, насадок), обеспечивающих подачу воздуха в нужное место с заданной скоростью и в требуемом количестве (рис. 4).

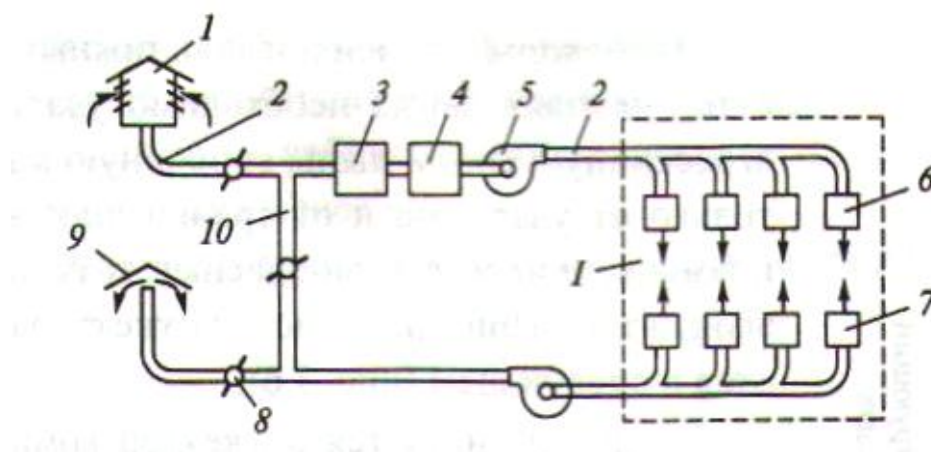


Рис. 4. Схема приточно-вытяжной механической вентиляции:
 1 – воздухоприемник; 2 – воздуховоды; 3 – фильтр; 4 – калорифер;
 5 – центробежный вентилятор; 6 – приточные отверстия; 7 – вытяжные отверстия; 8 –
 регулировочный клапан; 9 – устройство для выброса воздуха;
 10 – воздуховод для рециркуляции; I – защищаемое помещение

Вытяжные вентиляционные системы (рис. 4) состоят из вытяжных отверстий или насадков, через которые воздух удаляется из помещения; побудителя движения; воздуховодов; устройств для очистки воздуха от пыли или газов, устанавливаемых для защиты атмосферы и устройства для выброса воздуха, которое располагается на 1,0–1,5 м выше конька крыши.

В отдельных случаях для сокращения эксплуатационных расходов на нагревание воздуха применяют системы вентиляции с частичной рециркуляцией. В них к поступающему снаружи воздуху подмешивают воздух, отсасываемый из помещения вытяжной системой. Свежая порция воздуха в таких системах обычно составляет 10...20 % от общего количества подаваемого воздуха. Количество свежего, вторичного и выбрасываемого воздуха регулируется клапанами.

Фильтры, калориферы и вентиляторы приточной вентиляции устанавливают в так называемых вентиляционных камерах, которые часто располагают в подвалах.

Вытяжные вентиляционные камеры устраивают отдельно от приточных вентиляционных камер. В них размещают вентиляторы для побуждения движения воздуха. Вытяжные камеры в общественных зданиях обычно размещают на чердаке или технических этажах.

Воздуховоды должны быть, по возможности, короткими для снижения потери давления и расхода энергии.

Вентиляторы – это воздуходувные машины, создающие определенное давление и служащие для перемещения воздуха при потерях давления в

вентиляционной сети не более 12 кПа. Они предназначены для транспортирования воздуха от источника забора до помещения. По типу и конструктивным особенностям вентиляторы делятся на осевые, центробежные и тангенциальные. Конструкция *осевых* предусматривает движение входящего и выходящего воздушного потока вдоль оси двигателя. *Радиальные* (центробежные) вентиляторы способны создавать достаточно высокое общее давление за счет формы рабочего колеса и лопаток. Всасываемый через заборное отверстие воздух под действием вращения ротора, за счет специальной формы лопаток также приобретает вращательное движение и посредством центробежной силы выбрасывается под прямым углом к заборному отверстию. *Диагональные* (тангенциальные) вентиляторы являются синтезом радиальных и осевых. Воздух, проходя сквозь него, движется в осевом направлении, а затем в лопастном колесе отклоняется на 45°. Радиальная крыльчатка за счет центробежной силы, действующей в радиальном направлении, увеличивает статическое давление.

При выборе вентилятора определяющим фактором является величина перепада давления в сети, возникающая при преодолении сопротивления вентиляционной системы.

Эжекторы – гидравлические устройства, в которых происходит передача кинетической энергии от одной среды, движущейся с большей скоростью, к другой. Их применяют в вытяжных системах в тех случаях, когда необходимо удалить очень агрессивную среду, пыль, способную к взрыву не только от удара, но и от трения, или легко воспламеняющиеся взрывоопасные газы (ацетилен, эфир и т. д.). Недостатком эжектора является низкий КПД, не превышающий 25 %.

Местная вентиляция

С помощью местной вентиляции необходимые метеорологические параметры и чистота воздуха создаются на отдельных рабочих местах. В зависимости от назначения местная вентиляция может быть приточной и вытяжной.

Местная приточная вентиляция применяется там, где необходим интенсивный воздухообмен. Она подает чистый охлажденный (нагретый) воздух на рабочее место, создавая благоприятную метеорологическую обстановку.

Основными видами местной приточной вентиляции являются:

1. *Воздушный душ* – это сосредоточенный приток воздуха с повышенной скоростью, обеспечивающий подачу на человека струи воздуха заданных параметров (температура, влажность, скорость). Воздушное душирование

предусматривают на постоянных рабочих местах при воздействии на работающих интенсивного теплового излучения.

2. *Воздушный оазис* – устройство, создающее в ограниченном пространстве производственного помещения улучшенные (по сравнению с остальной частью помещения) условия воздушной среды. Представляет собой выделенную перегородками (высота около 2 м), открытую сверху часть помещения, в которую через сеть воздухопроводов нагнетается наружный воздух, прошедший, как правило, очистку и тепловлажностную обработку. Воздух всегда подаётся в воздушный оазис более низкой температуры, чем температура в общем помещении.

3. *Воздушная завеса* – это устройство, которое уменьшает или полностью предотвращает перемещение воздуха через проемы. Она создается направленной плоской воздушной струей, основное назначение которой – разделение потоков холодного и теплого воздуха. Воздушные завесы помогают значительно снизить потери тепла через открытые проемы и повысить комфорт внутри помещения.

Местная вытяжная (локализирующая) вентиляция удаляет загрязненный воздух от мест выделения вредностей (технологического оборудования, столов сортировки сырья, узлов пересыпки материалов и т. д.). Локализирующая вентиляция – наиболее эффективный и экономичный способ вытяжной вентиляции, поскольку со сравнительно небольшим количеством воздуха удаляется значительное количество вредных веществ. Достигается это тем, что загрязненный воздух забирается непосредственно от мест выделения вредных веществ, где их концентрация наиболее высока. Благодаря этому полностью или в значительной мере предотвращается поступление вредных веществ в воздух помещений. Применение локализирующей вентиляции весьма эффективно для удаления газов, паров, пыли, выделение которых может сопровождаться выделением теплоты.

Основные требования, которым должны удовлетворять местные вытяжные системы:

- место образования вредных выделений по возможности должно быть полностью укрыто;
- конструкция местного отсоса должна быть такой, чтобы отсос не мешал нормальной работе и не снижал производительность труда;
- вредные выделения необходимо удалять от места их образования в направлении их естественного движения (горячие газы и пары надо удалять вверх, холодные тяжелые газы и пыль – вниз).

Удаление воздуха может осуществляться с помощью местных отсосов и укрытий. Конструкции местных отсосов бывают трех типов: *полностью*

закрытыми, полуоткрытыми или открытыми. Наиболее эффективны закрытые отсосы. К ним относятся кожухи, камеры, герметично закрывающие технологическое оборудование.

Закрытые приемники полностью закрывают источник выделения вредностей при этом работающие находятся вне укрытия и выполняют необходимые операции через дверки с помощью удлиненных рукояток или дистанционного управления. Выброс газов и пыли через открытые дверки укрытия и отдельные неплотности предупреждается тем, что скорость засасывания воздуха через них принимается в несколько раз больше скорости диффузии газов или скорости витания пылевидных частиц. В этом случае расход воздуха, отсасываемого из закрытых приемников, невелик и ограничивается площадью дверок и неплотностей.

Если по условиям технологии или обслуживания такие укрытия устроить невозможно, то применяют отсосы с частичным укрытием или открытые: бортовые отсосы, вытяжные зонты, вытяжные шкафы, отсасывающие панели и т. д.

Бортовые отсосы используют, когда пространство над поверхностью выделения вредных веществ должно оставаться совершенно свободным – при загрузке и выгрузке обрабатываемых изделий с помощью подъемно-транспортных устройств. Бортовые отсосы могут быть односторонними и двусторонними. Односторонние бортовые отсосы эффективны и выгодны по расходу воздуха при малой ширине обслуживаемого зеркала (ванны, стола, желоба); двусторонние отсосы применяются при большей ширине зеркала. Кроме обычных бортовых отсосов применяют бортовые отсосы с передувом (сдувкой), когда в узкую щель, расположенную у одной длинной стороны ванны, подают струю воздуха, а с противоположной стороны ванны производят отсос. Бортовые отсосы неэффективны при высоких температурах и большой летучести жидкостей, находящихся в ваннах, так как конвекционные потоки могут изменить направление движения воздушных струй и помешать засосу вредных паров и газов бортовыми отсосами.

Вытяжные зонты устанавливаются на некотором расстоянии от места выделения вредностей, благодаря чему обеспечивается открытый доступ работающего к оборудованию или месту работы. Их применяют для улавливания вредных веществ, имеющих меньшую плотность, чем окружающий воздух. Зонты делают открытыми со всех сторон или частично открытыми с одной, двух, трех сторон, а по форме сечения – прямоугольными или круглыми. Главное условие эксплуатации, чтобы поток удаляемых вредных веществ не проходил через зону дыхания работающего. Эффективность работы вытяжного зонта зависит от размеров, высоты подвеса и угла его раскрытия.

Чем больше размеры и чем ниже установлен зонт над местом выделения вредных веществ, тем он эффективнее.

Вытяжные шкафы почти полностью закрывают источник выделения вредных веществ, поэтому они эффективнее других отсосов. Незакрытыми остаются лишь проемы для работы внутри шкафа, через которые воздух из помещения поступает в шкаф. Форма проема определяется характером технологических операций.

Местные вытяжные устройства используются в составе системы вытяжной вентиляции или подключаются непосредственно к фильтровентиляционному устройству или индивидуальному вентилятору.

Наибольшая эффективность удаления вредных веществ из зоны дыхания работающего достигается путем применения местных вытяжных устройств в сочетании с фильтровентиляционными системами.

Фильтровентиляционные установки (ФВУ) – это агрегаты, предназначенные для очистки воздуха от вредных примесей и подачи его в производственные помещения без потери тепла.

Принцип работы установки заключается в следующем: загрязненный воздух попадает из воздуховодов в шлакоборную камеру, где происходит резкое расширение и снижение скорости воздушного потока. В результате снижения скорости крупные частицы осаждаются на дно камеры. Более мелкие частицы поднимаются в верхнюю часть установки с находящимися там фильтрами. Воздух проходит через фильтры, очищается и выпускается из установки. Для очистки воздуха в зависимости от назначения применяются различные фильтры. Благодаря использованию в установках высококачественных фильтровальных материалов достигается высокая степень очистки воздуха.

Санитарно-гигиенические и технические требования к системам вентиляции.

1. Система вентиляции не должна вызывать резких перепадов давления в здании. Количество приточного воздуха должно соответствовать количеству удаляемого. Разница между ними не должна превышать 10...15 %.

В некоторых случаях возможно поддержание избыточного давления по отношению к наружному воздуху или соседним помещениям с целью обеспечения перетока воздуха из чистых помещений в менее чистые. Или наоборот, возможно повышение расхода вытяжного воздуха, чтобы гарантированно избежать попадания в помещение запахов и остатков вредных веществ из соседних помещений.

2. Приточные и вытяжные системы в помещении должны быть рационально размещены. Свежий воздух необходимо подавать в те зоны

помещения, где количество вредных выделений минимально, а удалять, где выделения максимальны. Приток воздуха должен производиться, как правило, в рабочую зону, а вытяжка – из верхней зоны помещения. В ряде случаев при удалении вредных газов и паров с плотностью большей, чем у воздуха, вытяжку можно производить из нижней зоны.

3. Система вентиляции не должна вызывать переохлаждения и перегрева работающих.

4. Система вентиляции не должна создавать шум на рабочих местах, превышающий предельно допустимый уровень.

5. Система вентиляции должна быть эффективна, безопасна и надежна в эксплуатации и экономически обоснована.

Тема № 9. Производственное освещение

Известно, что около 90 % всей информации о внешнем мире человек получает через зрительные ощущения. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия, снижающие утомляемость, уровень производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Свет – это видимое электромагнитное излучение в диапазоне длин волн 380–760 нм, которое, попадая на сетчатку глаза, вызывает зрительное ощущение.

Виды и системы освещения

В зависимости от источника света различают освещение: *естественное, искусственное и совмещенное.*

По конструктивному исполнению естественное освещение бывает боковым, верхним и комбинированным. Искусственное освещение может быть общим, когда светильники размещены в верхней части помещения, и комбинированным, когда к общему освещению добавляется местное, причем общее освещение в системе комбинированного должно составлять не менее 10 % и не менее 200 лк при газоразрядных лампах, 75 лк при лампах накаливания. Местное освещение отдельно не применяется.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на следующие виды: *рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное, эритемное, бактерицидное.* Рабочее обеспечивает нормируемое освещение на рабочих местах. Аварийное составляет не менее 5 % от рабочего и предусматривается для продолжения работы, когда прекращение работы при выходе из строя рабочего освещения может привести к тяжелым последствиям. Эвакуационное освещение должно обеспечивать не

менее 0,5 лк на уровне ног по основным проходам и устраивается для эвакуации людей из помещений, где работает более 50 человек. Охранное и дежурное освещение должно обеспечивать несение дежурства и охраны в помещениях и на территории в нерабочее время. Эритемное освещение используется для компенсации недостатка солнечного излучения. Бактерицидное освещение используется для обеззараживания воздуха помещений, например, операционных в больницах.

Освещение производственных помещений характеризуется количественными и качественными показателями.

Количественные светотехнические показатели

Световой поток F характеризует мощность светового излучения. Единица измерения – люмен (лм). Измерение основано на зрительном восприятии.

Сила света I – световой поток dF , распространяющийся внутри телесного угла $d\Omega$: $I = dF/d\Omega$. Единица измерения – кандела (кд).

Яркость L – отношение силы света dI , излучаемого в рассматриваемом направлении, к площади освещенной поверхности dS :

$$L = dI/(dS \cos \alpha),$$

где α – угол между нормалью к элементу поверхности dS и направлением, для которого рассчитывается яркость. Единица измерения – кандела на квадратный метр (кд/м²).

Освещенность E – отношение светового потока dF , падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента dS : $E = dF/dS$. Единица измерения – люкс (лк).

Качественные величины

Фон – поверхность, непосредственно прилегающая к объекту различения. Фон характеризуется коэффициентом отражения R и считается светлым при $\rho > 0,4$, средним при $0,2 \leq \rho \leq 0,4$ и темным, если $\rho < 0,2$.

Контраст объекта различения с фоном:

$$R = (L_0 - L_\phi)/L_\phi,$$

где L_0 и L_ϕ – соответственно яркости объекта и фона.

Контраст считается большим при $K > 0,5$, средним при $0,2 \leq K \leq 0,5$, малым при $K < 0,2$.

Видимость:

$$V = K/K_{\text{пор}},$$

где K – контраст между объектом и фоном; $K_{\text{пор}}$ – пороговый контраст, т. е. такой контраст, при котором объект едва различим на фоне.

Коэффициент пульсации K_n – оценка относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока источника света при питании его переменным током:

$$K_n = (E_{max} - E_{min}) / 2 E_{cp},$$

где E_{max} , E_{min} , E_{cp} – соответственно максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период ее колебаний.

Показатель ослепленности:

$$P = (V_1 / V_2 - 1) 1000,$$

где V_1 , V_2 – соответственно видимость при экранировании и при наличии блестящих источников в поле зрения.

