

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта
Кафедра «Автотранспортная и техносферная безопасность»

Составитель Туманова Н.И.

Системы защиты техносферы

Курс лекций

по дисциплине «Системы защиты техносферы» для студентов ВлГУ,

обучающихся по направлению **20.03.01 Техносферная безопасность**

Владимир – 2016г.

Содержание

1. ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ
2. ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ.
3. ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ.
4. УТИЛИЗАЦИЯ И ЛИКВИДАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ.

Характеристика промышленных выбросов в атмосферу

Загрязнение атмосферы на предприятиях различных отраслей промышленности происходит: при сжигании топлива в печах, котельных и двигателях внутреннего сгорания, а также в результате испарения вредных веществ, используемых в процессе производства.

При сжигании топлива выделяются: двуокись углерода CO_2 , окись углерода CO , окислы серы SO_2 и SO_3 , окислы азота, углеводороды, дым, состоящий из твердых частиц, и некоторые другие вещества.

Углекислый газ образуется при сгорании любого вида топлива. Углекислый газ опасности для здоровья человека не представляет: напротив, он необходим для жизнедеятельности любых живых организмов, в особенности растений. Однако огромное количество углекислого газа антропогенного происхождения (около 15 млрд. тонн в год) приводит к заметному увеличению его концентрации в атмосфере, вызывает изменение климата вследствие парникового эффекта.

Окись углерода (CO) не вредна для растений, но очень вредна для живых существ, дышащих легкими. Окись углерода в 210 раз лучше поглощается кровью, чем кислород. Поэтому, если в воздухе присутствует окись углерода, она соединяется с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин (COH_B), который связывает молекулы гемоглобина и препятствует поглощению и переносу кислорода. При содержании COH_B в крови 15% наблюдаются головные боли, головокружение, а при содержании 40% наступает коматозное состояние и смерть. У некурящего человека содержание COH_B в крови обычно составляет 0,5%, у курильщика – 5-15%. Симптомы отравления окисью углерода (головная боль) наблюдается при концентрации около 200 мг/м^3 .

Основным источником загрязнения атмосферы окисью углерода является автомобильный транспорт (около 50% выделяемого CO). Кроме того, много окиси углерода выделяется при сварке металлов.

Окислы серы двуокись SO_2 и трехокись SO_3 образуются при сжигании органического топлива, особенно угля. Двуокись серы - бесцветный газ с острым запахом газа, уже при малых концентрациях ($20 - 30 \text{ мг/м}^3$)

вызывает неприятный вкус во рту, раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательные пути, провоцирует респираторные заболевания, бронхиты. Вредно влияет на леса, особенно хвойные. При содержании SO_2 в воздухе от 0,2 до 0,3 мг/м³ происходит усыхание сосны за 2-3 года. Аналогичные изменения у лиственных деревьев происходят при концентрации SO_2 0,5 - 1 мг/м³. Двуокись серы существует в свободном виде в атмосфере 2-3 суток. Соединяясь с атмосферной влагой, она образует серную кислоту H_2SO_4 , которая затем выпадает в виде кислотных дождей.

Оксиды азота (NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5) образуются при сжигании, как угля, так и жидкого топлива в двигателях внутреннего сгорания. Большое количество оксидов азота выделяется при сварке и газовой резке металла. Особенно опасна двуокись азота NO_2 , которая раздражающе действует на органы дыхания человека, вызывая кашель, рвоту, головную боль. В контакте с влажной поверхностью легких NO_2 образует кислоты HNO_3 и HNO_2 , приводящие к отеку легких. Вредное воздействие NO_2 на человека проявляется уже при концентрации 150-200 мкг/м³, а при концентрации 50-70 мг/м³ пребывание в такой атмосфере становится невыносимым. Двуокись азота NO_2 имеет красновато-бурый цвет, поэтому пелена загрязненного воздуха, нависшего над городом, имеет хорошо знакомый всем цвет ржавчины. Оксиды азота угнетающе действуют на растения, вызывают выцветание красок, разрушение волокон тканей.

Углеводороды (пары бензина, пропан, природный газ и др.) попадают в атмосферу при неполном сгорании и испарении топлива. Они вызывают головокружение, головную боль. Особенно опасен бенз(а)пирен ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$), обладающий канцерогенным действием. Бенз(а)пирен присутствует в саже, дымовых газах, выхлопных газах автомобиля.

Кроме газообразных продуктов, при сгорании топлива образуются твердые частицы сажи и золы, которые вместе с дымом попадают в атмосферу. Сажа в чистом виде не токсична, но она сильно поглощает тяжелые углеводороды, в том числе бенз(а)пирен, что делает её очень опасной для человека.

В некоторых цехах на предприятиях используются или образуются в процессе производства различные вредные и токсичные вещества. Например, в литейных цехах, кроме окиси углерода и двуокиси серы при работе плавильных печей и нагревании формовочной смеси, выделяются фенол, бензол, формальдегид, метанол и другие токсичные вещества. При переработке формовочных материалов образуется много пыли. Наиболее ядовитые и токсичные вещества используются в гальванических цехах: щелочи (едкий калий и едкий натр), кислоты, цианистые соединения (цианистый натрий, калий), соединения кадмия, цинка, хрома, меди и другие. Кроме того, в процессе реакций выделяются хлористый водород, синильная кислота, хлор, фтор и другие ядовитые вещества. Пары этих веществ, а также мельчайшие капельки электролита в виде тумана, попадая в атмосферу цеха, могут вызывать у персонала как местные раздражения, так и тяжелые отравления.

В пластмассовых цехах для изготовления деталей используются порошковые пластмассы, содержащие фенолформальдегидные смолы. При горячем прессовании деталей выделяются вредные газообразные вещества: фенол и Формальдегид, оказывающие раздражающее действие, с при длительном воздействии вызывающие общее отравление и профзаболевание. Кроме этого, фенол, формальдегид и всевозможные органические растворители используются при создании смол и компаундов, применяющихся для заливки радиотехнических изделий.

Много вредных веществ выделяется в атмосферу в лакокрасочных цехах. Это прежде всего органические растворители: бензол, толуол, ксилол, хлорированные углеводороды: трихлорэтилен, дихлорэтан, четыреххлористый углерод и другие. Испарение этих веществ, а также туманы, образующиеся при разбрызгивании лаков и красок, могут вызвать серьезные отравления работающих.

При монтаже аппаратуры с помощью пайки используется припой, содержащий свинец. Пары свинца и флюса, попадая при дыхании в организм человека, накапливаются и вызывают изменения в нервной системе, крови и сосудах.

2.1. Нормирование атмосферных загрязнений.

Степень загрязнения атмосферного воздуха различными примесями характеризуется концентрацией - количеством вещества в единице объема воздуха при нормальных условиях, в мг/м³. Предельно допустимая концентрация (ПДК) - это максимальная концентрация примеси в атмосфере, которая при постоянном или периодическом действии на человека или на окружающую среду в течении всей жизни не оказывает вредного действия, включая отдаленные последствия. Иногда на окружающую природу вещество оказывает вредное воздействие в меньших концентрациях, чем на человека. В этом случае при нормировании исходят из порога действия этого вещества на природу.

Различают максимально разовую и среднесуточную ПДК. Максимально разовая ПДК - основная характеристика опасности вредного вещества. Она устанавливается с целью предупреждения рефлекторных реакций у человека при кратковременном воздействии атмосферных примесей (20 мин). Среднесуточная ПДК - для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного влияния, которое накапливается в течение длительного времени. Значение ПДК ряда веществ для атмосферного воздуха приведены в таблице 2.1. Там же приведены значения ПДК для воздуха производственных помещений.

При одновременном наличии в атмосфере нескольких вредных веществ их концентрация должна удовлетворять условию

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n \leq 1 \quad (2.1)$$

где $C_1, C_2 \dots C_n$ - концентрация вредных веществ в одном и том же месте;
 $ПДК_1, ПДК_2, \dots ПДК_n$ - максимальные разовые предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосфере.

Для каждого источника загрязнения атмосферы устанавливается предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ из условия, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками загрязнения не создадут у поверхности земли концентрацию, превышающую ПДК для населения, растительного и животного мира. Если на территории предприятия действуют несколько мелких одиночных источников выбросов, устанавливают суммарный ПДВ для предприятия.

При установлении ПДВ необходимо учитывать фоновое загрязнение атмосферы от других источников, действующих в данной местности. Необходимо, чтобы суммарная концентрация вредных веществ вместе с фоновой не превосходила предельно допустимых значений.

Таблица 2.1

Предельно допустимые концентрации примесей.

Вещества	ПДК для атмосферы, мг/м ³		ПДК для производственных помещений, мг/м ³
	Максимально разовая	среднесуточная	
Азотная кислота	0,4	0,15	
Аммиак	0,2	0,20	
Анилин	0,05	0,03	0,1
Бенз(а)пирен		10 ⁻⁶	0,00015
Бензин	5	1,5	
Бензол	1,5	0,8	15/5
Двуокись азота	0,085	0,085	2,0
Двуокись серы	0,5	0,05	
Дихлорэтан	3,0	1,0	10,0
Метанол	1,0	0,5	5,0
Мышьяк	-	0,003	0,04/0,01
Окись углерода	3,0	1,0	20,0
Пыль не токсичная	0,5	0,15	
Ртуть	-	0,0003	0,01/0,05
Сажа	0,15	0,05	
Свинец	-	0,0007	0,01
Серная кислота	0,3	0,10	1,0
Сероводород	0,008	0,008	10,0
Уксусная кислота	0,20	-	0,1
Фенол	0,01	0,01	
Формальдегид	0,035	0,012	0,1
Хлор	0,1	0,03	0,5/0,05
			1,0

2.3. Методы контроля за состоянием атмосферы.

Для контроля за чистотой атмосферы применяются различные методы измерения концентрации примесей. Эти методы можно подразделить на 3

группы: лабораторные, характеризующиеся высокой точностью измерений и используемые для углубленных исследований; экспрессные, требующие сравнительно небольшого времени на отбор и анализ проб, и автоматические, позволяющие непрерывно контролировать состояние атмосферы. Простейшим методом анализа является гравитационный, основанный на выделении из пылегазового потока частиц пыли и измерения их массы. Основным недостатком гравитационного метода является его трудоемкость.

Широко применяются различные оптические методы. Они основаны либо на измерении поглощения света при прохождении через запыленный поток, либо на измерении рассеяния света. Определение концентрации газовых примесей основано на избирательном поглощении газами электромагнитной энергии различных длин волн. Таким образом, измеряют концентрацию окиси углерода, метана, паров ртути, озона, некоторых других газов. Очень эффективны методы, основанные на возбуждении исследуемого газа и анализе спектра его свечения. В последнее время получили распространение оптические методы с использованием лазерного излучения.

Для быстрого определения наличия токсичных газов в атмосфере используются газоанализаторы УГ-2, ГХ-2, где исследуемый воздух проходит через индикаторные трубки, заполненные поглотителем, изменяющим свою окраску под действием обнаруживаемого газа.

Из других методов анализа следует отметить радиоизотопный, основанный на поглощении β – излучения пылью, и группа электрических методов: индукционный, емкостной и другие.

Для определения концентрации вредных примесей в разработаны и выпускаются различные измерительные приборы, основанные на вышеизложенных методах. Этими приборами оборудуются стационарные контрольно – измерительные станции, а также передвижные лаборатории, смонтированные на автомобилях. За контролем состояния воздуха внутри производственных помещений следит служба охраны труда предприятия.

2.4. Очистка воздуха от загрязнений

Для очистки воздуха от пыли и туманов используются сухие и мокрые пылеуловители, электрофильтры и фильтры, а для поглощения вредных газов и паров - устройства, использующие явления сорбции или химического поглощения вредных примесей.

Основной характеристикой устройств для очистки воздуха является эффективность очистки η , которая определяется как:

$$\eta = \frac{C_{вх} - C_{вых}}{C_{вх}}, \quad (2.2)$$

где $C_{вх}$, $C_{вых}$ – массовые концентрации примесей до и после фильтра.

Если очистка производится несколькими устройствами, включенными последовательно, то общая эффективность очистки вычисляется по формуле:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n); \quad (2.3.)$$

где $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ – значения эффективности отдельных фильтров или пылеуловителей.

Другим важными характеристиками устройств для очистки воздуха являются: гидравлическое сопротивление Δp , определяемое как разность давлений воздушного потока на входе и выходе аппарата: $\Delta p = p_{вх} - p_{вых}$, производительность, измеряемая в кубометрах очищаемого воздуха в час и удельная пылеемкость N , которая оценивается как количество задерживаемой пыли, приходящей на единицу площади рабочей поверхности фильтрующего элемента. Удельная пылеемкость определяет продолжительность непрерывной работы фильтра между регенерациями (удалением накопившейся пыли).

Рассмотрим принцип действия аппаратов для очистки воздуха различных типов.

Пылеуловители.