Требования, предъявляемые к освещению:

1. Освещенность на рабочем месте должна быть не менее нормированной.
2. Яркости объекта и фона не должны отличаться более чем в 3–5 раз.
3. Не должно быть резких теней на рабочем месте.
4. Обеспечение постоянства освещенности на рабочем месте во времени.
5. Отсутствие прямой и отраженной блескости в поле зрения.
6. Рациональное направление светового потока.
7. Обеспечение необходимого спектрального состава.
8. Безопасность и простота в эксплуатации.

Источники искусственного света

В осветительных установках, предназначенных для освещения предприятий, применяют *лампы накаливания* и *газоразрядные лампы*.

Лампы накаливания относятся к тепловым источникам света. Нить накала под действием электрического тока нагревается до высокой температуры и излучает поток лучистой энергии. Лампы накаливания имеют низкую стоимость, удобны в эксплуатации, в них отсутствует пульсация светового потока, но имеют и ряд недостатков: малую светоотдачу 7–20 лм/Вт; преобладание в спектре желтых и красных излучений; малый срок службы (до 2000 ч); большой нагрев (до 140 °С), делающий их пожароопасными.

Газоразрядные лампы имеют ряд преимуществ перед лампами накаливания. Световая отдача их достигает 135 лм/Вт, срок службы – до 10000 ч, температура поверхности при работе 30–60 °С, имеется возможность получения света в любой части спектра. Недостатки газоразрядных ламп: сложность включения в сеть, связанная с необходимостью применения специальных пусковых устройств; длительный период разгорания; зависимость светоотдачи от температуры окружающего воздуха; наличие радиопомех;

значительная пульсация светового потока, что ведет к появлению стробоскопического эффекта.

Уменьшение пульсации осуществляется включением в разные фазы сети переменного тока трех ламп в светильнике, применением двухламповых светильников с искусственным сдвигом фаз, питанием током повышенной частоты.

Нормирование искусственного, естественного и совмещенного освещения осуществляется по СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Искусственное освещение. В действующих нормах установлены количественные величины – минимальная освещенность E , а также качественные – показатель ослепленности P и коэффициент пульсации $K_{\text{П}}$. Абсолютное значение уровня освещенности E нормируется в зависимости от характеристики зрительной работы, которая определяется линейным размером объекта различения, контрастом между объектом различения и фоном, характеристикой фона, типом источника света и системы освещения.

Для производственных помещений предусмотрены разряды работ от I (наивысшей точности) до VIII (общее наблюдение за ходом работ), для общественных и административных помещений – разряды от А до З.

Показатель ослепленности в зависимости от точности зрительных работ и продолжительности пребывания людей в помещении.

Допустимый коэффициент пульсации $K_{\text{П}}$ газоразрядных ламп, питаемых током промышленной частоты 50 Гц, не должен превышать 10–20 %.

Естественное освещение. Вследствие непостоянства естественное освещение в течение дня и в различное время года нормируется по относительной величине – коэффициенту естественной освещенности КЕО (e). КЕО – это отношение естественной освещенности, создаваемой в заданной точке внутри помещения светом неба E_B , к освещенности горизонтальной поверхности, создаваемой в то же время светом полностью открытого небосвода E_n :

$$e = (E_B / E_n) 100 \text{ \%}.$$

Нормируемое значение КЕО e_n определяется в зависимости от характеристики зрительной работы и системы освещения. Для учета особенностей светового климата в разных районах Российской Федерации КЕО следует определять по формуле:

$$e_N = e_n \cdot m_N,$$

где e_N – номер группы обеспеченности естественным светом; e_n – нормированное значение КЕО; m_N – коэффициент светового климата.

Величина N зависит от ориентации световых проемов по сторонам горизонта, m_N зависит от номера группы административного района. Для г. Омска эти коэффициенты принимаются равными 1.

При одностороннем боковом естественном освещении нормируется КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1,0 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (как правило, 0,8 м от пола). При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещений и условной рабочей поверхности. Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1,0 м от поверхности стен или перегородок.

Тема № 10; 11. Защита от шума, ультразвука и инфразвука

Источники шума на производстве

Техногенные шумы по *физической природе* могут быть разделены:

- на *механические*, возникающие при взаимодействии различных деталей в механизмах (одинокные или периодические удары), а также при вибрациях поверхностей машин, устройств и т. п.;
- *электромагнитные*, возникающие вследствие колебаний деталей и элементов электромеханических устройств под действием электромагнитных полей (дрессели, трансформаторы, статоры, роторы);
- *аэродинамические*, возникающие в результате вихревых процессов в газах (адиабатическое расширение сжатого газа или пара из замкнутого объема в атмосферу; возмущения, возникающие при движении тел с большими скоростями в газовой среде, при вращении лопаток турбин и т. п.);
- *гидродинамические*, вызываемые различными процессами в жидкостях (возникновение гидравлического удара при быстром сокращении кавитационных пузырей, кавитация в ультразвуковом оборудовании, в жидкостных системах самолета).

Влияние шума на организм человека

При характеристике отрицательного влияния шума прежде всего необходимо остановиться на изменениях в органах его адекватного восприятия. Обычно различают следующие формы специфического воздействия шума: *шумовая травма, утомление слуха и профессиональная тугоухость*. Первая из них бывает связана с влиянием очень высокого звукового давления, возникающего при взрывных работах, испытании мощных двигателей, электрических разрядах в микрофонах и т. д. У пострадавших отмечаются боль

в ушах, головокружение и поражение барабанной перепонки вплоть до разрыва.

Утомление слуха, очевидно, объясняется перераздражением нервных клеток слухового анализатора и выражается ослаблением слуховой чувствительности к концу рабочего дня. При каждодневном повторении это перераздражение может служить причиной постепенного развития профессиональной тугоухости, т. е. прогрессирующего понижения слуха вплоть до его полной потери. В основе заболевания лежит поражение звуковоспринимающего аппарата, где возникают необратимые изменения в кортиевоулитковом органе, достигающие до выраженной его атрофии. Эта атрофия начинается в области основных и нижних завитков улитки, т. е. как раз в той ее части, которая воспринимает высокие тона. Верхние же отделы, улавливающие низкочастотные звуковые колебания, поражаются слабее и реже. Отсюда следует, что для развития тугоухости большую роль играет спектральный состав производственного шума, который наряду с уровнем громкости и продолжительностью воздействия имеет решающее значение для возникновения данного патологического состояния. Необходимо также принимать во внимание и конституционные особенности организма. У одних работающих выраженное ослабление слуха может быть обнаружено уже через несколько недель после начала работы, у других эти проявления отмечаются через несколько лет.

Шум оказывает влияние не только на орган слуха, но и на весь организм человека (неспецифическое действие).

Шум с уровнем звукового давления 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему. Постоянная травматизация слухового нерва в состоянии вызвать ослабление внутреннего активного торможения, обусловить возбуждение коры и подкорковых центров, способствовать нарушению динамики нервных процессов и развитию неврозов. Необходимо отметить, что указанные изменения в ЦНС могут возникать даже раньше, чем первые нарушения в самом слуховом анализаторе.

Более высокие уровни шума оказывают влияние на органы кровообращения, что выражается в повышении артериального давления, болевых ощущениях в области сердца, аритмии и других сосудистых нарушениях. По мнению отдельных клиницистов, у рабочих «шумных» профессий отмечается возрастание числа случаев гипертонической болезни и атеросклероза.

Среди неспецифических изменений в организме при действии шума отмечаются также угнетение секреции желудка и понижение кислотности, изменения со стороны эндокринного аппарата, органов зрения и т. д.

Наконец, проявлением шумового воздействия является ослабление иммунобиологических сил организма и рост общей заболеваемости.

Под шумовой болезнью понимают стойкие, необратимые морфологические изменения в органе слуха, обусловленные влиянием производственного шума. В настоящее время «шумовая болезнь» характеризуется комплексом симптомов:

- снижение слуховой чувствительности;
- изменение функции пищеварения, выражающейся в понижении кислотности;
- сердечно-сосудистая недостаточность;
- расстройства нервной и эндокринной систем.

Физические характеристики шума. Звуковыми (акустическими) называют распространяющиеся в среде упругие волны с частотами 16–20000 Гц.

Колебания с частотами

$\nu < 16$ Гц называют *инфразвуковыми*, $\nu > 20$ кГц – *ультразвуковыми*.

Область пространства, в которой распространяются звуковые волны, называют *звуковым полем*.

Звуковое давление – разность между мгновенным значением давления и средним давлением за определенный промежуток времени (рис. 6).

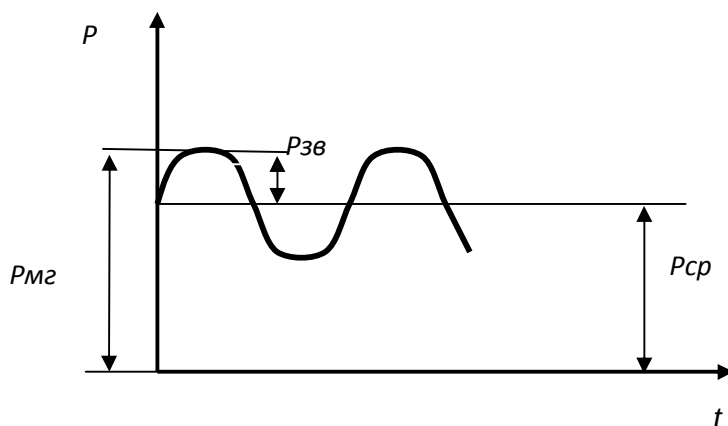


Рис.6. Звуковое давление: P – давление; $P_{мг}$ – мгновенное давление; $P_{ср}$ – среднее давление; $P_{зв}$ – давление звуковой волны

Человек воспринимает не мгновенное значение давления, а его среднеквадратичное:

$$P_{ск} = \sqrt{\frac{1}{T_{yc}} \int_t^{t+T_{yc}} p^2(t) dt}, \text{ где } T_{yc} - \text{ время усреднения.}$$

Поток энергии (I) – энергия, переносимая распространяющейся волной через единицу площади за единицу времени. Вектор потока энергии направлен в сторону распространения волны и носит название *вектора Умова*. Величина потока энергии измеряется в Вт/м² и для звукового поля называется *интенсивностью звука* или *силой звука*.

Интенсивность и звуковое давление связаны зависимостью:

$$I = \frac{p^2}{\rho c},$$

где p – звуковое давление; ρ – плотность среды, кг/м³; c – скорость распространения звука в среде.

Звуковые волны распространяются с определенной скоростью.

Скорость распространения звука в различных средах различна. В твердых телах могут распространяться упругие колебания двух типов: продольные и поперечные. В изотропных твердых телах скорости этих двух типов колебаний равны соответственно:

$$V_{прод.} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad \text{или} \quad V_{попер.} = \sqrt{\frac{G}{\rho}},$$

где E – модуль упругости, Па; G – модуль сдвига, Па; ρ – плотность, кг/м³.

В жидкостях могут распространяться только продольные звуковые волны сжатия и разрежения. Их скорость выражается формулой:

$$V_{жс} = \sqrt{\frac{K}{\rho}}, \quad \text{где } K - \text{ модуль сжатия жидкости, Па.}$$

Скорость распространения звука в идеальном газе определяется выражением:

$$V_{г} = \sqrt{\gamma \frac{p}{\rho}} = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}}, \quad \text{где } \frac{C_p}{C_v} = \gamma - \text{ показатель адиабаты; } C_p \text{ и } C_v$$

теплоемкость газа при постоянном давлении и постоянном объеме; p – статическое давление среды, Па; R – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К; T – термодинамическая температура газа, К; μ – молярная масса газа, кг/моль.

Для одноатомных газов $\gamma = 1,67$, а для многоатомных приближается к 1. Для воздуха $\gamma = 1,41$.

Субъективной характеристикой звука, связанной с его интенсивностью, является *громкость звука*, зависящая от частоты.

По закону Вебера-Фехнера, с ростом интенсивности звука громкость возрастает по логарифмическому закону. На этом основании вводят объективную оценку громкости звука по измеренному значению его интенсивности – *уровень интенсивности*:

$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$, где I – текущее значение интенсивности звука; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – пороговая интенсивность звука.

С учетом формулы (3.2) введена аналогичная величина для давления – *уровень звукового давления*:

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \quad \text{где } p \text{ и } p_0 \text{ – соответственно}$$

текущее и пороговое значение звукового давления, Па; $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Уровни интенсивности и звукового давления измеряются в децибелах (дБ).

Классификация шумов

Шум – совокупность аperiodических звуков разной интенсивности и частоты.

По характеру спектра шумы делятся на широкополосные и тональные.

Спектр представляет собой зависимость между частотой и уровнем звукового давления (интенсивности). Различают сплошные (непрерывные) спектры (рис. 7, а), линейчатые (дискретные) спектры (рис. 7, б) и смешанные спектры (рис. 7, в).

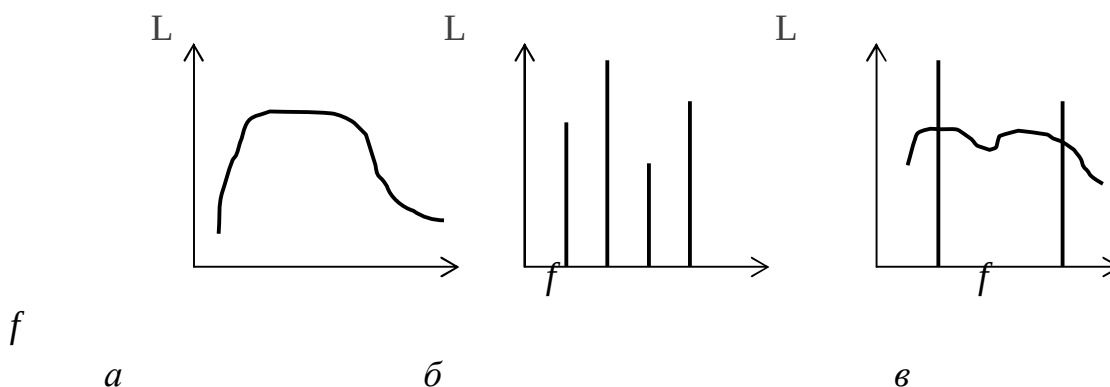


Рис. 7. Виды спектров шума:
 L – уровень интенсивности; f – частота

Широкополосными называются шумы, имеющие непрерывный спектр шириной более октавы.

Тональный шум характеризуется тем, что в спектре присутствуют отдельные слышимые дискретные тона.

Октава – диапазон, в котором верхняя граничная частота в два раза больше нижней граничной частоты:

$$\frac{f_в}{f_н} = 2.$$

Октава характеризуется среднегеометрической частотой:

$$f_{сг} = \sqrt{f_н \cdot f_в}.$$

По временным характеристикам шумы делятся на постоянные и непостоянные.

Постоянные не изменяют уровень сигнала в течение 8 часов более чем на 5 дБА.

Непостоянные шумы делятся:

- на *импульсные* – состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, длительностью до 1 с и с уровнями звука, отличающимися более чем на 7 дБА (удар молота);

- *прерывистые* – уровень звука изменяется на 5 дБА и более несколько раз за время измерения, причем длительность импульса больше 1 с и в момент действия импульса амплитуда остается постоянной, превышающей фон (сброс сжатого воздуха).

- *колеблющиеся во времени* – уровень меняется со временем (шум транспорта).

В технике измерений шумов *в зависимости от среды распространения* различают воздушный и структурный шумы. *Воздушный* распространяется по воздуху от источника до точки измерения. *Структурный* возникает из-за колебаний упругой среды (стены зданий, перекрытия, трубопроводы) с последующим излучением с колеблющихся поверхностей.

Нормирование шума

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83 и Санитарными нормами (СН) 2.2.4/2.1.8.562-96. Для нормирования постоянных шумов применяют уровни звукового давления в девяти октавных полосах частот в зависимости от вида производственной деятельности. Совокупность девяти ПДУ шума называют *предельным спектром*. Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать уровень звука (дБА), определяемый по шкале А шумомера с коррекцией низкочастотной составляющей по закону чувствительности органов слуха и приближением результатов объективных измерений к субъективному восприятию.

Нормируемой характеристикой непостоянного шума является эквивалентный по энергии уровень звука (дБА):

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left(\frac{1}{100} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1L_i} \right),$$

где t_i – относительное время воздействия шума класса L_i , % времени измерения;
 L_i – уровень звука класса i , дБА.