Пылеуловители различают сухие и мокрые. К сухим пылеуловителям относятся все аппараты, где отделение частиц примесей осуществляется механическим путем без применения смывающих жидкостей. Среди них наибольшее распространение получили циклоны различных типов. Циклон представляет собой камеру цилиндрической или конической формы (рис. 2.1), в которую сверху по касательной вводится запыленный газовый поток. Этот поток, совершая вращательное движение, перемещается вниз к бункеру. Под действием центробежных сил пыль прижимается к

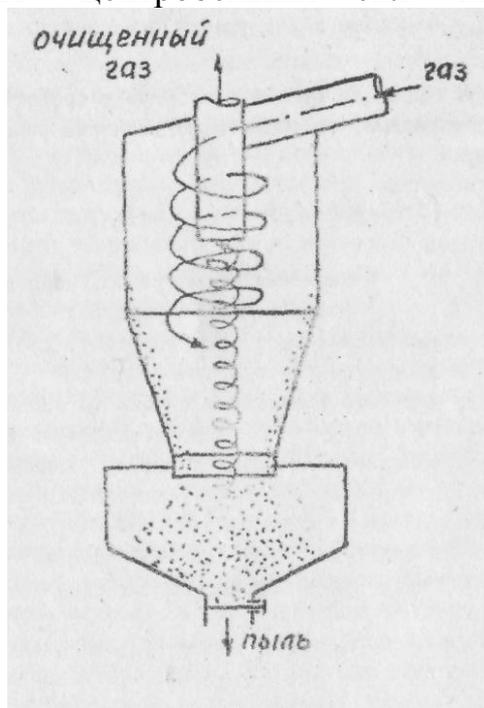


Рис. 2.1. Циклон

стенкам корпуса и тоже перемещается к бункеру. Внизу поток поворачивается вверх, и, образуя второй вихрь, попадает в выходную

трубу, а пыль проваливается в бункер. Циклоны различных размеров имеют производительность от 100 до 70000 м³/ч и обеспечивают эффективность очистки η от 0,83 до 0,975 для пыли с размером частиц более 10 мкм.

Весьма перспективными аппаратами являются центробежные ротационные пылеотделители. Схема такого аппарата показана на рис. 2.2.

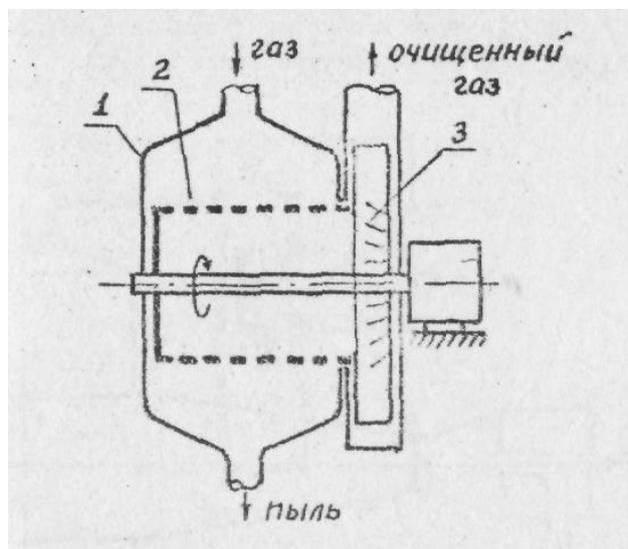


Рис. 2.2. Центробежный ротационный пылеотделитель.

Он состоит из встроенного в кожух I полового ротора 2 перфорированной поверхностью и вентиляторного колеса 3, насаженного на общий вал с ротором. Запыленный воздух поступает внутрь кожуха, где закручивается вокруг ротора. В результате вращения пылевого потока возникают центробежные силы, под действием которых пылевые частицы стремятся двигаться от центра в радиальном направлении. Им противодействуют аэродинамические силы, воздушного потока, увлекающие пыль внутрь барабана. Эффективность очистки воздуха определяется соотношением между центробежной и аэродинамической силами и теоретически может достигать 100%. По сравнению с циклонами ротационные пылеотделители более компактны, но более сложны по конструкции и в эксплуатации.

В отличие от сухих пылеуловителей, аппараты мокрой очистки газов обладают высокой эффективностью для мелкодисперсных пылей с размером частиц более 0,3-1,0 мкм. Принцип действия мокрых пылеуловителей основан на осаждении частиц пыли на капельках жидкости (обычно - воды) или поверхности плёнки жидкости. Осаждение пыли на жидкость происходит под действием сил инерции или, для более мелких частиц, за счет броуновского движения.

Среди аппаратов мокрой очистки газов наибольшее распространение получили скрубберы Вентури (рис. 2.31.). Основную часть скруббера - сопло Вентури 2, в которое вводится запыленный поток газа и впрыскивается через форсунки 1 жидкость. Идентичность очистки газа в значительной степени зависит от равномерности распределения капелек жидкости по сечению сопла. В расширяющейся части сопла 3 поток замедляется и подается в

каплеуловитель 4, который выполняют обычно в виде циклона. Скрубберы Вентури обеспечивает очистку газа от частиц размером 1-2 мкм с эффективностью 0,96-0,98. Удельный расход воды на орошение составляет при этом 0,4-0,6 л/м³.

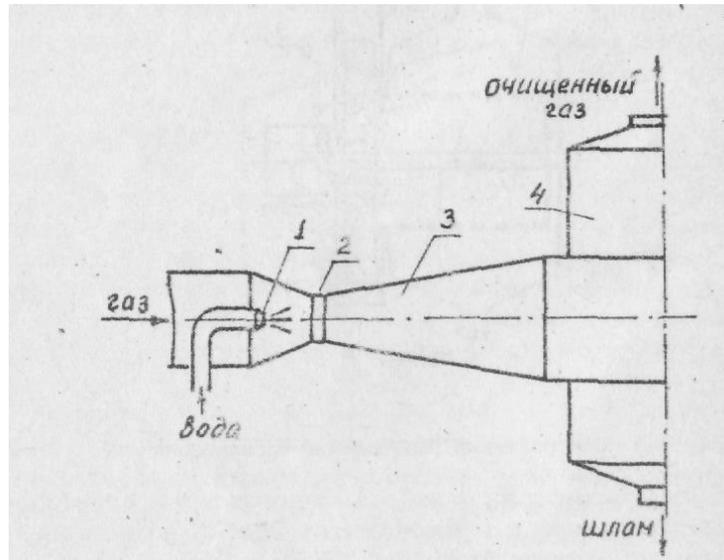


Рис. 2.3. Скруббер Вентури

Электрофилтры.

Процесс электрической очистки газов основан на ударной ионизации в зоне коронирующего разряда. При этом частицы примесей приобретают заряд, дрейфуют под действием электрического поля и осаждаются на электродах разрядной камеры. Большая часть пыли оседает на положительно заряженном осадительном электроде (рис.2.4), меньшая часть - на внутреннем коронирующем электроде. Осевшая на электродах пыль удаляется путем встряхивания.

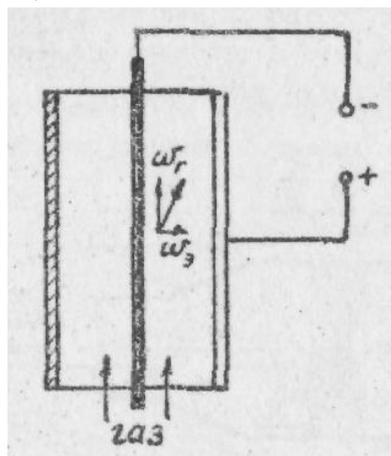


Рис. 2.4. Схема электрофилтра

Эффективность очистки газов в электрофилтрах может быть определена по формуле Дейча:

$$\eta = 1 - e^{-\omega_3 F_{уд}}; \quad (2.4.)$$

где ω – скорость движения частиц пыли к осадительному электроду;

$F_{уд}$ – удельная поверхность осадительных электродов, равная отношению поверхности осадительных электродов к расходу очищаемых газов в $\text{м}^2\text{с}/\text{м}^3$.

Как следует из формулы (2.4), эффективность очистки газов в электрофильтрах может быть высокой. В практических конструкциях она может достигать 0,99-0,999.

Электрофильтры используются для очистки газов не только от пыли, но также от масляных туманов, смол. Производительность некоторых типов электрофильтров достигает (100-500) тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$.

Фильтры.

Принцип работы фильтров основан на задержании части примесей при прохождении загрязненного газа через пористую перегородку. Фильтр представляет собой корпус I, разделенный пористой перегородкой 3 на две части (см.рис.2.5). При прохождении загрязненного газа частицы пыли оседают на внешней поверхности перегородки, создавая как бы дополнительный фильтрующий слой 2. В результате с течением времени свойства пористой перегородки улучшаются.

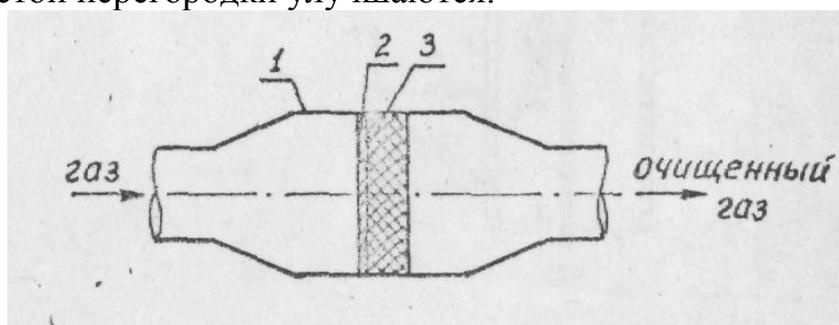


Рис. 2.5. Схема процесса фильтрации

В качестве пористой перегородки в фильтрах могут использоваться различные материалы. Широкое распространение получили насыпные зернистые материалы. Они дешёвы, просты в эксплуатации и обеспечивают высокую эффективность очистки (до 0,99) от крупнозернистой пыли.

Тонкую очистку газа позволяют получить фильтры с гибкими пористыми перегородками из тканей, войлока, стекловолокна, пенополиуретана и др. Для этой цели чаще используются ткани или специальные нетканые материалы из синтетических волокон, обладающих более высокой устойчивостью к агрессивным примесям.

В качестве пористой перегородки часто применяются металлические сетки. Фильтрующие элементы, выполненные из сеток, могут работать в широком диапазоне температур в агрессивных и неагрессивных средах. Фильтрующие свойства сетки определяются размером ячеек, которые в мелкоячеистых сетках могут составлять 15-20 мм.

В последние годы в качестве фильтрующих элементов начинает использоваться пористая керамика и пористые металлы. Такие материалы отличаются жаростойкостью, коррозионной стойкостью, и обеспечивают высокую степень очистки газов.

С течением времени поры в фильтрующих элементах забиваются, гидравлическое сопротивление фильтра возрастает. Это требует периодической очистки или замены фильтрующих элементов. Этот недостаток частично устраняется в рулонных фильтрах (рис. 2.6), где загрязненная фильтрующая ткань накатывается на барабан, постепенно заменяясь свежей (неиспользованной).

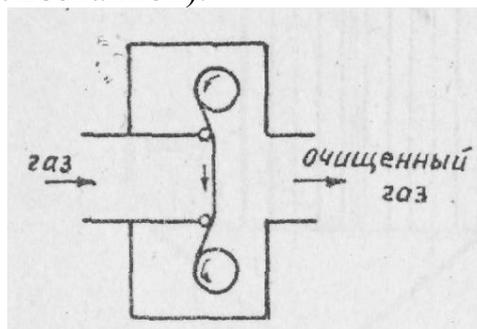


Рис. 2.6. Схема рулонного типа

Там, где требуется высокая производительность очистки газов, используются рукавные фильтры (рис. 2.7). В корпусе фильтра располагают необходимое количество рукавов 1 из ткани или войлока, внутрь которых подается запыленный газ. Очищенный газ выходит через патрубок 2. При накоплении определенного количества пыли фильтр отключают и удаляют пыля путем вытряхивания рукавов и продувки их сжатым воздухом. Рукавные фильтры используются при входных концентрациях примесей до 60 г/м³ и обеспечивают эффективность очистки выше 0,99. Их производительность определяется числом рукавов, которое может достигать нескольких сотен.

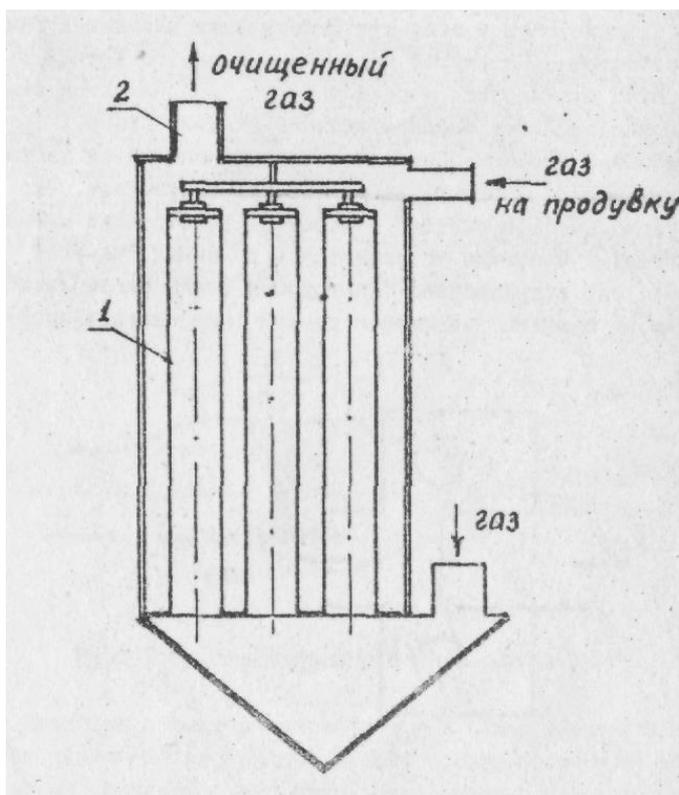


Рис. 2.7. Рукавный фильтр
Туманоуловителя.

Для очистки воздуха от туманов кислот, щелочей, масел и других жидкостей используются специальные фильтры - туманоуловители (рис.2.8). В качестве фильтрующего элемента здесь применяется волокнистый слой, в котором используются стеклянные волокна диаметром 7-30 мкм или полимерные волокна диаметром от 12 до 40 мкм. В процессе фильтрации капли тумана оседают на волокнах и стекают вниз. Эффективность очистки зависит от скорости движения газа через фильтр. При низкой

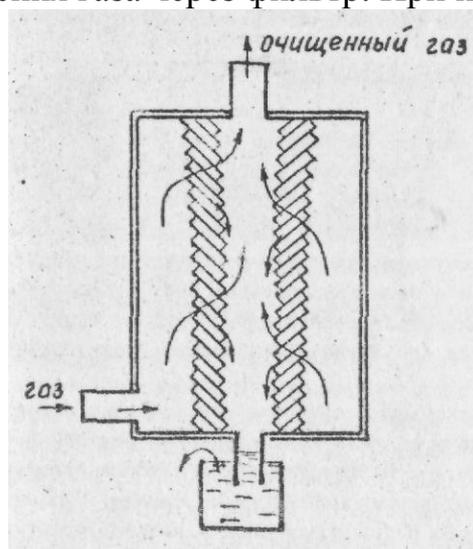


Рис. 2.8. Туманоуловитель

скорости (менее 0,15 м/с) она может составлять 0,999. При особой скорости движения газа (2-2,5 м/с) повышается производительность, но эффективность очистки снижается до 0,90-0,98.

Способы очистки воздуха от газообразных примесей и паров.

Очистка технологических и вентиляционных выбросов от газовых примесей и паров вредных веществ представляет собой более сложную задачу, чем очистка от пыли, т.к. газообразные примеси свободно проходят через фильтры и другие пылеуловителя.

Одним из наиболее распространенных способов очистки воздуха от газообразных примесей является их абсорбция жидкостями. Абсорберы представляет собой камеру, где очищаемый воздух встречается с распыленной жидкостью или проходит через нее, при этом газообразное вещества растворяются в жидкости. Для поглощения аммиака, хлористого и фтористого водорода используется вода, для улавливания ароматических углеводородов - вязкие масла.

В качестве поглотителей (абсорбентов) многих газовых примесей используются и твердые вещества: активированный уголь, активированный глинозем, силикагель и др. Они применяются для очистки воздуха от органических паров, летучих растворителей, удаления неприятных запахов и газообразных примесей, содержащихся в небольших количествах в промышленных выбросах.

В некоторых случаях применяют поглотители, вступающие в химическую реакцию с поглощением газа. Этот процесс называется хемосорбцией. Таким образом, например, очищают воздух от сероводорода, заставляя его вступать в реакцию с оксисульфомышьяковой солью.

Весьма перспективными являются каталитические методы очистки, которые основаны на разложении вредных примесей в присутствии катализатора.

В качестве катализаторов используется платина и некоторые другие металлы и их окислы. С помощью катализаторов быстро разрушаются многие углеводороды: бутан, пропан, этилен, толуол, бензол, а также спирты, альдегиды, ацетон, ксилол и другие вещества. Платиновые катализаторы успешно применяются для очистки выхлопных газов автомобилей, но при применении этилированного бензина катализаторы быстро дезактивируются, теряют свои свойства.

И, наконец еще одним способом очистки промышленных выбросов является дожигание примесей в специальных установках огневого обезвреживания. Таким образом, воздух очищается от окиси углерода, углеводородов, газовых выбросов лакокрасочного производства.

Рассеивание выбросов в атмосфере.

Применение очистных устройств различных типов позволяет значительно уменьшить количество вредных газов и пыли в промышленных выбросах, однако полной очистки достигнуть практически невозможно. Оставшуюся часть примесей рассеивают в атмосфере. Чтобы концентрация примесей у поверхности земли не превышала предельно допустимых значений, используют высокие трубы, высота которых должна быть выше окружающей жилой застройки. Вокруг предприятия организуются санитарно-защитные зоны, ширина которых составляет от 50 до 1000 м в зависимости от вида предприятия. В санитарно-защитной зоне не должны располагаться жилые здания. Для максимального ослабления влияния промышленных загрязнений воздуха на население, санитарно-защитная зона должна быть благоустроена и озеленена с использованием газоустойчивых пород деревьев и кустарников.

ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ.

Характер загрязнений в промышленных сточных водах.

На любом промышленном предприятии в производственном процессе используется большое количество воды: для приготовления растворов и электролитов, для охлаждения, для промывки деталей, для уборки помещений и т.д. Использованная вода содержит большое количество загрязнений и, как правило, нуждается в очистке перед тем, как ее пустить для повторного использования или выпустить в водоёмы или даже в канализацию. Рассмотрим характер этих загрязнений более подробно.

В литейных цехах вода используется в основном для отмывки деталей, а также для транспортировки и промывки формовочной земли. Образующийся при этом сточные воды загрязняются песком, глиной, зольными остатками от выгоревшей формовочной смеси.

В механических цехах вода используется для охлаждения режущего инструмента, при этом сточные воды загрязняются минеральными маслами, мылом, металлической и абразивной пылью, эмульгаторами.

Наиболее сильное загрязнение сточных вод происходит при работе гальванических цехов, где вода используется для приготовления различных растворов и электролитов, содержащих весьма токсичные и ядовитые вещества в больших количествах щелочи, кислоты, цианиды, аммиак, соли кадмия, хрома, никеля, меди и других металлов.

Сточные воды цехов полупроводникового производства, лакокрасочных и некоторых других цехов содержат азотную и плавиковую кислоты, органические растворители, бор, фтор, мышьяк, сурьму, фосфор и другие токсичные вещества.

И, наконец, на каждом промышленном предприятии неизбежно присутствуют бытовые сточные воды, содержащие остатки пищи, стоки санитарных узлов, душевых и т.д. Эти воды содержат самые

разнообразные примеси органического и минерального происхождения, и различные, в том числе болезнетворные микробы.

Нормирование и контроль качества воды в водоемах.

Качество воды во внутренних водоемах нашей страны регламентируется "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами", утвержденными в 1974 году. Эти правила подразделяют все внутренние водоемы в зависимости от характера их использования на 4 категории:

I - водоемы хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и предприятий пищевой промышленности;

II - водоемы культурно-бытового назначения (для купания, спорта и отдыха населения);

III - водоемы рыбохозяйственного назначения для сохранения и воспроизводства ценных пород рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду;

IV - водоемы рыбохозяйственного назначения для прочих видов рыб.

Для каждой из этих категорий установлены соответствующие нормативы на качество воды.

Качество воды пресноводных объектов в местах водопользования должно удовлетворять следующим, требованиям.

1. Промышленные и бытовые стоки не должны увеличивать концентрацию взвешенных веществ в воде более чем на 0,25 мг/л для водных объектов I и III категорий и на 0,75 мг/л для II и IV категорий. Запрещаются к спуску взвеси со скоростью выпадения в осадок более 0,2 мм/с для водохранилищ и более 0,4 мм/с для проточных водоёмов. На поверхности водоема не должны обнаруживаться плавающие пленки нефтепродуктов и других примесей.

2. Вода не должна приобретать от стоков запахи, привкусы и окраску сверх допустимой интенсивности и передавать их мясу рыб.

3. В результате спуска горячих стоков вод температура воды должна превышать естественную температуру воды самого жаркого месяца года не более, чем на 3°C.

4. Содержание растворенного кислорода в водоемах I и II категории должно быть не ниже 4 мг/л, для водоемов III и IV категорий - не ниже 6 мг/л. Биохимическая потребность в кислороде как показатель загрязнения органическими загрязнителями а должна превышать 3 мг/л для водоемов I, III и IV категорий и 6 мг/л для водоемов II категории.

5. Показатель рН воды для водоемов всех категорий должен лежать в пределах 6,5 - 8,5.

6. Для водоемов I категории содержание минеральных солей должно превышать 1000 мг/л, в том числе 350 мг/л для хлоридов и 500 мг/л для сульфатов.

7. В водоемах I и II категорий вода не должна содержать болезнетворных микроорганизмов.

8. Содержание токсичных веществ определяется предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) отдельно для водоемов санитарно-

бытового назначения (I и II категории) и для рыбохозяйственных водоемов (III и IV категорий). Правилами установлены нормы ПДК приблизительно для 500 вредных веществ. Некоторые из них приведены в таблице 3.1.

Состав воды в водоемах санитарно-бытового назначения должен удовлетворять этим требованиям на расстоянии не менее 1 км от пунктов водопользования, а для рыбохозяйственных водоемов не далее, чем в 500 метрах от места выпуска сточных вод.

Таблица 3.1.

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в открытых водоёмах.

Загрязняющее вещество	ПДК, мг/л	
	в санитарно – бытовых водоёмах	в рыбохозяйственных водоёмах
Аммиак	2	0,005
Анилин	0,1	
Бензол	0,5	0,5
ДДТ	0,1	Отсутствие
Железо	0,5	
Кадмий	0,01	0,005
Кобальт	1	0,01
Медь	0,1	
Мышьяк	0,05	
Никель	0,1	0,01
Ртуть	0,005	-
Сероуглерод	1	1
Свинец	0,1	0,1
Стирол	0,1	0,1
Толуол	0,5	0,05
Фенол	0,001	0,001
Фтор	1,5	
Хлорофос	0,05	Отсутствие
Хром	0,1	0,001
Цианиды	0,1	0,05
Цинк	1	

Если сточные воды содержат несколько загрязняющих веществ, нормирование их содержания производится в соответствии с соотношением (2.1.)

"Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" запрещают сбрасывать в водоемы сточные воды, если можно использовать

более рациональную технологию повторного и обратного водоснабжения; нельзя сбрасывать сточные воды с содержанием ценных отходов, которые можно утилизировать и с содержанием веществ, на которые не установлены ПДК.

Контроль за состоянием сточных вод производится путем лабораторного исследования проб воды. При этом измеряются: количество взвешенных и плавающих примесей, концентрация водородных ионов (рН воды), количество растворенного кислорода, химическое и биологическое потребление кислорода (т.е. количество кислорода, необходимое для окисления содержащихся в воде примесей в ходе химических и биологических процессов) и концентрация вредных веществ, для которых установлены ПДК. Подобные измерения проводятся на разных ступенях очистки воды, в том числе - обязательно перед выпуском сточной воды в водоем.

Способы очистки сточных вод.

Сточные воды предприятий обычно бывают очень сильно загрязнены, поэтому их очистка от примесей производится в несколько этапов.

Вначале производится очистка от наиболее крупных механических примесей. Для этого применяется процеживание через решетки из металлических прутьев с зазором 5-25 мм. Решетки быстро забиваются примесями, их необходимо систематически очищать от накапливающегося мусора, что представляет собой тяжелую и неприятную работу. Для автоматизации удаления мусора применяют решетки-дробилки, где задержанные крупные примеси измельчаются и направляются в специальные контейнеры – накопители.

Следующий этап очистки - удаление твердых частиц со средним размером 0,25-1,0 мм (песка) и некоторых нерастворимых примесей путем осаждения, которое производится в отстойниках – песколовках. Процесс осаждения проходит в ламинарном потоке жидкости, движущемся со скоростью 0,1-0,2 м/с. На каждую осаждаемую частицу действует сила тяжести

$$G = \rho_n gV$$

подъемная архимедова сила

$$P = \rho_e gV$$

где ρ_n, ρ_e – плотности частицы и воды;

V – объём частицы;

g – ускорение свободного падения

и сила сопротивления воды

$$R = \xi \rho_e S \frac{w^2}{2};$$

где ξ – безразмерный коэффициент, зависящий от формы частицы (для шара $\xi=1$);

S – площадь поперечного сечения частицы в горизонтальной плоскости;

w – скорость осаждения частицы.

В результате баланса этих сил движение частиц происходит с постоянной скоростью осаждения

$$w = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{gd(\rho_n - \rho_v)}{\xi \rho_v}},$$

где d – диаметр частицы.

В ламинарном потоке жидкости частица движется по наклонной траектории (рис.3.1.). Из простых геометрических соображений легко определить длину пути осаждения L , которая является минимальной длиной песколовки;

$$L = \frac{w_x H}{w_y}$$

где H – глубина песколовки,

w_y – скорость осаждения определяемая по формуле (3.4.),

w_x – горизонтальная составляющая скорости (скорость потока).

Обычно длина песколовки составляет 3-10 м, продолжительность очистки - 30-90с.