Основными методами защиты от шума являются следующие.

1. Уменьшение шума в источнике возникновения.

Уменьшение механического шума в источнике возникновения достигается за счет:

- замены ударных процессов и механизмов безударными;
- замены возвратно-поступательного движения равномерным вращательным;
- применения клиноременных передач вместо зубчатых, а если это невозможно, замены прямозубых шестерен на косозубые и шевронные;
- замены подшипников качения подшипниками скольжения;
- использования пластмасс в качестве конструкционных материалов;
- принудительного смазывания трущихся поверхностей и т. п.

Аэродинамический шум снижается, в основном, за счет уменьшения скорости движения среды. В большинстве случаев меры по ослаблению аэродинамических шумов в источнике оказываются недостаточными, поэтому основное снижение шума достигается путем звукоизоляции источника и установки глушителей.

Снижение *электромагнитных шумов* осуществляется путем конструктивных изменений в электрических машинах.

2. Изменение направленности излучения шума предполагает учет показателя направленности при проектировании установок.

3. Рациональная планировка предприятий и цехов обеспечивается концентрацией шумных цехов вдали от тихих помещений, при этом снижение уровня шума достигается увеличением расстояния от источника шума до расчетной точки.

4. Акустическая обработка помещений.

Акустическая обработка помещений – размещение звукопоглощающих материалов на ограждающих конструкциях.

Звукопоглощением называется процесс перехода части энергии звуковой волны в тепловую энергию среды, в которой распространяется звук.

Звукопоглощение обладает дисперсией, т. е. достаточно сильно зависит от частоты. При её повышении звукопоглощение повышается.

Наряду с непосредственным переходом части звуковой энергии в тепловую, звуковая волна ослабляется за счет её частичного проникновения через ограждения, щели, окна.

К звукопоглощающим материалам относятся материалы, у которых коэффициент поглощения на средних частотах больше 0,2. В зависимости от механизма звукопоглощения материалы делятся на несколько видов.

1. Материалы, в которых поглощение осуществляется за счёт вязкого трения воздуха в порах (волокистые пористые материалы типа ультратонкого стеклянного и базальтового волокна), в результате чего кинетическая энергия падающей звуковой волны переходит в тепловую энергию материала.

2. Материалы, в которых помимо вязкого трения в порах происходят релаксационные потери, связанные с деформацией нежесткого скелета (войлок, древесно-волокистые материалы, минеральная вата).

3. Панельные материалы, звукопоглощение которых обусловлено деформацией всей поверхности или некоторых её участков (фанерные щиты, плотные шторы).

Звукопоглощение наиболее эффективно на высоких и средних частотах. Для повышения поглощения пористых материалов на низких частотах либо увеличивают их толщину, либо используют воздушный промежуток между материалом и ограждением. Максимальное поглощение наблюдается тогда, когда воздушный зазор между поверхностями конструкции и материала равен половине длины волны падающего звукового колебания.

5. Звукоизоляция.

Под *звукоизоляцией* понимается процесс снижения уровня шума, проникающего через ограждения в помещение, за счет отражения звука назад к источнику.

Для изоляции на практике часто используются звукоизолирующие кожухи, стены, перегородки, выгородки, кабины и т. п.

В звукоизолированном помещении звуковая энергия зависит не только от коэффициента пропускания, но и от звукопоглощения. Звукоизолирующая способность ограждения с учетом звукопоглощения выражается формулой:

$$S_u = 10 \lg \frac{1}{K_{np}} + 10 \lg \frac{S}{\sum K_n S_i}, \text{ дБ},$$

где K_{np} – коэффициент прохождения звука; K_n – коэффициент звукопоглощения; S – площадь ограждения, м².

Звукоизоляция ограждающей конструкции не зависит от физической структуры материала, если составляющие элементы обладают примерно одинаковой плотностью и модулем упругости. В этом случае звукоизоляция определяется массой на единицу площади. Для повышения звукоизоляции

применяют слоистые ограждающие конструкции. В них жесткие элементы, имеющие большую массу, чередуются с гибкими слоями.

6. Применение средств индивидуальной защиты.

Применение СИЗ обоснованно лишь в тех случаях, когда невозможно добиться снижения шума другими средствами. СИЗ выбирают, исходя из спектра шума на рабочем месте, они бывают в виде вкладышей (мягких или жестких), в виде наушников или шлемов. Звукопоглощающим материалом в наушниках служит поролон или ультратонкое стекловолокно.

Ультразвук, его влияние на организм и нормирование

Ультразвук – упругие колебания и волны, частота которых лежит в диапазоне 16–100 кГц. Ультразвуковые волны по своей природе не отличаются от упругих волн слышимого диапазона и характеризуются теми же параметрами: интенсивностью (Вт/м^2), звуковым давлением (Па), звуковой мощностью (Вт) и их уровнями (дБ).

Тем не менее, ультразвуковые колебания обладают специфическими особенностями, которые обусловлены высокой частотой и, соответственно, малой длиной волн. Ультразвуковые волны имеют лучевой характер распространения. Поэтому при одинаковой звуковой мощности источника шума и ультразвука интенсивность последнего будет значительно выше.

Ультразвуковые установки применяются для очистки и обезжиривания деталей при ремонте часов, для механической обработки твердых и хрупких материалов в ювелирном производстве (сварка, пайка, лужение и т. п.), для соединений искусственной кожи, натуральной ткани с синтетической и пр.

В технологических целях используются ультразвуковые колебания низкой частоты (18–44 кГц) и большой интенсивности (67 Вт/см^2).

Уровни звукового давления на рабочих местах в зависимости от вида установки колеблются от 80 до 120 дБ.

Действие ультразвука на организм человека. Ультразвук оказывает на организм человека механическое, тепловое, кавитационное действие.

Так, при частоте 100 кГц и малых интенсивностях (23 Вт/см^2) происходит микромассаж тканевых элементов, что улучшает обмен веществ. Однако повышение интенсивности ультразвука приводит к кавитации и механическому разрушению клеток тканей.

При распространении ультразвука в организме происходит преобразование акустической энергии в тепловую, что может привести к перегреву тканей и их разрушению.

Кавитационное действие – образование в жидкости (крови, лимфе) заполненных воздухом пузырьков. Нарушение молекулярных связей приводит к их разрыву, происходит как бы «закипание» крови.

У работающих на низкочастотных ультразвуковых установках при интенсивности более 100 дБ могут наблюдаться изменения в центральной и периферической нервной системе, нарушение работы слухового и вестибулярного аппарата, ухудшение сна.

Ультразвук вызывает функциональные нарушения нервной системы, изменение давления и состава крови. Часто наблюдаются головные боли, быстрая утомляемость, потеря слуховой чувствительности.

Бывают случаи аллергии к ультразвуку (с потерей сознания). Контактное воздействие ультразвука имеет большой отрицательный эффект на здоровье человека и проявляется в виде парезов и вегетативных полиневритов.

Нормирование ультразвука. Основным документом, регламентирующим безопасность при работе с ультразвуком, являются СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

Гигиенической характеристикой воздушного ультразвука на рабочих местах являются уровни звукового давления (дБ) в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5...100 кГц (табл. 4).

Таблица 4

Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц	Уровень звукового давления, дБ
12,5	80
16	90
20	100
25	105
31,5–100,0	110

Допустимые уровни контактного ультразвука следует принимать на 5 дБ ниже значений, указанных в таблице в тех случаях, когда работающие подвергаются совместному воздействию воздушного и контактного ультразвука.

Характеристикой контактного ультразвука является пиковое значение виброскорости или его логарифмический уровень (табл. 4).

Таблица 4

Допустимые уровни виброскорости и ее пиковые значения
на рабочих местах

Среднегеометрические частоты октавных полос, кГц	Пиковые значения виброскорости, м/с	Уровни виброскорости, дБ
16–63	0,005	100
125–500	0,0089	105
1000–31500	0,016	110

Методы защиты от ультразвука. Для устранения непосредственного контакта работающих с рабочей поверхностью оборудования, жидкостью и обрабатываемыми деталями применяются: дистанционное управление; автоблокировка при выполнении вспомогательных операций (загрузка и выгрузка деталей, нанесение контактных смазок и др.); приспособления для фиксации положения источника ультразвука или обрабатываемой детали; экранирование источника ультразвука.

В качестве СИЗ работающих от вредного воздействия ультразвука, распространяющегося в воздушной среде, применяются противошумы.

Для защиты рук от воздействия ультразвука в зоне контакта работающего с твердой или жидкой средой используются защитные рукавицы или перчатки.

Зоны с уровнями ультразвука, превышающими предельно допустимые, обозначаются предупреждающим знаком «Осторожно! Прочие опасности!».

Инфразвук и его нормирование

Инфразвук – акустические колебания с частотой ниже 16...20 Гц.

В машиностроении основными источниками инфразвука являются двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели, вентиляторы, поршневые компрессоры, машины и механизмы, работающие с числом рабочих циклов менее 20 в секунду.

В условиях производства инфразвук, как правило, сочетается с низкочастотным шумом, в ряде случаев – с низкочастотной вибрацией.

При воздействии инфразвука на организм уровнем 110–150 дБ могут возникать неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения: нарушения в ЦНС, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе. Отмечают жалобы на головные боли, головокружения, осязаемые движения барабанных перепонки, звон в ушах и

голове, снижение внимания и работоспособности; может появиться чувство страха, сонливость, затруднение речи; специфическая для действия инфразвука реакция – нарушение равновесия. При воздействии инфразвука с уровнем 105 дБ отмечены психофизиологические реакции в форме повышения тревожности и неуверенности, эмоциональной неустойчивости. На частотах 5–10 Гц возникает чувство вибрации внутренних органов.

Установлен аддитивный характер действия инфразвука и низкочастотного шума. Следует отметить, что производственный шум и вибрация оказывают более агрессивное действие, чем инфразвук сопоставимых параметров.

Гигиенически регламентация инфразвука на рабочих местах производится в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.583-96 (табл. 5).

Таблица 5

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах,
допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях
и на территории жилой застройки

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ, лин
Работы с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий: – работы различной степени тяжести – работы различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности	1	2	8	16	100 95
	100	95	90	85	
	95	90	85	80	

К основным мероприятиям по борьбе с инфразвуком можно отнести:

- повышение быстроходности машин, что обеспечивает переход максимума излучения в область слышимых частот;
- повышение жесткости конструкций больших размеров;

- устранение низкочастотной вибрации;
- установка глушителей реактивного типа, в основном резонансных и камерных.

Нужно отметить, что традиционные методы борьбы с шумом с помощью звукоизоляции и звукопоглощения малоэффективны при инфразвуке. В этом случае первостепенной является борьба с этим вредным производственным фактором в источнике его возникновения. Применяется также интерференционный метод защиты.

Тема № 12. Защита от вибрации

Под *вибрацией* понимается движение точки или механической системы, при которой происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты.

Источниками вибраций служат ручные механические инструменты (дрели, гайковерты, электро- и бензомоторные пилы, шлифовальные машины и пр.), а также оборудование – швейные, трикотажные машины, дерево- и металлообрабатывающие станки; специальные вибрационные установки, например, для уплотнения бетонных смесей и пр., транспортные средства (наземные, водные, воздушные).

В зависимости от способа возбуждения механические колебания бывают свободными и вынужденными.

Свободные колебания возникают под действием силы инерции, равной произведению массы на ускорение, силы внутреннего трения, пропорциональной скорости колебания и силы упругости, пропорциональной величине отклонения от равновесия. Любая система, выведенная из равновесия путем мгновенного приложения нагрузки, совершает свободные колебания, которым свойственны определенные периоды и частота.

Вынужденные колебания возникают под действием внешних периодических возмущающих сил и всегда сопровождаются возникновением собственных колебаний, которые быстро затухают. Наиболее упрощенный вид вынужденных колебаний – синусоидальные колебания, или гармонические. По мере приближения частоты вынужденных колебаний к частоте собственных наступает явление резонанса, сопровождающееся резким увеличением амплитуды колебаний системы.

Причинами возбуждения вибраций являются: возникшие при работе машин и механизмов неуравновешенные силовые воздействия из-за возвратно-поступательных движений; наличие дисбаланса масс (несовпадение центров масс и инерции) из-за неоднородности материала вращающегося тела, из-за

неравномерного нагрева при горячих и холодных посадках; увеличение люфтов и зазоров при износе.

Вибрация приводит к преждевременному износу деталей и износу машин и механизмов, различного рода нарушениям и авариям.

Основными параметрами вибрации, происходящей по синусоидальному закону являются: амплитуда вибросмещения x_m , амплитуда виброскорости v_m , амплитуда колебательного ускорения a_m , период колебания T , частота f , связанная с периодом колебаний соотношением $f = 1/T$.

Вибросмещение в случае синусоидальных колебаний определяют по формуле:

$$x = x_m \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где ω – угловая частота ($\omega = 2\pi f$); φ_0 – начальная фаза вибросмещения. В большинстве случаев φ_0 в задачах охраны труда значения не имеет и может не учитываться.

Действие вибрации на организм человека. По действию на организм человека вибрация делится на *общую*, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и *локальную* (местную), передающуюся через верхние конечности и плечевой пояс. При воздействии общей вибрации наблюдается нарушение сердечной деятельности, расстройство нервной системы, спазмы сосудов, изменения в суставах, приводящие к ограничению подвижности.

При длительном действии вибрации возможно возникновение виброболезни – стойкого нарушения физиологических функций организма, обусловленного воздействием вибрации на ЦНС. Симптомы этой болезни – общее возбуждение (или торможение), утомление, слабость, ощущение тряски внутренних органов, сердцебиение, тошнота, головные боли и даже судороги. В особо тяжелых случаях наблюдается атрофия мышц, поражение мозга, вестибулярного и костно-суставного аппаратов, эпилепсия. Излечение виброболезни возможно лишь на ранних стадиях ее развития.

Особенно вредны общие вибрации с частотами, близкими к собственным частотам организма и его органов, лежащие в диапазоне 6–9 Гц. В случае совпадения частот возникают резонансные явления, которые могут привести к разрыву внутренних органов. При частоте свыше 20 Гц вибрация сопровождается возникновением шума.

Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, ухудшение кровообращения в конечностях, нарушение чувствительности кожи, способствует отложению солей в суставах кистей рук, стоп нижних

конечностей.

При этом, как и при общей вибрации, нарушается деятельность ЦНС.

Нормирование вибрации

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, должна производиться следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

- для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;
- для общей вибрации в виде октавных или третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратические значения виброскорости v и виброускорения a или их логарифмические уровни (L_v , L_a).

Логарифмические уровни виброскорости L_v в дБ, определяют по формуле:

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{5 \cdot 10^{-8}},$$

где v – среднее квадратическое значение виброскорости, м/с; $5 \cdot 10^{-8}$ – опорное значение виброскорости, м/с.

Логарифмические уровни виброускорения L_a в дБ, определяют по формуле:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{1 \cdot 10^{-6}},$$

где a – среднее квадратическое значение виброускорения, м/с²; $1 \cdot 10^{-6}$ – опорное значение виброускорения, м/с².

При интегральной оценке по частоте нормируемым параметром является скорректированное значение виброскорости и виброускорения (U) или их логарифмические уровни (L_U), измеряемые с помощью корректирующих фильтров или вычисляемые по формулам:

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i \cdot K_i)^2} \quad \text{или} \quad L_U = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{Ui} + L_{Ki})},$$

где U_i , L_{U_i} – среднее квадратическое значение виброскорости или виброускорения (или их логарифмические уровни) в i -ой частотной полосе; n – число частотных полос в нормируемом частотном диапазоне; K_i, L_{K_i} – весовые коэффициенты для i -ой частотной полосы соответственно для абсолютных значений или их логарифмических уровней, определяемые для локальных вибраций по таблицам СН.