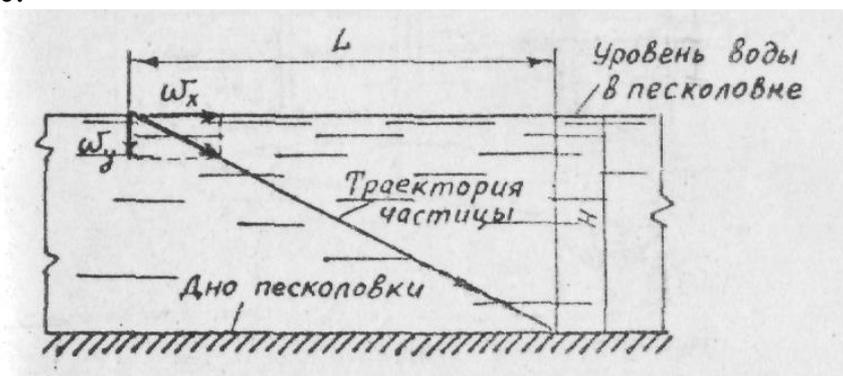


Рис. 3.1. Схема для расчёта длины песколовки

Для более тщательной очистки, а также для разделения механических загрязнений по фракционному составу или по плотности применяют аэрируемые песколовки (рис.3.2). Загрязненная вода поступает в бассейн по трубе 1. Туда же через трубопровод 2 подается и распыляется воздух. Крупные частицы осаждаются на дно, и, образуя шлам, выводятся через отверстия 4. Мелкие частицы, обволакиваясь пузырьками воздуха, всплывают на поверхность и удаляются скребковыми механизмами.

Для удалений мелкодисперсных примесей с размерами частиц 0,03-0,3 мм используются отстойники. Принцип очистки воды в отстойниках такой же, как в песколовках; отличие состоит в значительно меньшей скорости движения воды, вследствие чего продолжительность отстаивания воды в отстойниках значительно больше, чем время оседания примесей песколовках.

После отстаивания производится отделение механических примесей в гидроциклонах. Благодаря действию центробежных сил процесс очистки от

мелкодисперсных примесей в них протекает более интенсивно, чем в отстойниках.

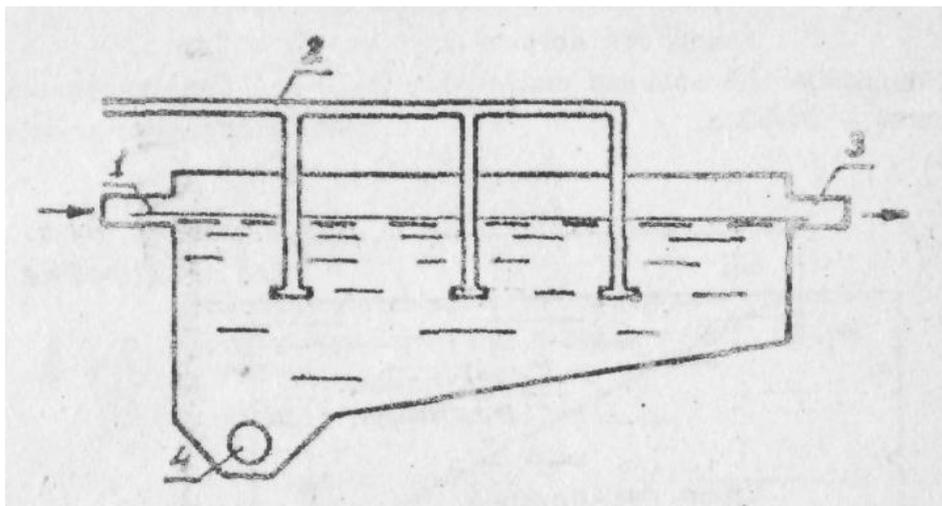


Рис. 3.2. Схема аэрируемой песколовки

Схема гидрциклона приведена на рис. 3.2. Загрязнённая вода поступает по касательной к корпусу гидрциклона, примеси к стенкам, постепенно перемещаются вниз и удаляются в виде шлама. а очищенная вода отводится из средней верхней части аппарата.

Для очистки сточных вод от тонкодисперсных механических загрязнителей применяется фильтрование. В промышленности используются два типа фильтров: - зернистые, в которых очищаемую жидкость пропускают через слой насыпных зернистых материалов, и микрофильтры, фильтроэлементы которых изготовлены из связанных пористых материалов.

Для качественных filtrаций жидкостей скорость потока должна быть постоянной; допустимые её колебания – не более 15%. . В конструкции фильтров должна быть предусмотрена возможность регенерации (очистки) фильтроэлементов от примесей .

В зернистых фильтрах в качестве фильтроматериалов используют кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, антрацит, активированный уголь. Пример конструкции зернистого фильтра приведён на рис. 3.4. Загрязненная вода поступает в фильтр, проходя поочередно слой крупного гравия 1, слой мелкого гравия 2 и слой песка 3. Очищенная вода отводится через трубопровод 4. Для регенерации фильтра предусмотрена продувка

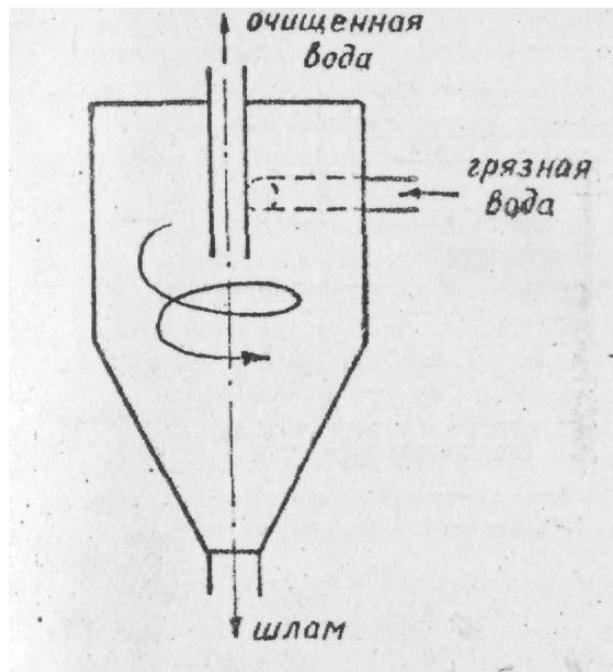


Рис. 3.3. Схема гидроциклона

жатым воздухом или промывка чистой водой, движущейся в обратном направлении.

Наиболее тонкая очистка жидкостей от механических загрязнений производится с помощью микрофильтров, где фильтрующие элементы изготавливаются из тканей, войлока, нетканых волокнистых материалов. Для очистки от масляных примесей применяют фильтры из полиуретана. Микрофильтры широко применяются для подготовки воды, используемой в микроэлектронном технологическом процессе.

Эффективным способом очистки сточных вод от маслосодержащих примесей и нефтепродуктов является флотация. Неочищенная вода подается вместе с воздухом в сатуратор I (рис. 3.5), где активно смешивается с воздухом, и затем эта смесь поступает в флотационную камеру 2, где выплывает пена, состоящая из смеси примесей с воздухом, и удаляется через пеносборник 3. Очищенная вода выводится через трубку 4.

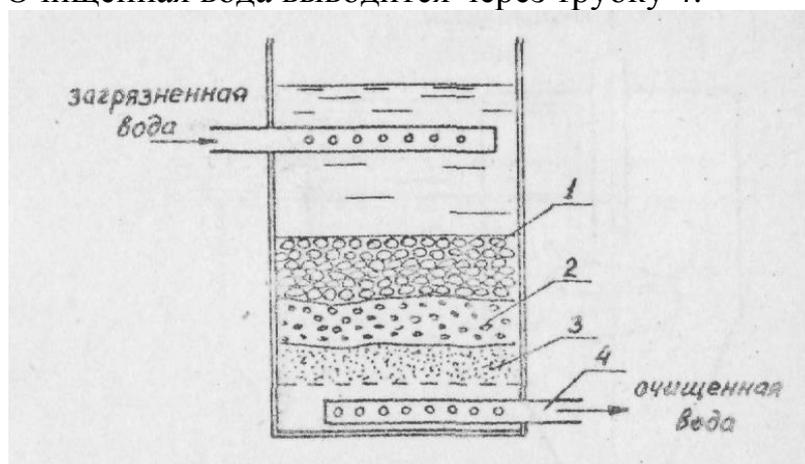


Рис. 3.4. Зернистый фильтр

Флотация часто используется в сочетании с другими методами очистки. Примером этого является рассмотренная ранее аэрируемая песколовка (рис. 3.2.).

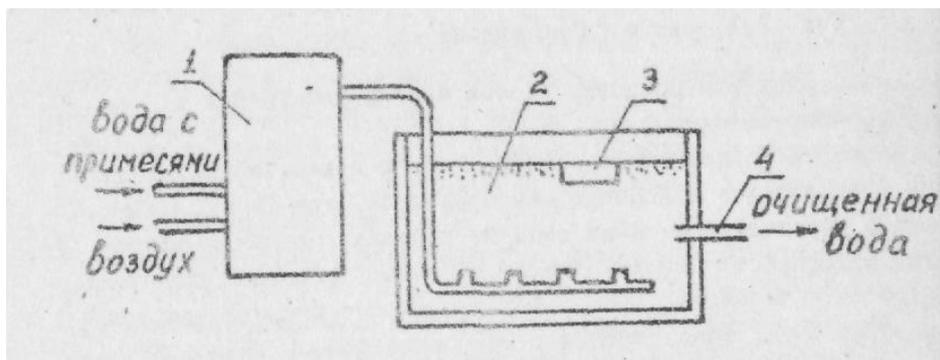


Рис. 3.5. Установка флотации

В последние годы в промышленности начинает использоваться метод электрофлотации. Особенность этого метода состоит в том, что протекающие при электрофлотации электрохимические окислительно-восстановительные процессы обеспечивают дополнительное обеззараживание сточных вод. Кроме того, использование алюминиевых или железных электродов способствует переходу ионов или железа в раствор, что содействует коагулированию мельчайших частиц загрязнений, содержащихся в сточной воде.

Очистка сточных вод от растворенных примесей производится химическими методами. Она включает в себя нейтрализацию кислот и щелочей. Для нейтрализации избыточного содержания кислоты используется известь, мел, доломит. Для нейтрализации щелочей используются кислоты: серная, соляная. Количество нейтрализующего вещества дозируется исходя из степени кислотности рН сточных вод.

При нейтрализации кислот и щелочей образуются соли кальция и магния, приводящие к повышенной жесткости воды. Для смягчения воды используется процесс катионного обмена, состоящий во взаимодействии ионов кальция и магния с так называемыми катионитами, в результате чего образуются нерастворимые соединения кальция или магния, которые потом отфильтровываются. Наиболее распространенным катионом является сульфуголь - продукт взаимодействия угля с серной кислотой.

Аналогично осуществляется процесс химического обессоливания воды позволяющий уменьшить концентрацию солей до 1 - 3 мг/л.

Для удаления солей тяжелых металлов, соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений и радиоактивных веществ используется ионообменная очистка. Она основана на свойстве ионообменных смол и некоторых природных веществ, таких как полевой шпат, обменивать содержащиеся в них ионы на другие ионы, содержащиеся в растворе.

Очень эффективным способом очистки вод от цианидов и некоторых солей тяжелых металлов является озонирование. При этом не вносятся никаких дополнительных загрязнений, а озон восстанавливается до

кислорода. Для ликвидации или обезвреживания некоторых других примесей используется хлорная известь, перманганат калия, хлор, перекись водорода, хлористый калий, поваренная соль. Для очистки сточных вод от солей хрома и некоторых других металлов используется электролиз.

На крупных предприятиях существует несколько систем очистки сточных вод: цеховые, где производится очистка от специфических для данного цеха примесей; и общезаводская система. Сточные воды всех цехов после предварительной очистки сливаются вместе, пропускаются через общезаводские очистные сооружения, и только после этого выпускаются в канализацию или в открытые водоемы.

Весьма перспективной является система оборотного водоснабжения, когда очищенные сточные вода повторно используются в технологическом процессе. Для этого должна быть добавлена ещё одна ступень очистки, чтобы обеспечить чистоту воды, требуемую для осуществления конкретных технологических процессов.

4. Защита окружающей среды от энергетических загрязнений.

Энергетическими загрязнителями окружающей среды считаются такие виды энергии антропогенного происхождения, которые либо вообще не характерны для природной среда, либо их интенсивности значительно превышают фоновые (природные) величины, вредно действуют на людей, животных, растения и могут вызывать нарушение нормального функционирования различных экологических систем.

Воздействие на биосферу энергетических загрязнителей антропогенного происхождения складывается из теплового, акустического, электромагнитного и радиоактивного (ионизирующего) загрязнений, каждое из которых характеризуется различными свойствами, параметрами, степенью опасности для человека и других живых организмов. Неуклонно возрастая в масштабах, энергетическое загрязнение при определенных условиях может достигнуть таких уровней, которые станут значимыми для отдельных регионов и крупных экологических систем.

Загрязнения веществом и энергией могут действовать на природу комплексно, вызывая отрицательный эффект, поэтому необходимы методы и средства эффективной борьбы со всеми видами энергетического загрязнений природной среды.

4.1. Тепловое загрязнение.

Тепловое загрязнение обусловлено в основном работой тепло-энергетических агрегатов, к которым относится оборудование тепловых электрических станций (ТЭС), АЭС, тепловые двигатели, включая двигатели транспортных средств, преобразующие тепло в механическую и электрическую энергию, а также работой теплообменных технологических установок для нагрева, сушки, плавления, выпарки, спекания различных материалов, для отопления теплиц и других объектов.