При интегральной оценке вибрации с учетом времени ее воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемым параметром является эквивалентное скорректированное значение виброскорости или виброускорения $U_{э\kappa\text{в}}$ или их логарифмический уровень $L_{U_{э\kappa\text{в}}}$, измеренное или вычисленное по формуле:

$$U_{э\kappa\text{в}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n U_i^2 \cdot t_i}{T}} \quad \text{или} \quad L_{U_{э\kappa\text{в}}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \cdot t_i \right),$$

где U_i – скорректированное по частоте значение контролируемого параметра виброскорости (v , L_v), или виброускорения (a , L_a), м/с²; t_i – время действия вибрации, ч;

$$T = \sum_{i=1}^n t_i, \quad \text{где } n – \text{общее число интервалов действия вибрации.}$$

Основными методами борьбы с вибрацией являются:

- 1) снижение вибрации посредством действия на источник возбуждения (уменьшение вынуждающей силы);
- 2) отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- 3) вибродемфирование – за счет увеличения сил внешнего или внутреннего трения;
- 4) динамическое гашение вибраций – присоединение к защищаемому объекту системы, реакция которой уменьшает размах вибрации объекта в точках присоединения системы;
- 5) виброизоляция – введение в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче колебаний от источника к защищаемому объекту.

Эффективность виброизоляции определяют коэффициентом передачи, который имеет физический смысл отношения амплитуды вибросмещения (виброскорости, виброускорения) защищаемого объекта или действующей на него силы к амплитуде той же величины источника возбуждения:

$$KP = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0} \right)^2 - 1}.$$

Обычно эффективность виброизоляции определяют в дБ:

$$\Delta L = 20 \lg \frac{1}{KП};$$

6) использование СИЗ в виде рукавиц, перчаток с вкладышами (ГОСТ 12.4.002-90), спецобуви с многослойной резиновой подошвой (ГОСТ 12.4.024-76);

7) организация рациональных режимов труда и отдыха работников виброопасных профессий.

Тема № 13. Электромагнитные поля и излучения (неионизирующие излучения)

Электромагнитное поле (ЭМП) – это особая форма материи, представляющая собой совокупность двух взаимосвязанных переменных полей: электрического и магнитного, которая распространяется в пространстве в виде *электромагнитных волн (ЭМВ)*.

ЭМП характеризуется напряженностью электрической (E , В/м) и магнитной (H , А/м) составляющих. Напряженность электрического поля – величина векторная, максимальное значение вектора (максимальная плотность электрического поля) – непосредственно у поверхности, находящейся под напряжением, модуль напряженности электрического поля убывает обратно пропорционально расстоянию от источника до точки наблюдения. Плотность магнитного поля изменяется в пространстве аналогично плотности электрического поля, но зависит не от величины напряжения, а от величины тока, протекающего по проводнику. Векторы $\vec{E}$ и $\vec{H}$ напряженностей электрического и магнитного полей волны взаимно перпендикулярны.

Электромагнитные волны, обладая широким диапазоном частот (или длин волн), отличаются друг от друга по способам их генерации и регистрации, а также по своим свойствам. Поэтому электромагнитные волны делятся на несколько видов:

- радиоизлучение (диапазон длин волн до 1 мм);
- оптическое, включающее в себя инфракрасную, видимую и ультрафиолетовую области (длина волн до 10^{-2} мкм);
- ионизирующее, т. е. рентгеновское и гамма-излучение.

В данной главе рассматривается неионизирующее излучение, объединяющее все излучения и поля электромагнитного спектра, у которых не хватает энергии для ионизации материи.

Пространство вокруг источника ЭМП включает в себя три зоны:

- зону индукции – формирования волны, которая находится на расстоянии $R < \lambda/2\pi$;
- зону интерференции, которая характеризуется наличием максимумов и минимумов потока энергии и находится на расстоянии R от источника: $\lambda/2\pi < R < 2\pi\lambda$;
- зону излучения на расстоянии $R > 2\pi\lambda$.

При распространении ЭМП происходит перенос энергии, величина которой определяется вектором Умова-Пойнтинга:

$$\vec{I} = \vec{E} \times \vec{H}.$$

Скалярная величина этого вектора измеряется в Вт/м² и называется *интенсивностью I* или *плотностью потока энергии (ППЭ)*.

В первой зоне характеристическими критериями ЭМП являются отдельно напряженности электрической E и магнитной H составляющих, в зонах интерференции и излучения – комплексная величина – ППЭ.

Электромагнитные излучения (ЭМИ) от видеотерминалов и ПЭВМ образуются в пределах частот от 30 Гц до 300 кГц, т. е. имеют длину волн в пределах радиоизлучений. Кроме того, имеют место оптические, рентгеновские излучения, статический заряд на поверхности видеомонитора.

Статические поля являются особым видом ЭМИ, это электромагнитные явления с бесконечно большой длиной волны или нулевой частоты. Электростатические и магнитостатические поля, также как и ЭМИ являются физическими факторами, воздействующими на человека, окружающую среду и относятся к разряду вредных факторов. Электростатический разряд характеризуется величиной электростатического потенциала поверхности и измеряется в вольтах (В).

Источники излучения

Все источники ЭМП в зависимости от происхождения подразделяются на *естественные* и *антропогенные*.

В спектре естественных электромагнитных полей условно выделяют три составляющие:

- геомагнитное поле Земли (ГМП);
- электростатическое поле Земли;
- переменные ЭМП в диапазоне частот от 10^{-3} до 10^{12} Гц.

Антропогенные источники ЭМП в соответствии с международной классификацией делятся на две группы:

- источники, генерирующие крайне низкие и сверхнизкие частоты от 0 до 3 кГц;
- источники, генерирующие излучение в радиочастотном диапазоне от 3 кГц до 300 ГГц, включая СВЧ-излучение.

К первой группе антропогенных источников ЭМП относятся все системы производства, передачи и распределения электроэнергии (линии электропередач – трансформаторные подстанции, электростанции, системы электропроводки, кабельные системы); офисная электро- и электронная техника, транспорт на электроприводе: железнодорожный транспорт и его инфраструктура, городской – метро, троллейбусный, трамвайный.

Вторая группа включает в себя передающие радиоцентры, радиостанции НЧ, СЧ, УВЧ-диапазонов, радиостанции, мобильные телефоны, радиолокационные станции (метеорологические, аэропортов), установки СВЧ-нагрева, ВДТ и персональные компьютеры и др.

Механизм воздействия электромагнитного поля на человека

Взаимодействие внешних электромагнитных полей с биологическими объектами осуществляется путем наведения в организме внутренних полей и электрических токов, величина и распределение которых в теле человека зависят от целого ряда параметров:

- параметров излучения (частоты или длины волны, скорости распространения волны);
- физических и биохимических свойств объекта как среды распространения ЭМП (диэлектрической проницаемости, электрической проводимости, длины электромагнитной волны в ткани, глубины проникновения, коэффициента отражения от границы воздух – ткань).

В связи с тем, что большинство мягких тканей организма в отношении электропроводности представляют собой электрическое сопротивление, под воздействием внешних электромагнитных полей в этих тканях возникает множество короткозамкнутых контуров, в которых протекают индукционные токи (иначе – вихревые токи или токи Фуко). Это явление сопровождается тепловым эффектом, т. е. переходом поглощенной электромагнитной энергии в тепло биоткани, вызывая локальное повышение температуры и возбуждение терморцепторов.

В электролитах, которыми являются жидкие составляющие тканей, крови, межклеточной жидкости и т. п., после приложения внешнего поля появляются ионные токи.

Нагрев тканей и возникновение ионных токов сопровождается специфическим воздействием на биологические ткани, поскольку нарушается тонкая структура электрических потенциалов, мембранная проводимость и, как следствие, циркуляция жидкости в клетках и во всех внутренних органах. Переменное магнитное поле приводит к изменению ориентации магнитных моментов атомов и молекул.

Кроме того, возникшие индукционные и другие токи, пересекая нервные окончания, возбуждают их и вынуждают давать ложный сигнал анализаторам и, тем самым, вносят хаос в работу данного органа и биоритмов в целом. ЦНС старается препятствовать этому, поддерживая биологические ритмы в заданном режиме. При длительном (месяцы, годы), но слабом воздействии нервная система «устает». При сильном, но кратковременном воздействии (например, при импульсных электромагнитных полях) происходит срыв нервной системы, так как наступают признаки энергетического истощения и угнетения центров головного мозга. В обоих случаях появляются симптомы заболеваний нервной системы.

Санитарно-гигиеническое нормирование ЭМП на рабочих местах

Система санитарно-гигиенического нормирования ЭМИ на рабочих местах включает в себя нормативы, устанавливающие ПДУ параметров электромагнитных воздействий на человека. Эта система состоит из государственных стандартов (ГОСТ), санитарных правил и норм (СанПиН), гигиенических нормативов (ГН), ПДУ и др. Требования перечисленных документов направлены на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека.

Санитарно-гигиеническое нормирование осуществляется в соответствии с Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30 января 2003 г., с изменениями от 2 марта 2009 г.).

Оценка и нормирование электростатических полей (ЭСП) осуществляется по уровню электрического поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену. Уровень ЭСП оценивают в единицах напряженности электрического поля (E) в кВ/м. *Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля ($E_{ПДУ}$) при воздействии ≤ 1 час за смену устанавливается равным 60 кВ/м. При воздействии ЭСП более 1 часа за смену $E_{ПДУ}$ определяются по формуле:*

$$E_{ПДУ} = \frac{60}{\sqrt{t}}, \quad \text{где } t - \text{время воздействия, ч.}$$

В диапазоне напряженностей 20–60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты ($t_{дон}$) определяется по формуле:

$$t_{дон} = (60 / E_{дон})^2,$$

где $E_{факт}$ – измеренное значение напряженности ЭСП (кВ/м).

При напряженностях ЭСП, превышающих 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.

При напряженностях ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

ПДУ напряженности (индукции) *постоянного магнитного поля* (ПМП) на рабочих местах представлены в табл. 6.

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля (ЭП) *частотой* 50 Гц на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания рассчитывается по формуле:

$$T = (50/E) - 2, \quad (5.3)$$

где E – напряженность в контролируемой зоне, кВ/м; T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

Таблица 6

ПДУ постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0–10	24	30	40	50
11–60	16	20	24	30
61–480	8	10	12	15

При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.

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

Оценка и нормирование *ЭМП диапазона частот* 10–30 кГц осуществляется отдельно по напряженности электрического (E), в В/м, и магнитного (H), в А/м, полей в зависимости от времени воздействия.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м, соответственно.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при продолжительности воздействия до 2-х часов за смену составляет 1000 В/м и 100 А/м, соответственно.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

ЭЭ в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц рассчитывается по формулам:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T, (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}, \quad \text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T, (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч},$$

где E – напряженность электрического поля (В/м); H – напряженность магнитного поля (А/м); T – время воздействия за смену (ч).

ЭЭ в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T, (\text{мкВт/см}^2) \cdot \text{ч},$$

где ППЭ – плотность потока энергии (Вт/м², мкВт/см²).

ПДУ энергетических экспозиций (ЭЭ_{ПДУ}) на рабочих местах за смену представлены в табл. 7.

Таблица 7

ПДУ энергетических экспозиций ЭМП
диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	ЭЭ _{ПДУ} в диапазонах частот (МГц)			
	0,03–3,0	3,0–30,0	30,0–50,0	50,0–300,0
$\text{ЭЭ}_E, (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	20000	7000	800	800
$\text{ЭЭ}_H, (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	200	–	0,72	–
$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}}, (\text{мкВт/см}^2) \cdot \text{ч}$	–	–	–	–

Максимальные допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в табл. 8.

Таблица 8

Максимальные ПДУ напряженности и ППЭ
ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)			
	0,03–3,0	3,0–30,0	30,0–50,0	50,0–300,0
$H, \text{В/м}$	500	300	80	80
$H, \text{А/м}$	50	–	3,0	–
$\text{ППЭ}, \text{мкВт/см}^2$	–	–	–	–

Нормы для ЭМП от ВДТ и ПЭВМ приведены в СанПиН 2.2.2./2.4. 1340-03 «Гигиенические требования к персональным и электронно-вычислительным машинам и организации работы» (табл. 9).

Таблица 9

**Временные допустимые уровни ЭМП,
создаваемых ПЭВМ**

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2–400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2–400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Тема №14. Защита от электромагнитных полей и излучений

Требования к условиям производственных воздействий ЭМП, которые должны соблюдаться при проектировании, реконструкции, строительстве производственных объектов, при проектировании, изготовлении и эксплуатации отечественных и импортных технических средств, являющихся источниками ЭМП, определены СанПиН 2.2.4.1191-03.

Обеспечение защиты персонала, профессионально не связанного с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМП, осуществляется в соответствии с требованиями гигиенических нормативов ЭМП, установленных для населения.

Защита от воздействия электромагнитных полей и излучений осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий, а также использования средств индивидуальной защиты. На рис. 8. приведена классификация методов и средств защиты.



Рис. 8. Классификация методов и средств защиты

Защита от электромагнитных полей и излучений имеет общие принципы и методы, но в зависимости от частотного диапазона и характеристик излучения характеризуется рядом особенностей.

В частности, следует различать особенности защиты от:

- переменных электромагнитных полей;
- постоянных электрических и магнитных полей;
- лазерных излучений;
- инфракрасных (тепловых) излучений;
- ультрафиолетовых излучений;

Общими методами защиты от электромагнитных полей и излучений являются следующие:

- уменьшение мощности генерирования поля и излучения непосредственно в его источнике, в частности за счет применения поглотителей электромагнитной энергии (этот метод применим, если генерируется энергия, избыточная для реализации технологического процесса или устройства);
- увеличение расстояния от источника излучения (защита расстоянием);
- уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения

- (защита временем);
- экранирование излучения;
- применение средств индивидуальной защиты.

Защита от переменных ЭМП и ЭМИ

Классификация методов и средств защиты от переменных электромагнитных полей и излучений представлена на рис. 9.



Рис. 9. Классификация методов и средств защиты от переменных ЭМП и ЭМИ

Уменьшение мощности излучения обеспечивается правильным выбором генератора (мощность генератора целесообразно выбирать не более той, которая необходима для реализации технологического процесса и работы устройства). В тех случаях, когда необходимо уменьшить мощность излучения генератора, для излучений радиочастотного диапазона применяют поглотители мощности, которые ослабляют энергию излучения до необходимой степени на пути от генератора к излучающему устройству.

Поглотители мощности бывают коаксиальные и волноводные (рис. 10). Поглотителем энергии служат специальные вставки из графита или материалов углеродистого состава, а также специальные диэлектрики. При поглощении электромагнитной энергии выделяется теплота, поэтому для

охлаждения поглотителей применяют охлаждающие ребра (рис. 10., *а*) или проточную воду (рис. 10., *б*, *в*). Для волноводов применяют поглотители мощности различных конструкций: скошенные (рис. 10., *а*, *г*), клинообразные (рис. 10., *б*, *в*), ступенчатые (рис. 10., *д*), в виде шайб (рис. 10., *е*).

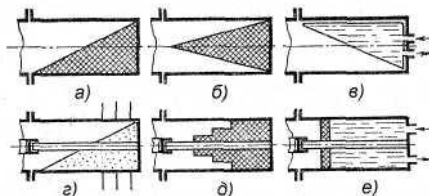


Рис. 10. Конструкция поглотителей мощности для волноводов и коаксиальных линий: *а* — с охлаждающими ребрами; *б* — с проточной водой; *в* — скошенные; *г* — клинообразные; *д* — ступенчатые; *е* — в виде шайб

Увеличение расстояния от источника излучения. В дальней зоне излучения, т. е. на расстояниях примерно больших $1/6$ длины волны излучения, ППЭ уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, а напряженности электрического и магнитного полей — обратно пропорционально расстоянию. Т. е. при увеличении расстояния от источника излучения в 2 раза ППЭ уменьшается в 4 раза, а напряженности (E и H) в 2 раза.

В ближней зоне излучения при расстояниях примерно меньших $1/6$ длины волны излучения напряженность электрического поля уменьшается обратно пропорционально кубу, а магнитного поля — квадрату расстояния для электрических излучателей, например для высоковольтных линий электропередач промышленной частоты. Для магнитных излучателей наоборот — напряженность магнитного поля снижается обратно пропорционально кубу, а электрического поля — квадрату расстояния. Энергия в ближней зоне не излучается.

Для источников излучения промышленной частоты длина волны $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{50} = 6 \cdot 10^6$ м,

т. е. человек всегда находится в ближней зоне излучения, а напряженность электрического поля быстро снижается с увеличением расстояния. Так, при увеличении расстояния в 2 раза напряженность электрического поля уменьшается в 8 раз. Наибольшее значение напряженности электрического поля высоковольтных линий электропередач имеет место вблизи крайних фазных проводов.

Уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения. Определяющим последствием облучения для человека, является

энергетическая нагрузка (ЭН), которая зависит от времени (T) воздействия облучения. Максимально допустимое время нахождения в зоне облучения можно определить в зависимости от частотного диапазона излучения:

$$T_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{E_{\text{доп}}}}{E^2}; \quad T_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{H_{\text{доп}}}}{H^2}; \quad T_{\text{доп}} = \frac{2}{\text{ППЭ}}; \quad T_{\text{доп}} = \frac{2k}{\text{ППЭ}}.$$

Допустимое время пребывания в зоне излучения установок промышленной частоты (50 Гц):

$$T_{\text{доп}} = \frac{50}{E} - 2.$$

Однако, если это возможно, целесообразно сокращать время пребывания в зоне облучения до значения меньше допустимого, чтобы избежать необоснованного выполнением необходимой работы облучения.

Подъем излучателей и диаграмм направленности излучения, блокирование излучения. Излучающие антенны необходимо поднимать на максимально возможную высоту и не допускать направления луча на рабочие места и территорию предприятия.

Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов линий электропередач (ЛЭП), уменьшать расстояние между ними и т. д. Путем правильного выбора геометрических параметров можно снизить напряженность электрического поля вблизи ЛЭП в 1,6...1,8 раза.

Для сканирующих излучателей (вращающихся антенн) в секторе, в котором находится защищаемый объект — рабочее место, применяют способ блокирования излучения или снижение его мощности.

Экранирование излучений. Экранируют либо источники излучения, либо зоны, где может находиться человек. Экраны могут быть замкнутыми (полностью изолирующими излучающее устройство или защищаемый объект) или незамкнутыми, различной формы и размеров, выполненными из сплошных, перфорированных, сотовых или сетчатых материалов. На рис. 11. показан пример экранирования излучателей экранами из сплошных материалов. На рис. 12. и 13. показаны примеры экранирования излучения промышленной частоты с помощью козырька из металлической сетки и навеса из металлических прутков. Сотовые решетки, изображенные на рис. 14., применяют для экранирования мощных высокочастотных излучений. Для исключения электромагнитного загрязнения окружающей среды и территории предприятия окна помещений, в которых проводятся работы с электромагнитными излучателями, экранируют с помощью сетчатых или сотовых экранов (рис. 15.).

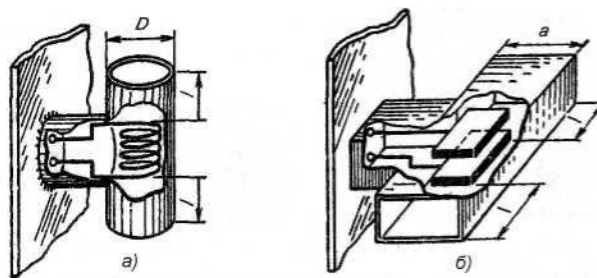


Рис. 11. Экранирование: *a* — индуктора; *б* — конденсатора

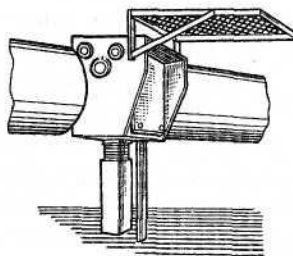


Рис. 12. Экранирующий козырек над шкафом управления напряжением 500 Кв

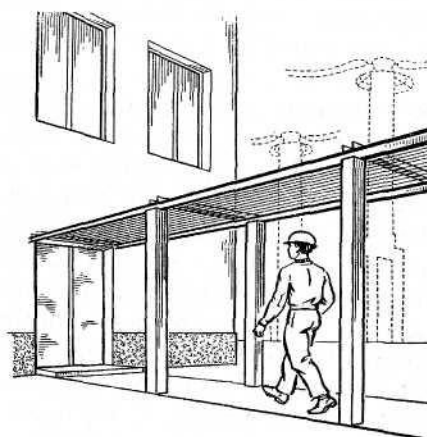


Рис. 13. Экранирующий навес над проходом в здание

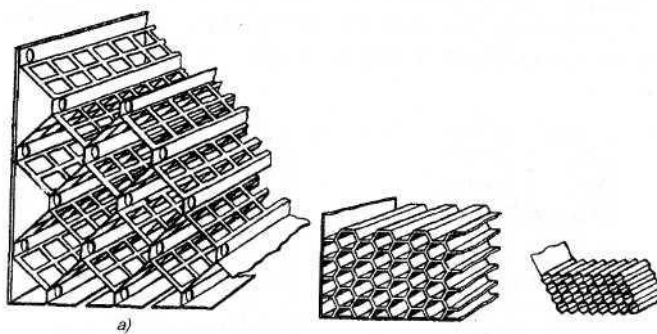


Рис. 14. Сотовые решетки, применяемые для экранирования ЭМП в частотных диапазонах: *a* - до 1 ГГц; *б* - до 10 ГГц; *в* - до 35 ГГц

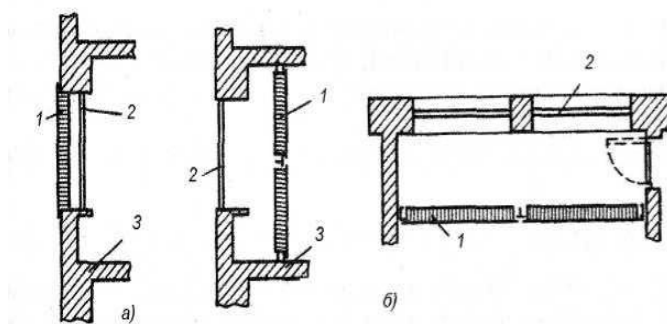


Рис. 15. Установка сотовых решеток на окна: *а* — с наружной стороны; *б* — с внутренней стороны; 1 — сотовая решетка; 2 — оконное стекло; 3 — пол

Экраны частично отражают и частично поглощают электромагнитную энергию. По степени отражения и поглощения их условно разделяют на отражающие и поглощающие экраны.

Отражающие экраны выполняют из хорошо проводящих материалов, например стали, меди, алюминия толщиной не менее 0,5 мм из конструктивных и прочностных соображений. Кроме сплошных, перфорированных, сетчатых и сотовых экранов могут применяться: фольга, наклеиваемая на несущее основание; токопроводящие краски (для повышения проводимости красок в них добавляют порошки коллоидного серебра, графита, сажи, окислов металлов, меди, алюминия), которыми окрашивают экранирующие поверхности; экраны с металлизированной со стороны падающей электромагнитной волны поверхностью.

Поглощающие экраны выполняют из радиопоглощающих материалов. Естественных материалов с хорошей радиопоглощающей способностью нет, поэтому их выполняют с помощью различных конструктивных приемов и введением различных поглощающих добавок в основу. В качестве основы используют каучук, поролон, пенополистирол, пенопласт, керамикометаллические композиции и т. д. В качестве добавок применяют сажу, активированный уголь, порошок карбонильного железа и пр. Все экраны обязательно должны заземляться для обеспечения стекания образующихся на них зарядов в землю.

Для увеличения поглощающей способности экрана их делают многослойными и большой толщины, иногда со стороны падающей волны выполняют конусообразные выступы.

Наиболее часто в технике защиты от электромагнитных полей применяют металлические сетки. Они легки, прозрачны, поэтому обеспечивают возможность наблюдения за технологическим процессом и

излучателем, пропускают воздух, обеспечивая охлаждение оборудования за счет естественной или искусственной вентиляции.

Эффективность экранов принято оценивать в дБ по формулам:

$$\Delta L = 20 \lg(E_0/E); \quad \Delta L = 20 \lg(H_0/H); \quad \Delta L = 10 \lg(\text{ППЭ}_0/\text{ППЭ}),$$

где E_0 , H_0 , ППЭ_0 — соответственно напряженность электрического, магнитного поля и плотность потока энергии перед экраном; E , H , ППЭ — те же параметры после экрана.

Расчет эффективности экранирования довольно сложен. Поэтому на практике при выборе типов экранов и оценки их эффективности используют имеющийся богатый экспериментальный материал, представленный в справочниках в виде таблиц, расчетно-экспериментальных кривых, номограмм.

На рис. 16. представлена номограмма для расчета эффективности наиболее распространенных сетчатых экранов. Отложив на крайней левой оси отношение шага сетки a (расстояние между центрами проволок сетки) к длине волны λ экранируемого излучения, а на крайней правой оси — отношение шага a к радиусу r проволоки сетки, через эти точки проводят прямую. На пересечении этой прямой со средней осью находят эффективность экранирования в дБ. Эффективность экранирования может достигать десятков децибел.

При расположении излучателей в помещениях электромагнитные волны могут отражаться от стен и перекрытий. В результате в помещении могут создаваться зоны с повышенной плотностью энергии излучения. Поэтому стены и перекрытия таких помещений необходимо выполнять с плохо отражающей поверхностью. Окрашивать стены и потолки нужно известковой и меловой краской. Нельзя использовать масляную краску (она отражает до 30 % электромагнитной энергии), облицовывать стены кафелем. Поверхности помещения, в которых находятся излучатели повышенных мощностей, облицовывают радиопоглощающим материалом.

В зависимости от технологического процесса излучающие установки целесообразно размещать в отделенных от других участков помещения, имеющих непосредственный выход в коридор и наружу. Для этих целей подходят угловые помещения первого и последнего этажей здания.

Источники излучения должны иметь санитарный паспорт, перед их строительством или установкой проводится расчетный радиопрогноз и осуществляется его экспериментальная проверка. При выполнении радиопрогноза необходимо учитывать возможность переизлучения от

отражающих объектов на местности _ железобетонных зданий и сооружений, металлических ограждений, конструкций и т. д.

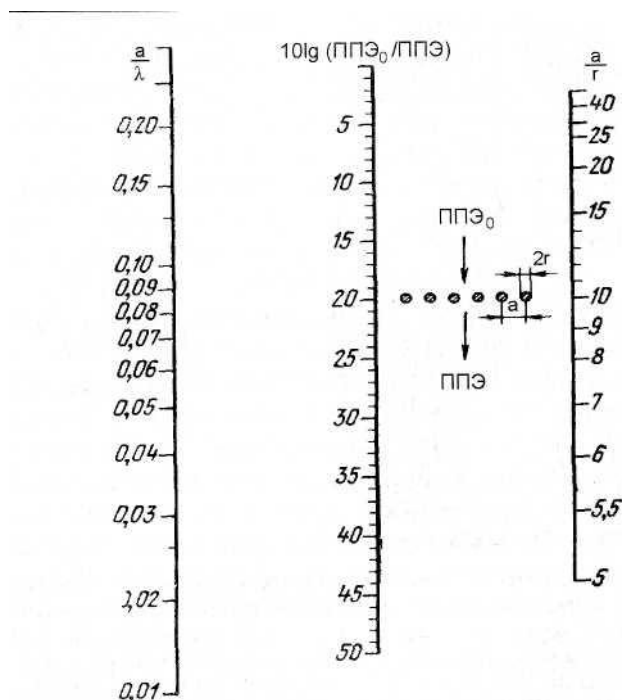


Рис. 16.. Номограмма для расчета ослабления СВЧ-поля металлическими сетками

Средства индивидуальной защиты. К СИЗ, которые применяют для защиты от электромагнитных излучений, относят: радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки, очки, маски и т. д. (рис. 17., а, б). Данные СИЗ используют метод экранирования.

Радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки в общем случае шьются из хлопчатобумажного материала, вытканного вместе с микропроводом, выполняющим роль сетчатого экрана. Шлем и бахилы костюма сделаны из такой же ткани, но в шлем спереди вшиты очки и специальная проволочная сетка для облегчения дыхания. Эффективность костюма может достигать 25...30 дБ. Для защиты глаз применяют очки специальных марок с металлизированными стеклами. Поверхность стекол покрыта пленкой диоксида олова. В оправе вшита металлическая сетка, и она плотно прилегает к лицу для исключения проникновения излучения сбоку. Эффективность очков оценивается в 25...35 дБ.

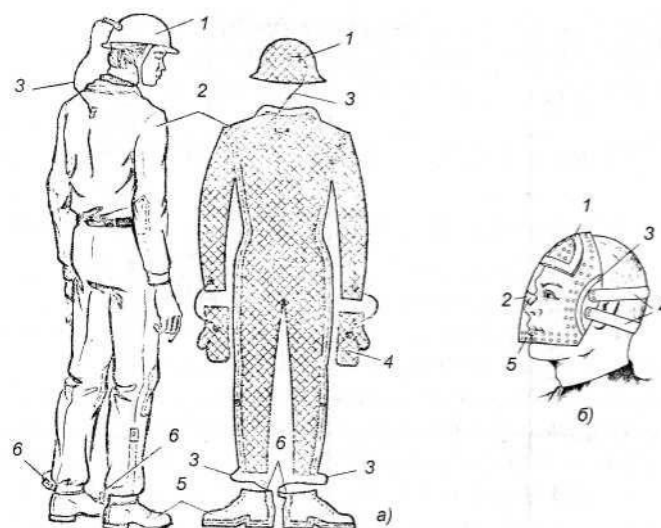


Рис. 17. Средства защиты от электромагнитных излучений: *а* — радиозащитный костюм: 1 — металлическая или металлизированная каска; 2 — комбинезон из токопроводящей ткани; 3 — проводники, обеспечивающие электрическую связь между отдельными элементами экранирующего костюма; 4 — рукавицы из токопроводящей ткани; 5 — ботинки с электропроводящими подошвами; 6 — вывод от токопроводящей подошвы; *б* — защитная маска с перфорационными отверстиями: 1, 2, 3 — поролоновые прокладки; 4 — ремни крепления маски; 5 — перфорационные отверстия

Защита от постоянных электрических и магнитных полей

Так же как и для других видов физических полей, защита от постоянных электрических и магнитных полей (ЭСП и МСП) использует методы защиты временем, расстоянием и экранированием.

Электростатическое экранирование заключается в замыкании электрического поля на поверхности металлической массы экрана и передачи образующихся на экране электрических зарядов на заземленный корпус установки (землю). Любая замкнутая металлическая оболочка, соединенная с заземленным корпусом и без особых требований к толщине и проводимости материала, достаточно полно локализует электрическое поле и выполняет роль электростатического экрана. Обычно источники ЭСП заключают в замкнутую металлическую или сетчатую оболочку. Оператор при необходимости может располагаться в кабине, защищенной электростатическим экраном.

Эффективность экранирования зависит от качества электрического соединения элементов экрана и тем выше, чем меньше электрическое сопротивление переходного контакта между экраном и корпусом (землей).

Магнитостатическое экранирование заключается в замыкании магнитного поля в толще экрана, происходящим из-за его повышенной

магнитопроводимости. Поэтому магнитостатический экран должен обладать большой магнитной проницаемостью. Такие экраны изготавливают из стали, железа, никелевых сплавов (пермоля). Для получения надежного экранирования стенки экрана приходится делать сравнительно толстыми, чтобы уменьшить сопротивление магнитному потоку. В ряде случаев экраны делают из нескольких слоев, и они получаются громоздкими. Щели и прорезы в экране не должны идти поперек ожидаемого направления линий магнитной индукции, так как это уменьшает магнитопроводимость и ухудшает экранирующие свойства экрана.

ЭС- и МС-экраны эффективны также в области низких частот ЭМП.

Защита от инфракрасного (теплого) излучения

Для защиты от теплового излучения применяются СКЗ и СИЗ. Классификация СКЗ дана на рис. 18. Основными методами защиты являются: теплоизоляция рабочих поверхностей источников излучения теплоты, экранирование источников или рабочих мест, воздушное душирование рабочих мест, радиационное охлаждение, мелкодисперсное распыление воды с созданием водяных завес, общеобменная вентиляция, кондиционирование.



Рис. 18. Классификация средств коллективной защиты от тепловых излучений

Средства защиты от теплового излучения должны обеспечивать: тепловую облученность на рабочих местах не более $0,35 \text{ кВт/м}^2$, температуру поверхности оборудования, до которой может дотронуться человек, не более 35°C при температуре внутри источника теплоты до 100°C и 45°C при температуре внутри источника теплоты более 100°C . Если это обеспечить нельзя, источник ограждают.

Теплоизоляция горячих поверхностей (оборудования, сосудов, трубопроводов и т. д.) снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает общее выделение теплоты, в том числе ее лучистую часть, излучаемую в инфракрасном диапазоне ЭМИ. Для теплоизоляции применяют материалы с низкой теплопроводностью.

Конструктивно теплоизоляция может быть мастичной, оберточной, засыпной, из штучных изделий и комбинированной.

Мастичную изоляцию осуществляют путем нанесения на поверхность изолируемого объекта изоляционной мастики.

Оберточная изоляция изготавливается из волокнистых материалов — асбестовой ткани, минеральной ваты, войлока и др. и наиболее пригодна для трубопроводов и сосудов.

Засыпная изоляция в основном используется при прокладке трубопроводов в каналах и коробах. Для засыпки применяют, например, керамзит.

Штучная изоляция выполняется формованными изделиями — кирпичом, матами, плитами и используется для упрощения изоляционных работ.

Комбинированная изоляция выполняется многослойной. Первый слой обычно выполняют из штучных изделий, последующие — мастичные и оберточные материалы.

Теплозащитные экраны применяют для экранирования источников лучистой теплоты, защиты рабочего места и снижения температуры поверхностей предметов и оборудования, окружающих рабочее место. Теплозащитные экраны поглощают и отражают лучистую энергию. Различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны. По конструктивному выполнению экраны подразделяются на три класса: непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные.

Непрозрачные экраны. Экраны выполняются в виде каркаса с закрепленным на нем теплопоглощающим материалом или нанесенным на него теплоотражающим покрытием.

В качестве отражающих материалов используют алюминиевую фольгу, алюминий листовой, белую жечь; в качестве покрытий — алюминиевую краску.

Для непрозрачных поглощающих экранов используется теплоизоляционный кирпич, асбестовые щиты.

Непрозрачные теплоотводящие экраны изготавливаются в виде полых стальных плит с циркулирующей по ним водой или водовоздушной смесью

(рис. 19.), что обеспечивает температуру на наружной поверхности экрана не более 30...35 °С.

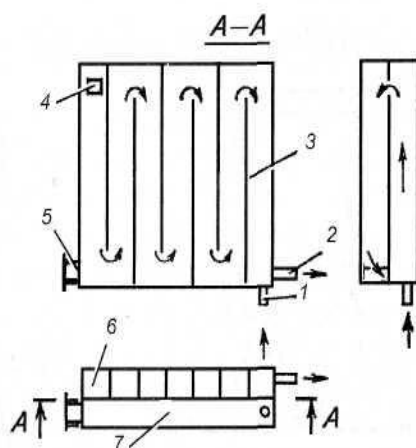


Рис. 19. Водоохлаждаемый экран для радиационного охлаждения и защиты от теплового облучения рабочих мест: 1 — подвод воды; 2 — сток воды; 3 — перегородки; 4 — переливное окно; 5 — труба с водой для промывки экрана; 6 — полость с перегородками; 7 — полость без перегородок

Полупрозрачные экраны применяют в тех случаях, когда экран не должен препятствовать наблюдению за технологическим процессом и вводу через него инструмента и материала. В качестве полупрозрачных теплопоглощающих экранов используют металлические сетки с размером ячейки 3...3,5 мм, завесы в виде подвешенных цепей. Для экранирования кабин и пультов управления, в которые должен проникать свет используют стекло, армированное стальной сеткой. Полупрозрачные теплоотводящие экраны выполняют в виде металлических сеток, орошаемых водой, или в виде паровой завесы.

Прозрачные экраны изготавливают из бесцветных или окрашенных стекол — силикатных, кварцевых, органических. Обычно такими стеклами экранируют окна кабин и пультов управления. Теплоотводящие прозрачные экраны выполняют в виде двойного остекления с вентилируемой воздухом воздушной прослойкой, водяных и вододисперсных завес.

Воздушное душирование представляет собой подачу на рабочее место приточного прохладного воздуха в виде воздушной струи, создаваемой вентилятором. Могут применяться стационарные источники струи и передвижные в виде перемещаемых вентиляторов (рис. 20.). Струя может подаваться сверху, снизу, сбоку и веером.

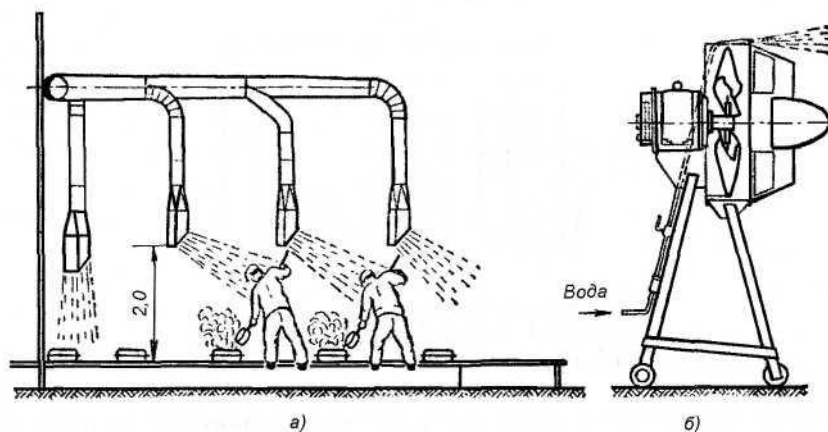


Рис. 20. Устройства воздушного душирования: а — стационарные; б — передвижные

Средства индивидуальной защиты. Применяется теплозащитная одежда из хлопчатобумажных, льняных тканей, грубодисперсного сукна. Для защиты от инфракрасного излучения высоких уровне используют отражающие ткани, на поверхности которых нанесен тонкий слой металла. Для работы в экстремальных условиях (тушение пожаров и др.) используются костюмы с повышенными теплозащитными свойствами (рис. 21.).



Рис. 21.. Теплозащитные костюмы и комплекты

Защита от ультрафиолетового излучения

Для защиты от ультрафиолетового излучения применяют специальные светофильтры, не пропускающие ЭМИ ультрафиолетового диапазона. Светофильтрами снабжаются смотровые окна установок, внутри которых возникает излучение УФ-диапазона (установки газосварки и резки, плазменной обработки материала; печи, использующие в качестве нагревательных элементов мощные лампы; устройства накачки лазеров). Применяются также противосолнечные экраны и навесы.

В качестве *средств индивидуальной защиты* применяются светозащитные очки и щитки, для защиты кожи — защитная одежда, рукавицы, специальные кремы. Наиболее характерно применение таких СИЗ при проведении газо- и электросварочных работ.

Тема № 15. Защита от лазерных излучений

Под *лазерным излучением* понимается вынужденное излучение, являющееся процессом усиления света.

Основным источником лазерного излучения является оптический квантовый генератор (лазер). Лазер генерирует электромагнитные волны ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов. Основные элементы ОКГ: рабочее вещество (монокристалл – рубин, газ – гелий и др.) с оптическим резонатором из параллельных зеркал; источник энергии – лампа, дающая мощные вспышки яркости $4 \cdot 10^8$ кд/м² в течение 1–90 мс или ЭМП ВЧ или УВЧ (для газа).

Особенностями лазерного излучения являются: монохроматичность, острая направленность пучка, когерентность.

Лазерному излучению свойственны высокая плотность энергии (1010–1012 Дж/см²) и высокая плотность мощности (1020–1022 Вт/см²).

По виду лазерное излучение подразделяется на: *прямое, рассеянное, зеркально-отраженное, диффузное*.

В основу классификации лазеров положена степень опасности лазерного излучения для обслуживающего персонала. По этой классификации лазеры разделены на 4 класса:

- класс I (безопасные) – выходное излучение не опасно для глаз;
- класс II (малоопасные) – опасно для глаз прямое или зеркально отраженное излучение;
- класс III (среднеопасные) – опасно для глаз прямое, зеркально, а также диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей

поверхности и (или) для кожи прямое или зеркально отраженное излучение;

- класс IV (высокоопасные) – опасно для кожи диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Работа лазера сопровождается воздействием вредных факторов: лазерным излучением; слепящим светом ламп; выделением озона, окислов азота из воздуха; вредных веществ из мишени и др. Энергия излучения лазера поглощается в тканях тела человека, вызывая его нагрев и функциональные расстройства. Местное воздействие выражается в ожогах кожи и глаз. Луч света очень опасен для глаз – он почти без потерь проходит через жидкие среды глазного яблока и поражает сетчатку. Опасны также лучи, отраженные от любой даже незеркальной поверхности. Общее воздействие выражается в виде расстройства ЦНС, сердечно-сосудистой системы, мозгового кровообращения.

Нормирование лазерного излучения

В качестве ведущих критериев при оценке степени опасности генерируемого лазерного излучения приняты: величина мощности (энергии), длина волны, длительность импульса и экспозиция облучения.

Нормирование лазерного излучения осуществляется на основании «Санитарных норм и правил устройства и эксплуатации лазеров» № 5804-91.

Защита от лазерного излучения

Для выбора средств защиты лазеры классифицируются по степени опасности:

- класс I (безопасные) — выходное излучение не представляет опасности для глаз и кожи;
- класс II (малоопасные) — выходное излучение представляет опасность для глаз прямым и зеркально отраженным излучением;
- класс III (опасные) — опасно для глаз прямое, зеркальное, а также диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности и для кожи прямое и зеркально отраженное облучение;
- класс IV (высокоопасные) — опасно для кожи диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Энергия лазерного луча уменьшается с расстоянием. Вокруг лазеров определяется граница лазерно-опасной зоны, которая может быть обозначена на полу помещения линией.

Наиболее эффективным методом защиты от ЛИ является экранирование. Луч лазера передается к мишени по волноводу (световоду) или огражденному экраном пространству.

Для снижения уровня отраженного излучения линзы, призмы и другие предметы с зеркально отражающей поверхностью, устанавливаемые на пути луча, снабжаются блендами. Для защиты от отраженного облучения от объекта (мишени) применяются диафрагмы с отверстием, немного превышающим диаметр луча (рис. 21.). В этом случае через отверстие диафрагмы проходит только прямой луч, а отраженное излучение от мишени попадает на диафрагму, которая поглощает и рассеивает энергию.

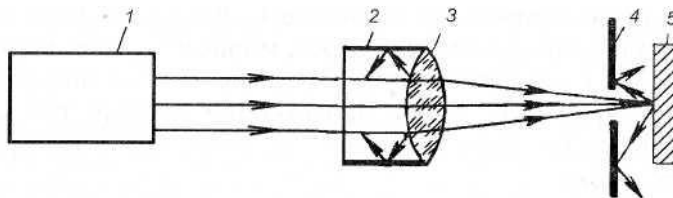


Рис. 21. Схема экранирования отраженного излучения лазера блендами и диафрагмами: 1 — лазер; 2 — бленда; 3 — линза; 4 — диафрагма; 5 — мишень

На открытых площадках обозначаются опасные зоны и устанавливаются экраны, предотвращающие распространение излучений за пределы зон. Экраны могут быть непрозрачными и прозрачными.

Непрозрачные экраны изготавливаются из металлических листов (стали, дюралюминия и др.), гитенакса, пластика, текстолита, пластмасс.

Прозрачные экраны из специальных стекол светофильтров или неорганического стекла со спектральной характеристикой, соответствующей длине волны излучения лазера. Приведение лазера в рабочее состояние обычно блокируется с установкой защитного устройства. Генератор и лампы накачки лазера заключаются в светонепроницаемую камеру. Лампы накачки должны иметь блокировку, исключающую вспышку лампы при открытом положении камеры.

Для основного луча каждого лазера выбирается направление и зона, в которых исключается пребывание людей. Работы с лазерными установками проводятся в отдельных помещениях или специально отгороженных частях помещения. Само помещение изнутри, оборудование и другие предметы не должны иметь зеркально отражающих поверхностей, если на них может падать прямой или отраженный луч лазера. Эти поверхности окрашиваются в матовые цвета.

Для мишени рекомендуется темная окраска. В помещении должна быть создана хорошая освещенность. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) должен быть не менее 1,5 %, а общее искусственное освещение не менее 150 лк.

При эксплуатации импульсных лазеров с высокой энергией излучения должно применяться дистанционное управление. Лазеры IV класса опасности

обязательно располагаются в отдельном помещении и снабжаются дистанционным управлением. Присутствие в помещении людей при работе такого лазера не допускается.

Средства индивидуальной защиты применяются при недостаточности для защиты средств коллективной защиты. К СИЗ относятся технологические халаты, перчатки (для защиты кожных покровов), специальные очки, маски, щитки (для защиты глаз). Халаты изготавливают из хлопчатобумажной ткани белого, светло-зеленого или голубого цвета. Очки снабжены оранжевыми, сине-зелеными и бесцветными стеклами специальных марок, обеспечивающими защиту от лазерного излучения определенных диапазонов длин волн. Поэтому выбор очков должен соответствовать длине волны лазерного излучения.

Тема № 16. Защита от ионизирующих излучений

Ионизирующим называется излучение, которое, проходя через среду, вызывает ионизацию или возбуждение молекул среды. Ионизирующее излучение, так же как и электромагнитное, не воспринимается органами чувств человека. Поэтому оно особенно опасно, так как человек не знает, что он подвергается его воздействию. Ионизирующее излучение иначе называют радиацией.

Радиация — это поток частиц (альфа-частиц, бета-частиц, нейтронов) или электромагнитной энергии очень высоких частот (гамма- или рентгеновские лучи).

Радиоактивное загрязнение — это форма физического (энергетического) загрязнения, связанного с превышением естественного уровня содержания радиоактивных веществ в среде в результате деятельности человека.

Вещества состоят из мельчайших частиц химических элементов — атомов. Атом делим и имеет сложное строение. В центре атома химического элемента находится материальная частица, называемая атомным ядром, вокруг которой вращаются электроны. Большинство атомов химических элементов обладают большой устойчивостью, т. е. стабильностью. Однако у ряда известных в природе элементов ядра самопроизвольно распадаются. Такие элементы называются *радионуклидами*. Один и тот же элемент может иметь несколько радионуклидов. В этом случае их называют *радиоизотопами* химического элемента. Самопроизвольный распад радионуклидов сопровождается радиоактивным излучением.

Самопроизвольный распад ядер некоторых химических элементов (радионуклидов) называется *радиоактивностью*.

Радиоактивное излучение бывает различного вида: потоки частиц с высокой энергией, электромагнитная волна с частотой более $1,5 \cdot 10^{17}$ Гц.

В соответствии с существующей классификацией ионизирующие (радиационные) воздействия делятся на следующие группы: альфа-излучение, бета-излучение, нейтронное излучение, гамма-излучение, рентгеновское излучение.

Испускаемые частицы бывают различных видов, но чаще всего испускаются альфа-частицы (α-излучение) и бета-частицы (β-излучение). Альфа-частица тяжелая и обладает высокой энергией, это ядро атома гелия. Бета-частица примерно в 7336 раз легче альфа-частицы, но может обладать также высокой энергией. Бета-излучение — это потоки электронов или позитронов.

Радиоактивное электромагнитное излучение (его также называют фотонным излучением) в зависимости от частоты волны бывает рентгеновским ($1,5 \cdot 10^{17} \dots 5 \cdot 10^{19}$ Гц) и гамма-излучением (более $5 \cdot 10^{19}$ Гц). Естественное излучение бывает только гамма-излучением. Рентгеновское излучение искусственное и возникает в электронно-лучевых трубках при напряжениях в десятки и сотни тысяч вольт.

Радионуклиды, испуская частицы, превращаются в другие радионуклиды и химические элементы. Радионуклиды распадаются с различной скоростью. Скорость распада радионуклидов называют *активностью*. Единицей измерения активности является количество распадов в единицу времени. Один распад в секунду носит специальное название беккерель (Бк). Часто для измерения активности используется другая единица — кюри (Ки), $1 \text{ Ки} = 37 \cdot 10^9 \text{ Бк}$. Одним из первых подробно изученных радионуклидов был радий-226. Его изучили впервые супруги Кюри, в честь которых и названа единица измерения активности. Количество распадов в секунду, происходящих в 1 г радия-226 (активность) равна 1 Ки.

Время, в течение которого распадается половина радионуклида, называется *периодом полураспада* ($T_{1/2}$). Каждый радионуклид имеет свой период полураспада. Диапазон изменения $T_{1/2}$ для различных радионуклидов очень широк. Он изменяется от секунд до миллиардов лет. Например, наиболее известный естественный радионуклид уран-238 имеет период полураспада около 4,5 миллиардов лет.