Ежегодно в мире сжигается до 5 млрд. т угля, 3,2 млрд. т нефти, что сопровождается выбросом в атмосферу около 18 млрд. т CO_2 и выделением $2 \cdot 10^{20}$ Дж тепла. При переходе от минерального горючего к атомному до некоторой степени уменьшается химическое загрязнение среды, но возрастает тепловое загрязнение. Так, для рассеивания тепла АЭС средних размеров, производящей 3000 МВт электроэнергии, требуется 1800 га водной поверхности в местностях: умеренным климатом.

В настоящее время выбросы тепла в атмосферу в СССР пока не регламентируются нормативными документами, т.к. оно достаточно остро рассеивается на большие пространства и не может оказать существенного влияния на экологическую обстановку.

В то же время, локальные вредные воздействия теплового загрязнения на водные экосистемы таковы: 1) повышение температуры воды усиливает восприимчивость организмов к токсическим веществам; 2) температура может превысить критические значения для жизненных циклов водных организмов; 3) высокая температура благоприятствует усиленному размножению сине-зеленых водорослей; 4) в теплой воде понижено количество кислорода в связи с меньшей его растворимостью. Таким образом, нагретые сточные воды влияют как на термический, так и на биологический режим водоемов.

Снижение интенсивности теплового загрязнения тесно связано с повышением эффективности и экономичности теплообменного и теплоэнергетического оборудования, с более полным использованием теплоты его сжигания, со снижением расхода топлива.

4.2. Виброакустическое загрязнение.

4.2.1. Производственная вибрация.

Вибрацией называют механические колебания упругих тел, проявляющиеся при их перемещении в пространстве или в изменении формы. Колебания тел с частотой до 16 Гц воспринимаются организмом как вибрация, а с частотой 16-20 Гц и более - одновременно и как вибрация и как звук.

Основные гигиенические характеристики вибрации – это средне-квадратичные значения виброскорости V (м/с) или ее логарифмические уровни (дБ) в октавных полосах частот. В активном диапазоне верхняя граничная частота f_2 вдвое больше нижней f_1 .

$$\frac{f_2}{f_1} = 2; \quad f_{c.z.} = \sqrt{f_1 f_2},$$

где $f_{c.z.}$ – среднегеометрическая частота.

Логарифмические уровни виброскорости определяются по формуле

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0}$$

где V – средне квадратичное значение виброскорости,
 $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с – пороговая виброскорость.

Источниками вибрации являются мощные установки, такие как молоты, штампы, прессы, энергетическое оборудование, а также транспорт, особенно железнодорожный. Распространяясь по грунту, вибрации достигают жилых и общественных зданий, воздействуют также на окружающую среду. Разной степени вибрации подвергаются люди, работающие с ручным пневматическим инструментом.

Человек начинает ощущать вибрацию при колебательной скорости 10^{-4} м/с. Очень опасны колебания рабочих мест с частотой, резонансной с колебаниями отдельных органов или частей тела. Так, весь организм и большинство внутренних органов резонируют при действии колебаний с частотой от 6 до 9 Гц, голова - 17 - 25 Гц.

В результате действия общей вибрации развиваются нарушения нервной, сердечно-сосудистой систем, изменения вестибулярного аппарата, обмена веществ, сна возникают головные боли, ухудшается самочувствие, работоспособность. В результате действия локальной вибрации возникают сосудистые, нервно-мышечные, костно-суставные, вегетативно-сосудистые и другие расстройства.

Допустимые значения нормируемых параметров вибрации на рабочих местах при воздействии в течении 8 часов (480 мин) приведены в табл. 4.1. согласно ГОСТ 12.1.012 "ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности".

Методы и средства виброзащиты подразделяются на коллективные и индивидуальные (ГОСТ 12.4.046).

Основные методы коллективной виброзащиты:

- снижение вибрации воздействием на источник возбуждения (замена штамповки прессованием и т.д.),

- отстройка от режима резонанса изменением массы или жесткости установки;

- вибродеформирование путем превращения энергии механических колебаний в тепловую за счет использования конструкционных материалов с большим внутренним трением (пластмасса, резина), нанесением на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов (пластмассы) или мастики;

- динамическое гашение вибрации путем размещения установок на фундаментах, массу которых определяют амплитудой колебаний 0,1...0,2 мм;

- виброизоляция путем уменьшения передачи колебаний от источника защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними, таких, как виброизоляторы - пружинные, резиновые, комбинированные и др.. гибкие вставки, "плавающие" поля (настил пола отделяется от перекрытия упругими прокладками), силовые приводы - гидравлические, пневматические или электромагнитные системы, ребра жесткости.

Средства индивидуальной защиты подразделяются на средства защиты для рук – рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки (ГОСТ 12.4.002-74);

для ног - виброзащитная обувь в виде сапог, полусапог и полуботинок с упругодемпфирующим низом обуви (ГОСТ12.4,024-74); для тела - нагрудники, пояса, специальные костюмы из упругодемпфирующих материалов.

Для защиты окружающей среды от вибраций применяют меры по снижению их в источнике возникновения - как на стадии проектирования, так и при эксплуатации, а также по ослаблению вибрации на пути ее распространения, с помощью акустических швов с засыпкой какого-либо рыхлого материала (асбестовой крошки), делаемых по периметру фундаментов оборудования на всю его высоту (виброгашение), а так же с помощью виброизоляции.

4.2.2. Шум и окружающая среда.

Под шумом понимают беспорядочное сочетание различных по частоте интенсивности звуковых колебаний в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц.

Звуковая волна, характеризуется звуковым давлением p (Па), колебательной скоростью V (м/с), интенсивностью; I (Вт/м²), частотой f (Гц).

Колебательная скорость выражается зависимостью:

$$V = \frac{p}{\rho \cdot c}$$

где p - звуковое давление, Па;

ρ - плотность среды, кг/м³;

c - скорость звука в среде, мм/с;

ρc - удельное акустическое сопротивление среды, Па с/м.

Таблица 4.1.

Допустимые параметры вибрации на постоянных рабочих местах

Вид вибрации	Допустимые уровни вибрации в октавных полосах, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая вибрация на постоянных рабочих местах в производств. помещениях	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	—	—	—	—
В помещениях для работников умственного труда (КБ, лаборатории и т.д.)	$\frac{0,18}{91}$	$\frac{0,0063}{82}$	$\frac{0,032}{76}$	$\frac{0,028}{75}$	$\frac{0,028}{75}$	$\frac{0,028}{75}$	—	—	—	—
Локальная вибрация	—	—	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$
Для жилых помещений	79	73	67	67	67	67	—	—	—	—

Примечание. В числителе – среднеквадратичное значение виброскорости, м/с · 10⁻²;
В знаменателе – логарифмические уровни виброскоростия, дБ.

Интенсивность связана со звуковым давлением:

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

Минимальная интенсивность звука на пороге слышимости составляет $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², что соответствует $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па; на частоте 1000 Гц интенсивность звука 10^2 Вт/м², что соответствует звуковому давлению $2 \cdot 10^2$ Па, называется болевым порогом. Между порогом слышимости и болевым порогом лежит область слышимости. Так как болевой порог выше порога слышимости в 10^{14} раз по интенсивности и в 10^7 раз по звуковому давлению, принято и интенсивность звука и звуковое давление оценивать в децибелах (дБ)

$$L = 10 \lg \left(\frac{I}{I_0} \right) = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right),$$

где p - среднеквадратичное (эффективное) значение мгновенных величин звукового давления $p(t)$ на рабочем месте:

$$p = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt},$$

где T - время усреднения.

По характеру спектра шум бывает и широкополосный с непрерывным спектром больше октавы; тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона.

По временным характеристикам различают шум постоянный и непостоянный, для которых уровень звука за 8 часов работы изменяется во времени соответственно на более и более чем на 5 дБ при изменении на временной характеристику "медленно" шумомера по ГОСТ 17.187 - 81. "Шумомеры общие технические требования и методы испытаний". Непостоянный шум подразделяется на колеблющийся во времени, прерывистый, уровень звука которого изменяется ступенчато с длительностью интервалов не менее 1 с, и импульсный, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов длительностью меньше 1с.

Основными источниками шума в городах и населенных пунктах являются, рельсовый и воздушный транспорт и промышленные предприятия, в том числе и радиотехнические, на которых основными источниками шума являются вентиляционные и компрессорные установки, различное штамповочное, металлорежущее пневматическое оборудование, магнитный и аэродинамический яда радиоэлектронной аппаратуры.

Автотранспорт создает уровень звука на улицах от 82 до 95 дБА, электропоезд - 93, пассажирский поезд - 91, грузовой - 92 дБА на расстоянии 7,5 м от движущегося поезда, открытые линии метрополитена - 70-80 дБА; самый шумный вид транспорта - трамвай, Воздушный транспорт создает

эквивалентные уровни звука до 80 дБА, а максимальные уровни достигают 108 дБА.

Промышленные предприятия, расположенные в жилых кварталах, могут создавать шум с уровнем 100 дБА в зоне наибольшей чувствительности уха (f - 1000 Гц).

Воздействие шума на человека и животных может вызвать различные общебиологические раздражения, патологические изменения, функциональные расстройства, механические повреждения, проявляющиеся в тугоухости (потере слуха) в разрыве барабанной перепонки, в нарушении тонуса и ритме сердечных сокращений, артериального давления, в уменьшении выделения желудочного сока (язва желудка и 12-перстной кишки), в снижении остроты зрения, повышении внутричерепного давления, в нарушении обменных процессов организма, в воздействии на нервную эндокринную систему, вызывая дерматиты, хроническое переутомление, психическую угнетенность, неврозы.

Нормирование шума основано на значениях предельно допустимых уровней звукового давления (предельных спектрах) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц (по ГОСТ 12.1.003 . "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности").

Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного шума на рабочих местах применяется уровень звука L_A в дБА (по шкале "А" шумомера, учитывающей природную нелинейную зависимость чувствительности уха человека) (См. табл. 4.2.),

Для непостоянного во времени звука (кроме импульсного), характеристикой является эквивалентный (по энергии) уровень звука $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$ в дБА, определяемый по ГОСТ 12.1,050 -66. "ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах."

Таблица 4.2. Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах производственных предприятий.

Наименование помещений, цехов, участков	Октавные уровни звукового давления								Уровни звука и эквивалентные уровни звука
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения КБ, программистов ЭВМ, лаб. для теор. работ, обраб. данных	71	51	54	49	45	42	40	38	50
Помещения и участки точной сборки	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Лаборатории с шумным оборудованием	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Постоянные рабочие места и зоны в производственных помещениях на территории предприятия	95	87	82	78	75	73	71	69	80

$L_{AЭКВ}$ рассчитывается на основании результатов измерения уровней звука в дБА в течение наиболее шумных 30 мин.

Нормируемыми параметрами шума на рабочих местах, согласно ГОСТ 12.1.003 и Санитарные нормы СН

2.2.4/2.1.8.562-96"Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки " являются:

для постоянного шума - уровни звукового давления L , в децибелах, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами; 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц; L_A - уровень звука, дБА;

для непостоянного шума (кроме импульсного) - эквивалентный (по энергии) уровень звука $L_{AЭКВ}$, дБА, максимальный уровень звука: дБА;

для импульсного шума - эквивалентный уровень звука, дБА; максимальный уровень звука, дБА (по характеристике шумомера "импульс").

Зоны с уровнем звука, или эквивалентным уровнем звука выше 85 дБА обозначаются знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026 -76. Работающих в этих зонах снабжают средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051 -76, запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Контроль уровней шума на рабочих местах должен осуществляться не реже одного раза в год в соответствии с "Методическими указаниями по проведению намерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах" № 1844-78.

Нормирование шумов для условий городской застройки проводится в соответствии со СН **2.2.4/2.1.8.562-96**"Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки ", а ночное время суток (от 23 до 7 часов) для палат больниц, санаториев - 25 дБА, для квартир и жилых комнат - 30 дБА, классных комнат и аудиторий учебных заведений, читальных залов, театров, кинотеатров - 40 дБА, для территорий вблизи домов, школ, детских площадок - 45 дБА; для торговых залов магазинов, спортивных залов, вокзалов, аэропорта -60 дБА. В дневное время нормы следует увеличить на 10 дБА.

Средства и методы защиты от шума в соответствии с ГОСТ 12.1.029-80 подразделяются на коллективные (акустические, архитектурно-планировочные, организационно-технические) и средства индивидуальной защиты (противошумные наушники, вкладыши, шлемы, каски, костюмы), снижающие уровень шума на 7~38 дБ. Основными средствами коллективной защиты являются: снижение шума в источнике его возникновения и на пути его распространения, что является наиболее рациональным, так как не ведет к увеличению массогабаритных данных радиоэлектронной аппаратуры, усложнению ее конструкции.

Магнитный шум в радиоэлектронной аппаратуре можно уменьшить соединением обмоток трансформаторов по схеме звезда - треугольник Y/Δ и , треугольник – звезда Δ/Y (уровень шума снижается на 7 дБ), уменьшением магнитной индукции, улучшением технология и качества изготовления

трансформаторов, выбором оптимальных габаритных размеров, применением звукоизоляции (герметичные кожухи снижают магнитный шум на 15-20 дВ).

Вентиляционный шум радиоэлектронной аппаратуры можно уменьшить применением малошумных вентиляторов в номинальном режиме работы, устранением подсосов из-за неплотности между обшивкой и каркасом, установкой на ВХОДЕ вентилятора коллектора для обеспечения равномерного подтока воздуха, при этом снижают шум на 10 дБ; и облицовкой внутренней поверхности обшивки звукопоглощающими материалами.

Борьба с аэродинамическим шумом в источнике затруднительна, поэтому снижение уровня шума достигается на пути распространения звука при помощи абсорбционных глушителей (затухание шума в порах звукопоглощающего материала), реактивных (в виде соединений камер, имеющих расширения и сужения, резонансные углубления, обеспечивающих эффект отражения и резонансного поглощения звука), комбинированных (СНиП 11-12-77 "Строительные нормы и правила, нормы проектирования, защита от шума").

К акустическим средствам защиты от шума относят также демпфирование (покрытие поверхности материалами с большим внутренним трением - мастиками, линолеумом, войлоком); звукоизоляции (отражение звуковой волны, падающей на ограждение с использованием металлов, бетона, дерева, плотных пластмасс и др., снижение шума на 30-40 дБ); звукопоглощение (переход энергии звука в теплоту вследствие потерь на трение, проведение акустической обработки нанесением звукопоглощающих материалов на внутренние поверхности помещения и использованием штучных звукопоглотителей).

Звукопоглощающие устройства могут быть пористыми, с экраном, мембранные, слоистые, резонансные и объемные. Методы акустического расчета звукоизолирующей и звукопоглощающей способности ограждений приведены в СНиП 11-12-77.

Принципиально новым методом снижения шума является метод "антизвука", т.е. создание равного по величине и противоположного по фазе звука. В результате интерференции основного звука и "антизвука" в некоторых местах помещений можно создать зоны тишины.

Архитектурно-планировочные методы снижения уровней шума на рабочих местах и в городах состоят в рациональном акустическом решении планировок зданий, рационального размещения рабочих мест, шумных и защищаемых объектов, создания шумозащитных зон в различных местах нахождения человека, применение акустических экранов в виде откосов, стен, зданий-экранов; использование рельефа местности; заглубление трасс магистральных улиц, использование шумозащитных полос озеленения и др.

В условиях застройки примагистральных территорий защита населения от транспортных шумов достигается применением специальных типов жилых домов (окна спален - в сторону двора, а общих комнат в сторону

магистрالی), шумозащитных окон с тройным остеклением, специальных глушителей шума, встроенных в стенку рядом с оконным проемом.

Организационно технические методы защиты от шума включают в себя применение малошумных технологических процессов, применение дистанционного управления шумными установками, стендами, автоматического контроля; уменьшение времени пребывания, рациональный режим труда и отдыха.

Методы снижения шумового воздействия транспорта на органы слуха состоят в уменьшении скорости движения, ограничении движения в определенное время суток, совершенствовании транспортных средств, улучшении состояния трамвайных путей, использовании специальных приемов пилотирования при взлете и посадке, более крутых траекторий, использование более низких режимов работы двигателя, рациональной организации воздушного движения, выделении санитарных зон.

Снижение уровня шума, создаваемого пром. предприятиями достигается применением наружных ограждений, обладающих определённой звукоизоляцией, и санитарно-защитных зон.

4.2.3. Инфразвук

Инфразвук (ИЗ) представляет собой акустические колебания упругой среды в диапазоне частот ниже 20 Гц и характеризуется инфра-звуковым давлением (Па), интенсивностью (Вт/м²), частотой колебаний (Гц). По характеру спектра подразделяется на широкополосный (с непрерывным спектром шириной более октавы); гармонический (с выраженными дискретными составляющими). По временным характеристикам ИЗ может быть постоянный и непостоянный, для которых уровень звукового давления по шкале "линейная" на характеристике "медленно" шумомера изменяется соответственно не более и не менее чем на 10 дБ за время наблюдения 1 мин. В условиях производства инфразвук, как правило, сочетается с низкочастотными вибрациями и шумом. Источники ИЗ могут быть как естественные (обдувание сильным ветром водной поверхности или строительных сооружений), так и антропогенные (промышленные) механического, аэродинамического происхождения: двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели, турбины вентилятора, компрессоры, двигатели катеров, автомобили, дизельные установки, машины и механизмы, совершающие возвратно-поступательные или вращательные движения с повторением цикла менее, чем 20 раз в секунду.

ИЗ характеризуется высокой проникающей и биологической способностью, оказывает сильное воздействие на состояние и поведение человека и животных (легкая тошнота, ощущения вращений, непроизвольное вращения глазных яблок). При воздействии инфразвука, стенка брюшного пресса входит в резонанс на частоте 3-5 Гц при уровне звукового давления 125-137 дБ, грудная клетка - на частоте 40 Гц, на частотах 2-5 Гц при 100-125 дБ.

Осязается движение барабанных перепонок, затрудняется дыхание, глотание, появляется головная боль, чувство «падения», усталости, сонливости, «звон в ушах», понижение порога слышимости на высоких

частотах, вестибулярные нарушения. При частотах 15-20 Гц возникает чувство страха, усиливающееся при последующих циклах экспозиции излучения. При уровне шума не менее 180 дБ происходит разрушение лёгочных альвеол, что ведёт к смерти человека. ИЗ часто вызывают дребезжание посуды, окон и др., что к тому же обуславливает высокочастотные шумы с уровнем более 40 дБА.

Нормирование инфразвука осуществляется по СНиП 2274 - 80 "Гигиенические нормы инфразвука на рабочих местах". Для постоянного ИЗ нормируемой характеристикой является уровень звукового давления в октавных полосах частот (дБ), со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц. Для непостоянного - общий уровень звукового давления $L_{лин}$ (дБ), измеренный по шкале "линейная" шумомера I класса точности ГОСТ 17167 - 81. «Шумомеры. Общие технические требования и методы испытания». В соответствии с СН № 2274-80, предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах на частотах 2, 4, 8, 16, 31, 5 Гц должны быть не более 105, 105, 105, 105, 105, 102 дБ, а общий уровень звукового давления, - 110 дБ.

Снизить интенсивность инфразвука можно различными способами: изменением режима работы устройства (увеличением быстроходности) или изменением его конструкции, звукоизоляцией источника ИЗ, представляющей собой сложную инженерную задачу; поглощением звуковой энергии с помощью резонирующих панелей, представляющих собой прямоугольную раму с укрепленной на ней мембраной с большим затуханием, изготовленной из металла, дерева, холста, покрытого лаком; при помощи глушителей (интерференционного, камерного, или резонансного); ограничением скорости движения транспортных средств (снижение интенсивности аэродинамических процессов); снижение скорости течения в атмосферу рабочих тел (авиационные ракетные двигатели и т.п.); при помощи механического преобразователя частоты ИЗ, основанного на способе амплитудной модуляции звуковых колебаний.

4.2.4. Ультразвук

Ультразвук (УЗ) представляет собой волновое колебание упругой среды частотой свыше 20 кГц. УЗ характеризуется ультразвуковым давлением (Па), интенсивностью ($Вт/м^2$) и частотой колебаний (Гц). Согласно ГОСТ 18.1.001 - 83 "ССБТ, Ультразвук. Общие требования безопасности", ультразвуковой диапазон подразделяется на низкочастотные колебания (от 1120 до 100000 Гц), распространяющиеся воздушным и контактным путем, и высокочастотные (от 100 кГц до 1000 МГц), распространяющиеся только контактным путем.

Источником ультразвука является оборудование, в котором генерируются ультразвуковые колебания для выполнения технологических процессов,

технического контроля и измерений, а так же оборудование, при эксплуатации которого УЗ возникает как сопутствующий фактор.

Биологическое воздействие УЗ на организм зависит от длительности воздействия, интенсивности, частоты и характера ультразвука. У работающих нередко наблюдаются функциональные нарушения нервной и сердечно-сосудистой системы, изменение давления, состава и свойств крови, слухового и вестибулярного аппаратов и т.д., частые жалобы на головные боли, быструю утомляемость, потерю слуховой чувствительности, ГОСТ 12.1.001-83, СН № 2283-80 и ГОСТ 12.2.051-80 устанавливают следующие значения допустимых порог звукового давления на рабочих местах:

среднегеометрические частоты треть-октавных полос, кГц

12,5 16,0 20,0 25,0 31,5 - 100,0

уровни звукового давления, дБ:

80 90 100 105 110

Характеристикой ультразвука, передаваемого контактным путем, является пиковое значение виброскорости, в м/с, или его логарифмический уровень, в дБ, в диапазоне частот от $1 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^9$ Гц, определяемый по формуле:

$$L_v = 20 \lg \left(\frac{V}{V_0} \right)$$

где V - пиковое значение виброскорости и, м/с;

V_0 - опорное значение виброскорости, равное $5 \cdot 10^{-6}$ м/с

Метод измерения ультразвука на рабочем месте в производственных условиях определяется ГОСТ 12.1.001 - 83. Контроль уровней звукового давления надо проводить после монтажа установки, ремонта и периодически в процессе эксплуатации, не реже одного раза в год,

Защитные меры состоят в снижении уровня УЗ в источнике, в звукоизоляции и звукопоглощении. Наиболее эффективна : звукоизоляция в виде стальных кожухов из листов толщиной 1,5-2 мм, покрытых резиной или поролоном, или органическим стеклом толщиной до одного мм.

Непосредственный контакт работников с источниками ультразвука устраняется механизацией и автоматизацией процессов пайки, очистки, обезжиривания деталей и т.п.; применением автоматического отключения установок при выполнении вспомогательных операций (загрузка, выгрузка продукции); применение приспособлений для фиксации положения источника УЗ колебаний или обрабатываемой детали; применением, двойных перчаток (хлопчатобумажных или резиновых), отражающих ультразвук слоем воздуха; противозвучом по ГОСТ 12.4.051-78 (при защите от УЗ, распространяющегося в воздушной среде).

Зоны с уровнем ультразвука, превышающим предельно допустимые должны быть обозначены предупреждающим знаком по ГОСТ 12.4.026-76.

4.3. «Защита от электрических и магнитных полей».

Постоянные электрическое и магнитное поля, а так же поля промышленной частоты, встречаются в радиотехнической практике довольно часто: в силовых устройствах, высоковольтных цепях питания электронных приборов; сильные постоянные магниты используются а магнетронах, ЛОВ, ЛБВ, других приборах.

Электрическое поле большой напряжённости влияет на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывая тахикардию, сердцебиения, аритмию, головную боль, вялость, сонливость, бессонницу, раздражительность, боли в области сердца, изменения в печени, лёгких, почках, поджелудочной железе. Возможны расстройства в сердечной деятельности, изменение состава крови. Субъективно в поле большой напряженности человек ощущает жжение, покалывание от электрических разрядов.

Постоянное магнитное поле влияет на самые разные физиологические процессы в организме, но в наибольшей степени - на центральную систему вызывая нарушение рефлекторных реакций, а также сердечно-сосудистые расстройства.

В соответствии с "Санитарно-гигиеническими нормами допустимой напряжённости электростатического поля" № 1757-77, напряженность постоянного электрического (электростатического) поля при длительности воздействия до 1 ч не должна превышать 60 кВ/м; от 1 до 8 ч - определяется по формуле

$$E_{доп} = \frac{60}{\sqrt{T}} \text{ кВ/м},$$

Где, T - время в часах; а при деятельности воздействия свыше 9 часов - не более 20 кВ/м.

Согласно "Предельно допустимым уровням воздействия постоянных магнитных полей при работе с магнитными устройствами" № 1742-77, предельно допустимая напряженность постоянного магнитного поля производственных помещений установлена равной 8 кА/м, а напряженность магнитных полей промышленной частоты (А/м) можно определить по формуле.

$$H = 8 \cdot 10^{-2} \exp(-1,35 \lg(f + 1)),$$

Где, f - частота поля, Гц.

Для переменного электрического поля промышленной частоты предельно допустимые уровни воздействия устанавливаются ГОСТ I2.I.002-84. Допустимое время пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле и уровни напряженности связаны зависимостью $E_{доп} = 50(t+2)$ и приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Допустимое время пребывания в электрическом поле.

Напряжённость поля, кВ/м	Допустимая продолжительность пребывания в электрическом поле, мин	Примечание
5	Без ограничения	-----
10	180	Остальное время напряженность не должна превышать 5 кВ/м
15	90	
20	10	
25	5	

Для населения приняты следующие предельно допустимые уровни напряженности электрического поля:

- внутри жилых помещений - 0,5 кВ/м;
- на территории жилой застройки - 1 кВ/м;
- в населенной местности вне жилой застройки; на территории огородов и садов - 5 кВ/м;
- в незаселенной местности, посещаемой людьми - 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности - 20 кВ/м,

Для защиты от действия электрического или магнитного поля, в зависимости от характера и местонахождения источников поля, условий облучения людей на производстве, применяют разные методы и средства; защиту временем пребывания, расстоянием; выбор оптимальных конструктивных параметров установок, проводов воздушных линии (ВЛ) и шин открытых распределительных устройств (ОРУ); стационарные и переносные экраны от электрических полей из металлических сеток, а от магнитных полей из электротехнической стали или пермаллоя; специальную экранирующую одежду (комбинезон из металлизированной токопроводящей ткани, головной убор, рукавицы и специальная обувь;. Б качестве средств индивидуальной защиты от магнитных полей используют шапочку с короткую юбку из пермаллоя марок 79НМ, 80НХС, 76НХД

Мощным источником электрического поля являются воздушные линии: электропередачи, напряженность электрического поля у поверхности земли под проводами ЛЭП достигает значительной величины: для ЛЭП 330 кВ- от 3,5 до 5 кВ/м, для ЛЭП 500 кВ- 7,5-8 кВ/м, для ЛЭП 750 кВ- до 15 кВ/м. Основным мероприятием по уменьшаете вредного действия электрического поля ЛЭП является выделение санитарно-защитных зон, в которых напряженность поля превышает 1 кВ/м. Ширина санитарно-защитных зон для действующих ЛЭП определяется экспериментально. Для вновь проектируемых линий ширину санитарно-защитной зоны можно определить с помощью таблицы 4.4, где приведены расстояния от границы зоны до проекции крайнего фазного провода.