Радиационные дозы и единицы их измерения

Экспозиционная доза – отношение суммарного электрического заряда dQ ионов одного знака, созданных электронами, освобожденными в облученном

воздухе при полном использовании ионизирующей способности электронов, к массе dm этого воздуха:

$$D = dQ/dm.$$

Единица измерения экспозиционной дозы в системе СИ – Кл/кг. Внесистемная единица измерения – рентген (Р). $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Доза поглощенная – величина энергии, переданная ионизирующим излучением веществу:

$$D = dE/dm,$$

где dE – средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме; dm – масса вещества в этом объеме.

Энергия может быть усреднена по любому определенному объему, и в этом случае средняя доза будет равна полной энергии, переданной объему, деленной на массу этого объема.

В системе СИ поглощенная доза измеряется в Дж/кг и имеет специальное название – грей (Гр). Внесистемная единица – рад. $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$.

Доза эквивалентная – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения:

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R},$$

где $D_{T,R}$ – средняя поглощенная доза в органе или ткани T ; W_R – взвешивающий коэффициент для излучения вида R .

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

$$H_T = \sum_R H_{T,R}.$$

Единицей эквивалентной дозы в СИ является зиверт (Зв). $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр}/W_R$. Внесистемная единица эквивалентной дозы – бэр. Соотношение между этими единицами: $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$.

Доза эффективная – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентных доз в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты:

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T,$$

где H_T – эквивалентная доза в органе или ткани T ; W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани.

Значения взвешивающих коэффициентов для тканей и органов при расчете эффективной дозы приведены в НРБ–99/2009.

Отношение любой дозы к промежутку времени, в течение которого она получена, называется *мощностью дозы*.

Действие радиации на живой организм представляет собой комплекс многих взаимосвязанных процессов разной интенсивности и продолжительности. Это физико-химические, химические и биологические процессы, каждый из которых характеризуется определенным типом взаимодействия излучения с веществом и продуктами этого взаимодействия.

Биологическое действие радиации на живой организм начинается на клеточном уровне. Клетка животного состоит из клеточной мембраны, окружающей цитоплазму, в которой заключено более плотное ядро. Цитоплазма состоит из органических соединений биологического характера, образующих пространственную решетку, ячейки которой заполнены водой с растворенными в ней солями и относительно малыми молекулами липидов. Ядро считается наиболее чувствительной жизненно важной частью клетки, а основными его структурными элементами являются хромосомы. В основе строения хромосом находится молекула ДНК, в которой заключена наследственная информация организма. Отдельные участки ДНК, ответственные за оформление определенного элементарного признака, называются генами. Гены расположены в хромосомах в строго определенном порядке, и любому организму соответствует определенный набор хромосом в любой клетке. У человека любая клетка содержит 23 пары хромосом. При делении клетки хромосомы удваиваются и в определенном порядке располагаются в дочерних клетках.

Ионизирующее излучение вызывает повреждение хромосом (хромосомные аберрации), что приводит к соединению разорванных концов в новое сочетание. Это вызывает изменение аппарата дочерних клеток, неодинаковых с исходными. Если стойкие хромосомные аберрации происходят в половых клетках, то это ведет к мутациям, то есть появлению у облученных особей потомства с другими признаками. Мутации полезны, когда они приводят к повышению жизнестойкости организма, и вредны, когда они проявляются в виде различных врожденных пороков. Практика показывает, что при действии ионизирующих излучений вероятность возникновения полезных мутаций мала.

Необходимо отметить, что обнаружены непрерывно действующие в любой клетке процессы исправления химических повреждений в молекулах ДНК. ДНК достаточно устойчива по отношению к разрывам, вызываемым

радиацией. Необходимо провести 7 разрушений структуры ДНК, чтобы произошла мутация. Это указывает на высокую прочность генов.

Разрушение жизненно важных для организма молекул возможно не только при прямом их разрушении ионизирующим излучением, но и при косвенном действии, когда сама молекула не поглощает непосредственно энергию излучения, а получает ее от другой молекулы (растворителя), которая первоначально поглотила эту энергию. В этом случае радиационный эффект обусловлен вторичным влиянием продуктов радиолиза (разложения) растворителя на молекулы ДНК. Этот механизм объясняет теория радикалов. Повторяющиеся прямые попадания ионизирующих частиц в молекулу ДНК могут вызвать ее распад. Однако вероятность такого попадания меньше, чем попаданий в клетки воды, которая служит основным растворителем. Поэтому радиолиз воды ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$) с последующим образованием молекулярного водорода и перекиси водорода, имеет первостепенное значение в радиобиологических процессах. Наличие в системе кислорода усиливает эти процессы. Главную роль в развитии биологических изменений играют ионы и радикалы, которые образуются в воде вдоль траектории движения ионизирующих частиц.

Высокая способность радикалов вступать в химические реакции обуславливает процессы их взаимодействия с биологически важными молекулами, находящимися непосредственно вблизи от них. В таких реакциях разрушаются структуры биологических веществ, а это в свою очередь приводит к изменениям биологических процессов, включая процессы образования новых клеток.

Когда мутация возникает в клетке, она распространяется на все клетки нового организма, которые образовались путем деления. Помимо *генетических* эффектов, которые могут сказываться на последующих поколениях (врожденные уродства), наблюдаются и так называемые *соматические* эффекты, которые опасны не только для самого организма, но и его потомства. Соматическая мутация распространяется только на определенный круг клеток, образовавшихся путем обычного деления из первичной клетки, претерпевшей мутацию.

Соматические повреждения являются результатом воздействия излучения на коллективы клеток, образующие определенные органы или ткани. Радиация тормозит или даже полностью останавливает процесс деления клеток, в котором собственно и проявляется их жизнь, а достаточно сильное излучение убивает клетки. Разрушительное действие излучения особенно заметно проявляется в молодых тканях.

К *соматическим эффектам* относят локальное повреждение кожи (лучевой ожог), катаракту глаз, повреждение половых органов (кратковременная или постоянная стерилизация) и др.

Генетические эффекты обнаружить трудно, так как они действуют на малое число клеток и имеют длительный скрытый период.

Установлено, что не существует минимального уровня радиации, ниже которого мутации не происходит. Проявление генетических эффектов мало зависит от мощности дозы, а определяется суммарной накопленной дозой независимо от того, получена она за 1 сутки или 50 лет. Полагают, что генетические эффекты не имеют дозового предела. Генетические эффекты определяются только коллективной дозой, а выявление эффекта у отдельного индивидуума практически непредсказуемо.

Соматические эффекты всегда начинаются с определенной пороговой дозы: при меньших дозах повреждения организма не происходит. Другое отличие соматических повреждений от генетических – организм способен со временем преодолевать последствия облучения, тогда как клеточные повреждения необратимы.

Средства измерений ионизирующих излучений условно делятся на следующие классы.

Дозиметры – средства измерений экспозиционной дозы и ее мощности, поглощенной дозы и ее мощности.

Радиометры – средства измерений активности радионуклидов в образцах и объектах, объемной активности радионуклидов в жидкостях и газах, объемной активности радиоактивных аэрозолей, удельной активности радионуклидов в твердых и сыпучих материалах, удельной поверхностной активности и др.

Спектрометры – средства измерений энергии частиц ионизирующих излучений.

В комбинированных приборах могут объединяться функции средств измерений из различных классов.

Различие методов измерений связано с использованием различных методов регистрации излучений, применяемых в измерительных преобразователях, и методов обработки, применяемых в аппаратурных средствах обработки информации и измерительных преобразователей.

Основные методы регистрации излучений:

– *Калориметрический метод* – метод, основанный на измерении изменения температуры твердого или жидкого поглотителя при поглощении в нем энергии излучения. Метод в основном используется в первичных и вторичных эталонах и из-за малой чувствительности и громоздкости

измерительной аппаратуры не используется в обычных условиях в сфере контроля радиационной безопасности.

– *Ионизационный метод* – метод с использованием детекторов с газовым наполнением, в которых заряженные частицы вызывают ионизацию газа. Метод широко используется в рабочих средствах измерения, используемых в сфере контроля радиационной безопасности.

– *Сцинтилляционный метод* основан на использовании органических и неорганических сцинтилляторов, в которых энергия, передаваемая излучением, превращается в световое излучение и регистрируется с помощью детекторов, чувствительных к световому излучению в данном спектре.

– *Термолюминисцентный метод* заключается в регистрации энергии, запасенной в специальном веществе при взаимодействии излучения с этим веществом и освобождаемой в виде светового излучения при последующем нагревании этого вещества в определенных условиях.

– *Полупроводниковый метод* – метод, основанный на регистрации изменений свойств полупроводникового детектора, вызванных взаимодействием излучения с полупроводниковым материалом, или регистрации импульсов (тока), возникающих от образования электронов (дырок) в полупроводниковом детекторе падающим на него излучением.

– *Фотоэмульсионный метод* – метод, основанный на регистрации изменений в фотоэмульсии, вызванных взаимодействием излучения со светочувствительным материалом фотоэмульсии.

– *Активационный метод* основан на регистрации наведенной активности в детекторах из различных материалов, вызванной в материале при облучении его нейтронами.

Нормирование ионизирующих излучений

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

– непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (*принцип нормирования*);

– запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (*принцип обоснования*);

– поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (*принцип оптимизации*).

Устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (группы А и Б);
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются два класса нормативов:

- основные пределы доз (ПД) (табл. 21);

Таблица 21

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	персонал (группа А)	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	150 мЗв	15 мЗв
– на коже	500 мЗв	50 мЗв
– на кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

– допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА), допустимые среднегодовые удельные активности (ДУА) и др.

Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия на персонал группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

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 поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала.

На период беременности и грудного вскармливания ребенка женщины должны переводиться на работу, не связанную с источниками ионизирующего излучения.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

Для защиты от ионизирующих излучений применяют следующие методы и средства:

- снижение активности (количества) радиоизотопа, с которым работает человек;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- экранирование излучения с помощью экранов и биологических защит;
- применение средств индивидуальной защиты.

Для точечного изотропного источника (под точечным источником понимают источник, размеры которого значительно меньше расстояния, на котором рассматривается его действие; под изотропным источником понимают источник одного радионуклидного состава с равномерно распределенной активностью) мощность поглощенной дозы (dD/dt) определяется формулой:

$$\dot{D} = \frac{\Gamma_{\delta} A(t)}{r^2},$$

где Γ_{δ} — керма-постоянная, $\text{Гр} \cdot \text{м}^2 / (\text{с} \cdot \text{Бк})$ — постоянная для каждого радионуклида величина, значение которой можно найти в справочниках по радиационной безопасности; $A(t)$ — активность источника, зависящая от времени, Бк; r — расстояние до источника, м.

Так как в соответствии с законом радиоактивного распада активность источника изменяется по времени в соответствии с формулой:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t},$$

где A_0 — начальная активность, Бк; $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ — постоянная распада радионуклида, с; $T_{1/2}$ — период полураспада (время, в течение которого распадается половина атомов радионуклида), с, то

$$D = \frac{\Gamma_{\delta} A_0 e^{-0,693t/T_{1/2}}}{r^2} t.$$

Таким образом, на основании анализа приведенной формулы можно сделать вывод, что защищаться от ионизирующих излучений можно путем уменьшения активности радиоактивного источника (A_0), времени пребывания в поле ионизирующего излучения (t) и удалением от источника излучения (r), причем поглощенная доза обратно пропорциональна квадрату расстояния.

Экранирование ионизирующего излучения. Если указанных мер защиты временем, расстоянием, количеством недостаточно для снижения уровня излучения до допустимых величин, между источником излучения и защищаемым объектом (человеком) устанавливают защиту (экраны). Мощность дозы уменьшается в экране по экспоненциальному закону:

$$\dot{D} = \dot{D}_0 e^{-\mu t} = \dot{D}_0 e^{-0,693d/d_{1/2}},$$

где $\dot{D}_0$ — мощность поглощенной дозы перед экраном; μ , $d_{1/2}$, d — соответственно линейный коэффициент ослабления, толщина половинного ослабления (толщина материала экрана, ослабляющая мощность излучения в 2 раза), толщина экрана. Значения μ , $d_{1/2}$ зависят от вида и энергии излучения и материала экрана, их значения известны и содержатся в справочниках по радиационной безопасности.

Кроме указанных формул, обычно в инженерной практике для выбора типа и материала экрана, его толщины используют уже известные расчетно-экспериментальные данные по кратности ослабления излучений различных радионуклидов и энергий, представленные в виде таблиц или графических зависимостей. Кратность ослабления K — это отношение мощности дозы $\dot{D}_0$ перед экраном к мощности дозы $\dot{D}$ за экраном. Зная допустимую мощность дозы для защищаемого объекта и мощность источника излучения при отсутствии экрана, можно определить требуемую кратность ослабления K и, выбрав материал, по графикам определить его необходимую толщину.

Выбор материала защитного экрана определяется видом и энергией излучения.

Альфа-излучение. Альфа-частицы тяжелые, поэтому, обладая высокой ионизирующей способностью, быстро теряют свою энергию. Для защиты от альфа-излучения достаточно 10 см слоя воздуха. При близком расположении от альфа-источника обычно применяют экраны из органического стекла. Однако распад альфа-нуклида может сопровождаться бета- и гамма-излучением. В этом случае должна устанавливаться защита от этих видов излучений.

Бета-излучение. Для защиты от бета-излучения рекомендуется использовать материалы с малой атомной массой (алюминий, плексиглас, карболит), которые дают наименьшее тормозное гамма-излучение, обычно сопровождающее поглощение бета-частиц. Для комплексной защиты от бета- и тормозного гамма-излучения применяют комбинированные двух- и многослойные экраны, у которых со стороны источника излучения устанавливают экран из материала с малой атомной массой, а за ним — с большой атомной массой (свинец, сталь и т. д.).

Гамма- и рентгеновское излучение. Для защиты от гамма- и рентгеновского излучения, обладающих очень высокой проникающей способностью, применяют материалы с большой атомной массой и плотностью (свинец, вольфрам и пр.), а также сталь, железо, бетон, чугун, кирпич. Однако, чем меньше атомная масса вещества экрана и чем меньше плотность защитного материала, тем для обеспечения требуемой кратности ослабления необходима большая толщина экрана.

Нейтронное излучение. Лучшими для защиты от нейтронного излучения являются водородосодержащие вещества, т. е. вещества, имеющие в своей химической структуре атомы водорода. Обычно применяют воду, парафин, полиэтилен. Кроме того, нейтронное излучение хорошо поглощается бором, бериллием, кадмием, графитом. Поскольку нейтронные излучения сопровождаются гамма-излучениями, необходимо применять многослойные экраны из различных материалов: свинец—полиэтилен, сталь—вода и т. д. В ряде случаев для одновременного поглощения нейтронного и гамма-излучений применяют водные растворы гидроокисей тяжелых металлов, например гидрооксида железа $\text{Fe}_2(\text{OH})_3$.

Конструкции защитных устройств разнообразны (рис. 22.). Они могут выполняться в виде защитных боксов, сейфов для хранения радиоактивных препаратов, передвижных и стационарных экранов.

Помещения, предназначенные для работы с радиоактивными препаратами, должны быть отдельными, изолированными от других помещений и специально оборудованными. Стены, потолки и двери делают гладкими, не имеющими пор и трещин. Все углы помещения закругляют для облегчения уборки помещения от радиоактивной пыли. Стены покрывают масляной краской на высоту 2 м, а при поступлении в воздушную среду помещения радиоактивных аэрозолей или паров как стены, так и потолки покрывают масляной краской полностью. Помещения оборудуют хорошей приточно-вытяжной вентиляцией, проводят ежедневную влажную уборку.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ). Для защиты человека от внутреннего облучения при попадании радиоизотопов внутрь организма с вдыхаемым воздухом применяют респираторы (для защиты от радиоактивной пыли), противогазы (для защиты от радиоактивных газов).

При работе с радиоактивными изотопами в качестве основной спецодежды применяют халаты, комбинезоны, полукOMBинезоны из неокрашенной хлопчатобумажной ткани, а также хлопчатобумажные шапочки.