Таблица 4.4

Расстояние от границы санитарно-защитной зоны до проекции крайнего фазного провода.

Напряжение ЛЭП, кВ	330	500	750	1150
Расстояние, м	20	30	40	55

В пределах санитарно-защитной зоны запрещается строительство жилых и общественных зданий, размещение стоянок автотранспорта, хранение нефтепродуктов, манипуляции с горючим, ремонт машин и механизмов. В санитарно-защитной зоне можно выращивать сельскохозяйственные культуры, не требующие ручной обработки.

В том случае, если жилые здания или приусадебные участки оказались в санитарно-защитной зоне ЛЭП 330-500 кВ, необходимо посредством установки экранов, заземления металлических крыш зданий снизить напряженность поля на территории и внутри жилых помещений до допустимого уровня. Запрещается оставлять жилые здания и приусадебные участки в САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОНАХ ЛЭП с напряжением 750 кВ и выше.

4.4 Электромагнитное излучение радиочастотного диапазона.

Источниками электромагнитного излучения (ЭМП) являются различные установки, начиная от мощных телевизионных, радиовещательных, радиолокационных станций, промышленных установок высокочастотного нагрева, и кончая неограниченным количеством измерительных, контрольных и лабораторных приборов различного назначения. Электромагнитная энергия (ЭМЭ) излучается через незранированные смотровые окна, отверстия, жалюзи, щели и неплотности кожухов радиоэлектронной аппаратуры, а также через отверстия, по которым проходят оси органов управления.

Биологическое действие ЭМЭ зависит от частоты, интенсивности и режима излучений, длительности и характера облучения организма, от площади облучаемой поверхности, анатомического строения органа. Различают тепловое воздействие и нетепловое (специфическое), особенно в СВЧ диапазоне.

Тепловое воздействие характеризуется общим повышением температуры тела или локализованным нагревом тканей вследствие поглощения энергии ЭМИ и превращения ее в тепловую.

Степень поглощения энергии тканями зависит от их способности к ее отражению на границе раздела, определяемой содержанием воды в тканях и другими их особенностями. Нагрев особенно опасен для органов со слабой терморегуляцией (мозг, глаза, органы кишечного и мочеполового тракта). Электромагнитное излучение с длиной волны от 1 до 20 см вызывает катаракту (помутнение хрусталика). Тепловое воздействие проявляется при сравнительно высоких плотностях потока энергии (ППЭ) (около 10 мВт/см²).

Нетепловое действие оказывается заметным при уровне ППЭ на 2-3 порядка меньше теплового. Оно характеризуется переходом ЭМЭ в ткани или органе в какую-либо форму нетепловой энергии (молекулярная поляризация информационное воздействие на живые объекты). Нетепловое действие проявляется в изменении функционального состояния различных органов центральной и вегетативной нервной системы, в появлении повышенной утомляемости, нарушении состава крови, нарушения сна, раздражительности, потливости, орадикардии, выпадении волос, болях в области сердца, понижении потенции, в изменении энцефалограммы. Функциональные нарушения, вызванные биологическим действием электромагнитных полей, способны накапливаться в организме, но являются обратимыми. Глубина проникновения радиоволн в различные ткани организма уменьшается с уменьшением длины волны. Наиболее глубоко проникают дециметровые волны, к тому же они частично фокусируются за счет искривленной поверхности тела.

Опасность электромагнитного излучения состоит в том, что его вредное действие проявляется при уровнях ППЭ, значительно меньших порогового, которое воспринимается человеком как тепло. Это требует очень внимательного отношения к контролю за уровнем ППЭ на рабочих местах, в жилых районах и других местах пребывания людей. Различают три стадии изменений в организме: начальную, умеренно выраженную. Заболевания обозначают как "последствия хронического воздействия СВЧ поля".

Принцип нормирования электромагнитного излучения радиодиапазона зависит от частоты. В зависимости от места нахождения работающего относительно источника излучения, он может подвергаться воздействию электрической или магнитной составляющих поля или их сочетанию, а в случае пребывания в волновой зоне - воздействию сформированной электромагнитной волны. Предельно допустимые уровни электромагнитного облучения устанавливаются ГОСТ 12.1. 006-84. При этом для персонала, подвергающегося облучению лишь в рабочее время, устанавливаются менее жесткие нормы, чем для населения.

В диапазоне частот 60 кГц - 300 МГц нормируются предельно допустимые напряженности электрического и магнитного полей (ЭП и МП) и определяются по формулам:

$$E_{n.d.} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}H_{n.d.}}{T}}, \quad H_{n.d.} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}H_{n.d.}}{T}}.$$

где $E_{n.d.}$ - предельно допустимая напряженность ЭП, В/м

$H_{n.d.}$ - предельно допустимая напряженность МП, А/м;

$\mathcal{E}H_{n.d.}$ - предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочей день; (В/м)² ч или (А/м)² ч;

T - время воздействия в течение рабочего дня, ч.

Для частот от 0,06 до 3,0 МГц $\mathcal{E}H_{n.d.}$ составляет 20000 (В/м)² ч;

Для частот от 3,0 до 30 МГц $\mathcal{E}H_{n.d.}$ составляет 7000(В/м)² ч;

для частот от 30 до 300 МГц $\Delta H_{н.д.}$ составляет $800 \text{ (В/м)}^2 \text{ ч}$;

для частот от 0,06 до 3 МГц $\Delta H_{н.д.}$ составляет $200 \text{ (А/м)}^2 \text{ ч}$.

Значения ПДУ приведены в таблице 4.5 согласно ГОСТ I2.I.006-84.

В СВЧ- диапазоне (300 МГц- 300 ГГц) нормируется предельно допустимая плотность потока энергии (ППЭ). Для населения, при непрерывном излучении, она не должна превышать 10 мкВт/см^2 , а при импульсном - регламентируется таблицей 4,6.

Таблица 4.5

Предельно допустимые уровни напряженности электромагнитного поля

Нормируемая величина	Диапазон, МГц	ПДУ (В/м или А/м)	
		Для персонала	Для населения
Е	0,06 - 0,3	500	20
Е	0,3 - 3	500	10
Н	0,06 - 3	50	-
Е	3 - 30	300	4
Е	30 - 300	80	2

Таблица 4.6

Предельно допустимые уровни ЭМП, создаваемые радиолокационными средствами (импульсное излучение).

Назначение РЛС	Длины волны	Режим работы		Отношение продолжительности работы на излучение к общему времени работы в сутки	ПДУ, мкВт/см^2
		Частота сканирования антенны, Гц	Время облучения с однопорядковой инт.		
МетеоРЛС и подобные им по режиму работы	0,8±15%	0,1	0,03 периода скан. 12 ч/сут	0,5	140
				1	10
	3±20%	0,1	0,04 периода скан. 12 ч/сут	0,5	60
				1	10
10±15%	0	0,03 периода	0,5	20	
17±15%	0	То же	0,5 1	24 12	
Обзорные РЛС гр. Авиации и подобные по режиму работы	10±20%	0,25	0,05 периода	1	15
	23±15%	0,25	0,02 периода	1	20
	35±15%	0,25	То же	1	25

При общей продолжительности работы радиолокатора не более 12 часов в сутки. ППЭ на рабочих местах персонала определяется по формуле

$$ППЭ_{n.д.} = k \frac{ЭН_{n.д.}}{T},$$

где $ЭН_{n.д.}$ - предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочий день, равная 2 Втч/м^2 (220 мкВт/чс^2);

T - время пребывания в зоне облучения за рабочую смену, ч

k - коэффициент ослабления биологической эффективности;

$k=1$ - для всех случаев воздействия, кроме облучения от вращающихся и сканирующих антенн;

$k=10$ - для случаев облучения от вращающихся к сканирующие антенн с частотой сканирования не более 1 Гц и скважностью 50; ППЭ не должна превышать 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2);

$k=12,5$ - при локальном непрерывном облучении кистей рук при работе с полосковыми СВЧ - устройствами при условии, что облучение других частей тела не превышает 10 мкВт/см^2 ; ППЭ кистей рук не должна превышать 50 Вт/м^2 (5000 мкВт/см^2)

При воздействии на персонал электромагнитного излучения с различной частотой от нескольких источников, суммарную интенсивность воздействия определяют:

$$E = \sqrt{E_1^2 + \dots E_n^2}; \quad H = \sqrt{H_1^2 + \dots H_n^2};$$

при этом должно обеспечиваться следующее условие:

$$\left(\frac{E_1}{E_{n.д.}} \right)^2 + \dots + \left(\frac{E_n}{E_{n.д.}} \right)^2 \leq 1;$$

$$\frac{ППЭ}{ППЭ_{n.д.}} + \left(\frac{E}{E_{n.д.}} \right)^2 + \left(\frac{H}{H_{n.д.}} \right)^2 \leq 1$$

Измерение энергетических параметров электромагнитного поля включает в себя энергию поля и детектирование, т.е. преобразование выходного сигнала датчика в форму, удобную для его дальнейшей регистрации в обработке. Для контроля уровней электромагнитного излучения используются измерители напряженности поля ПЗ-15, ПЗ-17, NFM-I, измерители плотности потока энергии (величины, пропорциональной квадрату напряженности поля), такие, как ПЗ-9, ПЗ-18, ПЗ-19, ПЗ-20, представляющие собой термисторные измерители мощности со сменными приемными антеннами, как изотропными, так к требующими ориентации в зависимости от поляризации поля.

Контроль электромагнитного излучения на рабочих местах проводится не реже одного раза в год, а также при вводе в действие новых установок, внесении изменений в конструкцию, после ремонта, при организации новых рабочих мест. Измерения проводятся при наибольшей мощности излучения и в каждом режиме.

4.4.1. Методы расчета полей антенн

Для окружающей среды и населения наибольшую опасность представляет излучение радиопередающих станций, телецентров, радиолокационных станций и других радиотехнических объектов, работающих с излучением электромагнитной энергии в окружающее пространство. Эти радиосредства излучают в эфир иногда очень большие мощности (сотни киловатт и мегаватты). Вокруг излучающих антенн на больших территориях интенсивность излучения оказывается очень высокой, зачастую значительно превышая и допустимые уровни. Все это заставляет учитывать требования защиты окружающей среды еще на этапе проектирования радиостанций.

В диапазоне частот до 300 МГц предельно допустимые уровни излучения нормируются по максимальной напряженности электрического поля. Напряженность электрического поля излучающей антенны может быть вычислена по формуле:

$$E = \sqrt{\frac{P_{изл} G_0 Z_0}{4\pi}} \cdot \frac{F(Q, \varphi)}{r} \quad (4.3)$$

где E - напряженность поля в заданной точке пространства, В/м;

$P_{изл}$ - мощность передатчика, Вт;

Z_0 - волновое сопротивление свободного пространства, равное 120 Ом;

G_0 - коэффициент направленного действия (КНД) антенны в направлении максимального излучения;

r - расстояние от антенны до заданной точки пространства, м

$F(Q, \varphi)$ - диаграмма направленности антенны.

Значения КНД и вида диаграмм направленности антенн различных типов приведены в литературе по антенной технике (см. например, 9). Так, для антенны в виде полуволнового электрического вибратора: $G_0 = 2,5$; $F(Q, \varphi) = \sin\theta$, где θ - угол между осью вибратора и направлением на точку приема.

Однако формула (4.3) справедлива только для дальнейшей зоны антенн, которая для антенн простых типов (вибраторной и ее модификаций) располагается при

$$r \gg \frac{\lambda}{2\pi} \quad (4.4)$$

В диапазонах длинных и средних волн ($200 \text{ м} < \lambda < 2000 \text{ м}$) расстояние r до места возможного расположения людей может не удовлетворять условию (4.4).

В этом случае диаграммы направленности теряет смысл, выражением (4.3) пользоваться нельзя. Для расчета напряжённости поля при этом необходимо принимать более общие формулы. Для простейшей антенны в виде элементарного электрического вибратора, длина которого значительно меньше длины волны, а распределение тока по длине равномерно, можно воспользоваться выражением:

$$\begin{aligned}
E_r &= \frac{I}{2\pi\omega\varepsilon_0 r^3} (1 + j\beta r) \cos \theta, \\
E_\theta &= \frac{I}{4\pi\omega\varepsilon_0 r^3} (1 + j\beta r - \beta^2 r^2) \sin \theta, \\
H_\varphi &= \frac{I}{4\pi r^2} (1 + j\beta r) \sin \theta,
\end{aligned}
\tag{4.5}$$

Где:

I - ток в вибраторе, А;

l - длина вибратора, м;

ω - частота поля, рад/с;

$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} 10^{-9}$ Ф/м - электрическая постоянная;

$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ - волновое число.