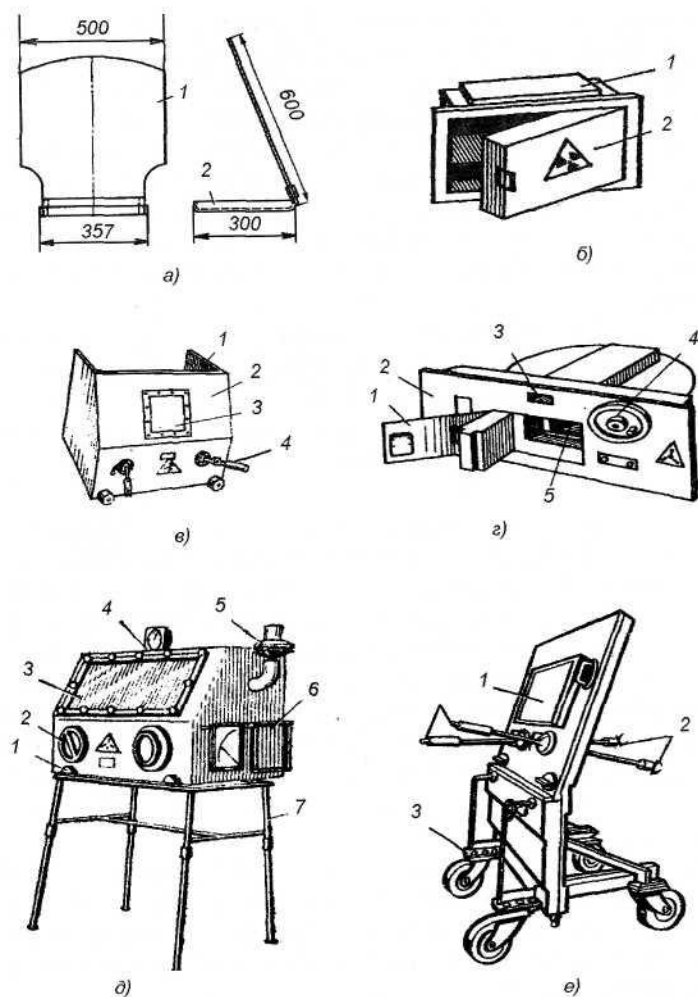


Рис. 22. Конструкции устройств для защиты от радиации: *а* — экран из органического стекла: 1 — смотровое окно; 2 — подставка; *б* — сейф стационарный стенной защитный: 1 — стальной шкаф; 2 — свинцовая дверь с замком; *в* — экран настольный передвижной с двумя захватами: 1 — боковые стенки; 2 — передняя стенка; 3 — смотровое окно; 4 — захваты; *г* — сейф стационарный стенной защитный поворотный: 1 — дверца с замком; 2 — кожух; 3 — указатель; 4 — маховик; 5 — барабан; *д* — бокс защитный перчаточный на одно рабочее место: 1 — корпус бокса; 2 — перчатки; 3 — смотровое окно; 4 — тягонапоромер; 5 — вытяжной фильтр; 6 — форкамера; 7 — подставка; *е* — передвижной защитный экран: 1 — смотровое окно; 2 — манипуляторы; 3 — механизм передвижения

При опасности значительного загрязнения помещения радиоактивными изотопами поверх хлопчатобумажной одежды надевают пленочную (нарукавники, брюки, фартук, халат, костюм), покрывающую все тело или места возможного наибольшего загрязнения. В качестве материалов для пленочной одежды применяются пластики, резину и другие материалы, которые легко очищаются от радиоактивных загрязнений. При использовании пленочной одежды в ее конструкции предусматривается принудительная подача воздуха под костюм и нарукавники.

При работе с радиоактивными изотопами высокой активности используют перчатки из резины, пропитанной свинцом.

При высоких уровнях радиоактивного загрязнения применяют пневмокостюмы из пластических материалов с принудительной подачей чистого воздуха под костюм.

Для защиты глаз применяют очки закрытого типа со стеклами, содержащими фосфат вольфрама или свинец. При работе с альфа- и бета-препаратами для защиты лица и глаз используют защитные щитки из оргстекла.

На ноги надевают пленочные туфли или бахилы и чехлы, снимаемые при выходе из загрязненной зоны.

Тема № 17. Средства индивидуальной защиты

Средствами индивидуальной защиты (СИЗ) называют средства, предназначенные для обеспечения безопасности одного работающего. СИЗ не устраняют имеющиеся на производстве вредные или опасные производственные факторы, а во многих случаях в большей или меньшей степени мешают выполнению профессиональной деятельности, создавая помехи труду. Поэтому СИЗ применяют только в тех случаях, когда конструкция оборудования, организация производственных процессов, архитектурно-планировочные решения и средства коллективной защиты не обеспечивают безопасность труда.

Вместе с тем имеется много производственных процессов или отдельных производственных ситуаций, в том числе аварийных, при которых применение СИЗ является наиболее надежным, а иногда и единственным способом обеспечения безопасности человека. Так, например, в условиях высокой загазованности рабочей зоны (при выполнении работ внутри закрытых емкостей, в колодцах, коллекторах, в аварийной ситуации на химическом, нефтехимическом, газоперерабатывающем заводе) нельзя работать без средств индивидуальной защиты органов дыхания. При наличии шума, превышающего ПДУ, например, на компрессорных станциях, нельзя работать без средств защиты органов слуха. Электрогазосварщик не может выполнять работу без средств защиты глаз и лица. Число таких примеров можно легко умножить.

В зависимости от назначения СИЗ подразделяются на 12 классов (ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»:

- костюмы изолирующие;
- средства защиты органов дыхания;

- одежда специальная защитная;
- средства защиты ног,
- средства защиты рук;
- средства защиты головы;
- средства защиты лица,
- средства защиты глаз;
- средства защиты органа слуха;
- средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства;
- средства дерматологические защитные;
- средства защитные комплексные.

Организационно в одних производственных ситуациях те или иные СИЗ применяют непрерывно и постоянно на протяжении всего рабочего времени, а в других используют только для некоторых производственных операций, связанных с воздействием вредных или опасных производственных факторов

Выдача СИЗ осуществляется в соответствии с Правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (Постановление Минтруда РФ от 18 декабря 1998 г. № 51) по Типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты

Нормы обеспечения работников бесплатными (за счет средств работодателя) средствами индивидуальной защиты, предусмотренные в Типовых отраслевых нормах, следует рассматривать как минимально необходимые. Предприятия имеют право устанавливать свои нормы с более расширенным ассортиментом СИЗ. В качестве примера можно привести Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты для работников ОАО «Нефтяная компания «ЮКОС», его дочерних и зависимых обществ. Утверждены постановлением Министерства труда и социального развития РФ от 14 января 2002 г. № 2.

Типовые отраслевые нормы предусматривают обеспечение работников средствами индивидуальной защиты независимо от того, к какой отрасли экономики относятся производства, цехи, участки и виды работ, а также независимо от форм собственности организаций. Например, станочнику, занятому механической обработкой металла, независимо от того, в какой организации он работает, средства индивидуальной защиты выдаются в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам машиностроительных и металлообрабатывающих производств.

Выдаваемые работникам средства индивидуальной защиты должны соответствовать их полу, росту и размерам, характеру и условиям выполняемой работы и обеспечивать безопасность труда. Постановлением Госстандарта России с 1992 года в России введена Система сертификации СИЗ, введены Правила сертификации СИЗ, создана сеть специальных испытательных лабораторий. Все отечественные, а это более 1000 наименований, и иностранные СИЗ должны соответствовать требованиям охраны труда, установленным в РФ, и иметь российский сертификат соответствия. Приобретение и выдача работникам средств индивидуальной защиты, не имеющих сертификата соответствия, не допускается.

Работодатель обязан организовать надлежащий уход за СИЗ, т.е. своевременно и качественно осуществлять их химчистку, старку, ремонт, обезвреживание и обеспыливание. В тех случаях, когда это требуется по условиям производства в цехах, на участках должны устраиваться сушилки для специальной одежды и специальной обуви, камеры для обеспыливания специальной одежды и установки для дегазации, дезактивации и обезвреживания средств индивидуальной защиты.

Работодатель несет ответственность за своевременное и в полном объеме обеспечение работников СИЗ, за организацию контроля за правильностью их применения и хранения.

Личная гигиена на производстве. Трудовая деятельность человека проходит в различной производственной среде, важной характеристикой которой являются санитарно-гигиенические условия. Гигиена труда устанавливает нормы и требования, выполнение которых необходимо для создания здоровых условий труда.

Практическое использование результатов исследований гигиены труда входит в задачу *производственной санитарии*, которая рассматривает вопросы устройства, оборудования и содержания производственных помещений и предприятий в целом. Она устанавливает требования к производственным помещениям, территории, планировке населенных мест. Применительно к производственным помещениям производственная санитария разрабатывает требования к отоплению, освещению, вентиляции и т. д. Кроме гигиены труда необходимо соблюдать *личную гигиену*. В узком понимании к личной гигиене относят соблюдение режима дня, питания, труда и отдыха, а также гигиенический уход за кожей тела, гигиеническое содержание нательного и постельного белья, верхней одежды, обуви и других предметов бытовой и производственной обстановки. Выполнение правил личной гигиены имеет большое значение для предотвращения заболеваемости и травматизма.

Нарушение правил личной гигиены может повлиять не только на

здоровье данного человека, но и на здоровье окружающих, и служить причиной распространения инфекционных заболеваний, отравлений и даже несчастных случаев.

При создании здоровых и благоприятных условий труда учитывают различные *санитарные нормы*, в зависимости от отрасли экономики..

Согласно санитарным нормам проектирования под строительство производственных объектов выбирают площадку с относительно ровной поверхностью и некоторым уклоном для стока талых и дождевых вод. Уровень грунтовых вод должен быть ниже глубины траншей, подвалов и т. д. Производственные участки следует располагать с учетом естественных источников воды, существующих дорог и линий электропередачи. Производственный комплекс должен быть расположен ниже по рельефу и с подветренной стороны господствующих в этой местности ветров от жилья и общественных зданий с учетом организации *санитарно-защитной зоны*, необходимой для предупреждения распространения или заноса извне возбудителей инфекционных болезней и вредных производственных факторов, а также для создания лучшего микроклимата. На *производственной территории* здания строят на определенном расстоянии друг от друга для создания естественного освещения, проветривания, дальнейшего расширения производства, а также для изоляции, например, производства, опасного в пожарном отношении. На производственной территории устраивают дороги, пожарные подъезды, пешеходные дорожки и высаживают зеленые насаждения, особенно вокруг зданий с вредными производственными условиями. Вспомогательные помещения располагают вблизи производственных, но не ближе чем на 12 м. Обычно расстояния между зданиями принимают равными высоте противоположных зданий (до карниза). Санитарно-защитную зону нельзя использовать как зону отдыха и для оборудования на ней спортивных площадок.

Новые или реконструируемые производственные объекты не могут быть приняты в эксплуатацию без заключений соответствующих органов государственного контроля и надзора за соблюдением требований охраны труда. Создание безопасных и безвредных условий труда, выполнение требований охраны труда и окружающей среды должно предусматриваться при проектировании, строительстве и эксплуатации объекта (ст. 215 ТК РФ).

Список принятых сокращений

ВДТ – видео дисплейный терминал

КЕО (е) --- коэффициент естественной освещенности

ЛЭП - линии электропередачи

НЧ – низкочастотные электромагнитные волны

ОВПФ – опасные и вредные производственные факторы

ОБУВ - ориентировочно безопасный уровень воздействия

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ПДК_{мр} - максимально разовая концентрация

ПДК_{сс} - среднесменная концентрация

ПДК_{рз} - предельно допустимая концентрация рабочей зоны

ПДУ – предельно допустимый уровень

ППЭ – плотность потока энергии

СанПиН – санитарные правила и нормы

СВЧ – сверхвысокие частоты

СКЗ – средства коллективной защиты

ССБТ - система стандартов безопасности труда

СИЗ - средства индивидуальной защиты

СИЗОД - средства индивидуальной защиты органов дыхания

УВЧ – ультравысокие частоты

ФВУ - фильтровентиляционные установки

ЦНС – центральная нервная система

ЭМП - электромагнитное поле

ЭМВ – электромагнитная волна

ЭМИ – электромагнитные излучения.

ЭСП - электростатическое поле

Основные понятия, термины и определения

Вентиляция – это организованный и регулируемый воздухообмен, который направлен на обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях различного назначения.

Под **вибрацией** понимается движение точки или механической системы, при которой происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты.

Вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Гигиена труда — это область профилактической медицины, изучающая влияние факторов производственной среды на функциональное состояние организма человека и условия сохранения здоровья на производстве.

Зона дыхания – пространство в радиусе до 50 см от лица работающего.

Инфразвук – акустические колебания с частотой ниже 16...20 Гц.

Под **лазерным излучением** понимается вынужденное излучение, являющееся процессом усиления света.

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

Непостоянное рабочее место – место, на котором работающий находится меньшую часть (менее 50 % или менее 2 ч непрерывно) своего рабочего времени.

Производственная санитария - это инженерно - техническая дисциплина, задачей которой является практическое осуществление защиты работающих от вредных производственных факторов и обеспечение условий сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Производственная среда – пространство (часть техносферы), в котором совершается трудовая деятельность человека, и обладающая повышенной концентрацией негативных факторов.

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм.

Предельно допустимые концентрации – концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Постоянное рабочее место – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50 % или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Работоспособность — величина функциональных возможностей организма человека, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время.

Рабочая зона – пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих.

Рабочее место – место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

Свет – это видимое электромагнитное излучение в диапазоне длин волн 380–760 нм, которое, попадая на сетчатку глаза, вызывает зрительное ощущение.

Ультразвук – упругие колебания и волны, частота которых лежит в диапазоне 16–100 кГц. **Шум** – совокупность аperiодических звуков разной интенсивности и частоты.

Условия труда - это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Электромагнитное поле (ЭМП) – это особая форма материи, представляющая собой совокупность двух взаимосвязанных переменных полей: электрического и магнитного, которая распространяется в пространстве в виде *электромагнитных волн (ЭМВ)*.

**Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности
и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений**

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальна я	допустимая				оптималь ная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных*
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
			постоянны х	непостоянн ых	постоянны х	непостоянн ых				
Холодный	Легкая – Ia	22–24	25	26	21	18	40–60	75	0,1	Не более 0,1
	Легкая – Ib	21–23	24	25	20	17	40–60	75	0,1	Не более 0,2
	Средней тяжести – IIa	18–20	23	24	17	15	40–60	75	0,2	Не более 0,3
	Средней тяжести – IIб	17–19	21	23	15	13	40–60	75	0,2	Не более 0,4
	Тяжелая – III	16–18	19	20	13	12	40–60	75	0,3	Не более 0,5
Теплый	Легкая – Ia	23–25	28	30	22	20	40–60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1–0,2
	Легкая – Ib	22–24	28	30	21	19	40–60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1–0,3
	Средней тяжести – IIa	21–23	27	29	18	17	40–60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2–0,4
	Средней тяжести – IIб	20–22	27	29	16	15	40–60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2–0,5
	Тяжелая – III	18–20	26	28	15	13	40–60	75 (при 24 °С)	0,4	0,2–0,6

* Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая – минимальной температуре воздуха. Для промежуточных величин температуры воздуха скорость его движения допускается определять интерполяцией; при минимальной температуре воздуха скорость его движения может приниматься также ниже 0,1 м/с – при легкой работе и ниже 0,2 м/с – при работе средней тяжести и тяжелой.

Наименование учебного и научного лабораторного оборудования

№ п/п	Наименование учебного и научного лабораторного оборудования	Марка
1.	Прибор контроля параметров воздушной среды МЕТЕОМЕТР (диапазон измерений -40...+85)	МЭС - 200
2.	Прибор контроля параметров воздушной среды ТЕРМОАНЕМОМЕТР (диапазон измерений +5...+40)	ТАМ-1
3.	Прибор контроля параметров воздушной среды ТЕРМОГИГРОМЕТР (диапазон измерений -20...+60)	ИВТМ-7 МК
4.	Прибор контроля параметров воздушной среды ПСИХРОМЕТР механический (диапазон измерений 10...100)	МВ-4-2М
5.	Прибор контроля температуры поверхности ПИРОМЕТР (диапазон измерений -30...+400)	testo 830
6.	Анализатор пыли (диапазон измерений 0,1...100)	ДАСТ
7.	Измеритель массовой концентрации пыли (диапазон измерений 0...100)	ПРИМА-01
8.	Газоанализатор	УГ-2
9.	Измеритель шума и вибрации ШУМОМЕР	ВШВ-003-МЗ
10.	ЛЮКСОМЕТР для определения освещенности	Аргус-01
11.	Прибор для измерения магнитных полей	ИМП-05
12.	Прибор для измерения электростатических полей	ИЭСП-01 (В)