θ - угол между осью вибратора и направлением на точку наблюдения

Для вычисления напряжённости поля антенн более сложной конфигурации, антенну необходимо разбить на малые отрезки с постоянной амплитудой тока, которые рассматривать как элементарные электрические вибраторы; для улучшения поля применять принцип суперпозиции.

В случае, если величина тока в вибраторе неизвестна, можно входящее в формулы (4.5) произведение I выразить через излучаемую мощность:

$$I = \sqrt{\frac{3P_{изл} r^2 \lambda^2}{2\pi Z_0}}
\tag{4.6}$$

В мощных радиопередающих станциях для излучения сигнала используются сравнительно сложные антенные системы и антенные поля. В этом случае, суммарное поле может быть найдено как суперпозиция полей отдельных элементарных антенн.

Для любых антенн, расположенных вблизи от поверхности Земли необходимо учитывать отражение электромагнитной волны от поверхности. Величина коэффициента отражения зависит от многих факторов: частоты сигнала, проводимости почвы, характера рельефа, угла падения волны. В наихудших ситуациях его можно считать равным единице, при этом величина напряженности поля у поверхность Земли удваивается.

На частотах выше 300 МГц величина плоскости потока энергии для конкретной антенны может быть вычислена по формуле:

$$P = \frac{PG_0 |F(\vartheta, \varphi)|^2}{4\pi r^2}
\tag{4.7}$$

Формула (4.7) позволяет рассчитать ППЭ в дальней зоне антенны. В диапазоне частот выше 300 кГц обычно используются апертурные антенны (зеркальные, линзовые, рупорные, антенные решетки), для которых граница дальней зоны определяется условием

$$r_{д.з.} = \frac{D^2}{\lambda} \quad (4.8)$$

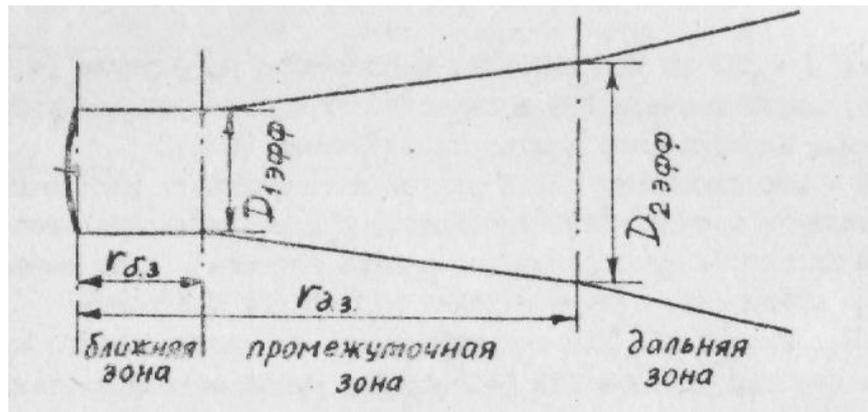


Рис. 4.1. Зоны излучения антенны

При расчете плотности потока энергии в зоне боковых лепестков с помощью ретроспективного метода, из-за изрезанного характера распределения поля, рассматривается огибающая боковых лепестков, т.е. оценивается уровень излучения по максимуму. Для широкого класса апертурных антенн вводится обобщенная масштабная функция $M(\theta_n)$.

Пользуясь обобщенной масштабной функцией, можно найти плотность потока энергии излучения антенны в заданном направлении θ :

$$P(\theta, r) = \frac{P_0(r)}{M(\theta_n)} \quad (4.12)$$

Результаты расчета ППЭ в окрестности антенны удобно изображать в виде вертикальной диаграммы излучения (ВДИ).

ВДИ - это семейство линий разной интенсивности излучения, построенное из координатной плоскости, где по горизонтальной оси отложена дальность (расстояние от центра антенны), а по вертикальной оси - превышение центра антенны над точкой наблюдения (рис. 4.2). Расчет ВДИ для апертурных антенн удобнее всего производить с помощью соотношений (4,9-4.12), преобразовав их таким образом, чтобы получить выражение для величины h превышения центра антенны над точкой наблюдения.

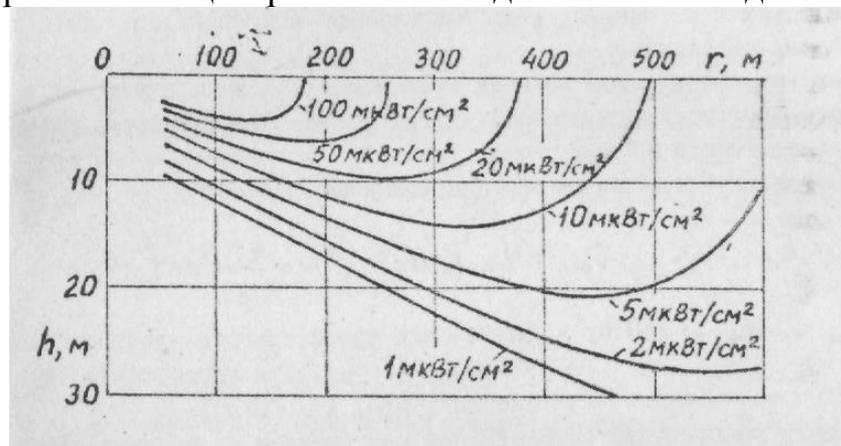


Рис. 4.2. Вертикальная диаграмма излучения

Вертикальная диаграмма излучения даёт наглядное представление о распределении ППЭ вокруг антенны. С ее помощью можно легко найти границы зоны, где ППЭ превышает допустимый уровень, определить величину ППЭ на заданной высоте над поверхностью Земли, найти, насколько нужно поднять антенну или на какой угол ее повернуть, чтобы величина ППЭ в заданной точке снизилась до безопасного уровня.

Некоторые изменения в распределении ППЭ вносят отражения от земной поверхности. Влияние этих отражений зависит от состояния поверхности. Если поверхность Земли шероховата, покрыта растительностью, то отражения происходят диффузные, и на величину ППЭ в точке наблюдения практически не влияют. Наихудшая ситуация получается при отражении от гладкой металлической поверхности, когда коэффициент отражения равен единице, при этом амплитуда сигнала удваивается, а величина плотности потока энергии увеличивается в 4 раза.

4.4.2. Меры защиты от электромагнитного излучения

В производственных условиях основными мерами защиты от электромагнитного излучения могут быть: защита временем, расстоянием; экранирование источников излучения, рабочих мест; уменьшение излучения в самом источнике; радиопоглощающие покрытия; средства индивидуальной защиты.

Защита ограничением времени пребывания человека в рабочей зоне применяется тогда, когда нет других возможностей снизить интенсивность излучения до допустимых размеров. Допустимое время пребывания под излучением определяют по формулам:

$$t_{\text{дон}} = E_{\text{н.д.}} T / E_{\Phi}; \quad t_{\text{дон}} = H_{\text{н.д.}} T / H_{\Phi}; \quad t_{\text{дон}} = H_{\text{н.д.}} \mathcal{E} / \text{ППЭ}_{\Phi};$$

где, $E_{\Phi}, H_{\Phi}, \text{ППЭ}_{\Phi}$ –

фактически напряженности электрического и магнитного поля и плотность потока энергии, В/м, А/м, Вт/м².

Защиту расстоянием осуществляют увеличением расстояния между источником излучения и персоналом, которое определяется расчетом и проверяется инструментально.

Уменьшение мощности излучения в источнике добивается применением поглотителей, делителей мощности, эквивалентов антенн, аттенуаторов, направленных осветителей, волноводных ослабителей, бронзовых прокладок между фланцами, дроссельных фланцев и др.

Экранирование источников излучения используют для снижения интенсивности электромагнитной энергии на рабочем месте или ограждения опасных зон излучений. Изготавливают их из металлических листов или сеток в виде замкнутых камер, шкафов, кожухов.

Толщина экрана из сплошного материала (м) определяет по формуле

$$b = \frac{\Delta}{15,4 \sqrt{f \mu \sigma}},$$

где Δ - заданное ослабление интенсивности электромагнитного излучения, равное отношению фактической интенсивности к предельно допустимой; f - частота ЭМИ, Гц; μ - магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м; σ - удельная проводимость материала экрана, Ом/м

Эффективность экрана из одного слоя сетки из цветного материала, расположенного в зоне индукции (ближней зоне), определяется:

$$\Delta[\text{дБ}] = 20 \lg \left(\frac{1}{\eta} \right)$$

где η - проницаемость экрана,

$$\eta = \frac{3\gamma}{1 + 3\gamma},$$

где γ - параметр экранирования;

$$\gamma = \frac{d}{2\pi R} \left(\ln \frac{d}{r_0} - 1,25 \right),$$

где d - шаг сетки (ячейки);

r_0 - радиус проволоки сетки

R - радиус эквивалентного экрана;

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}},$$

где V - объем экранирующей камеры.

Ослабление интенсивности электромагнитного излучения сетчатыми экранами в дальней зоне при нормальное падении волны и вектора E , параллельном проволокам сетки одного из направлений, определяют:

$$\Delta[\text{дБ}] = 10 \lg \frac{1 + 4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi r_0} \right)^2}{4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi r_0} \right)^2},$$

При выборе конструкции экрана или кожуха необходимо учитывать их герметичность (наличие отверстий). Размеры отверстий определяются минимальной длиной волны

$$a = \frac{\lambda_{\min}}{k},$$

Где, a - размер стороны квадрата или широкой стороны прямоугольника, или диаметр круглого волновода:

k - выбирается в зависимости от диапазона частот и формы отверстий глубина которых должна быть не менее

$$l = \frac{\Delta_{\text{треб}}}{\Delta_{\text{ног}}}$$

где $\Delta_{\text{треб}}$ - требуемое ослабление ЭМИ,

$\Delta_{\text{ног}}$ - ослабление излучения отверстием, дБ/см.

Экранирование рабочего места применяется тогда, когда невозможно экранирование источника, и осуществляется сооружением кабин, ширм с радиопоглощающими покрытиями со стороны излучения. Для окон, приборных панелей, применяется стекло, покрытое полупроводниковым диоксидом олова.

Средства индивидуальной защиты - это крайняя мера, она используется в тех случаях, когда другие способы предотвращения облучения не работает. В качестве СИЗ используют халат, комбинезон, капюшон, защитные очки. Материал - специальная радиотехническая ткань, в структуре которой тонкие металлические нити образуют сетку. Очки - сетчатые, имеющие конструкцию полумасок из медной или латунной сетки, а также – ОРЗ-5 из специального стекла с токопроводящим слоем диоксида азота.

Для защиты населения от действия электромагнитных излучений радиостанций, телецентров, РЛС, других объектов, вокруг излучающих антенн выделяется санитарная защитная зона, где уровень напряженности поля (или ППЭ) на уровне 2 м от поверхности Земли превышает допустимый уровень для жилой застройки. Внутри санитарно-защитной зоны запрещается строительство жилых и общественных зданий, школ, детских учреждений, размещение мест отдыха и спортивных площадок. Возможно только размещение некоторых служебных и производственных построек (гаражи, склады и т.п.).

Внутри санитарно-защитной зоны выделяется зона строгого режима, включающая в себя техническую территорию радиопередающего объекта, где уровень электромагнитного поля превышает допустимый для персонала. На внешней границе зоны строго режима уровень ЭМП не должен превышать допустимого для производственных условий (ГОСТ 12.1.006-84). В этой зоне располагаются только технические объекты радиопередающие станции. Запретная зона должна быть огорожена предупреждающими знаками "Запретная зона", доступ населения туда должен быть категорически запрещен.

Для радиовещательных и телевизионных станций, имеющих ненаправленное излучение, санитарно-защитная зона имеет круговую форму; ее радиус для типовых радиопередающих станций приведен в табл. 4.7, а для типовых телецентров и телевизионных ретрансляторов в табл. 4.8 Для условий, отличающихся от типовых, размеры СЗЗ определяются индивидуально.

Таблица 4.7

Размеры санитарно-защитной зоны для типовых радиопередающих станций.

Мощность передатчика, кВт	Диапазон, МГц	Санитарно-защитная зона, м
Малая: до 5	0,03-0,3 (10-1) (ДВ)	10
	0,3-3 (1-0,1) (СВ)	20
	3-30 (0,1-0,01) (КВ)	175
Средняя: 5-25	ДВ	10-75
	СВ	20-150
	КВ	175-400
Большая: 25-100	ДВ	75-480
	СВ	150-960
	КВ	400-2500
Сверхвысокая: свыше 100	ДВ	более 480
	СВ	более 960
	КВ	более 2500

Для передающих радиостанций оборудованных антеннами направленного типа, а также для радиолокационных станций, антенны которых сканируют в определенном секторе или фиксированы в одном направлении, санитарно-защитной зоны устанавливаются в направлении излучения электромагнитной энергии, однако при этом должны учитываться боковые и задние лепестки диаграмм излучения антенн.

Для радиолокационных станций, ретрансляторов и других объектов, плотность потока излучаемой энергии которых возрастает с высотой, кроме СЗЗ вводится зона ограниченной застройки. Это территория, где на высоте более 2 м от поверхности Земли превышаются предельно допустимые уровни излучения, установленные для населения. Внешняя граница зоны, ограничений определяется по максимальной высоте зданий перспективной застройки, на уровне верхнего этажа которых интенсивность излучения не соответствует предельно допустимому уровню.

Таблица 4.8

Размеры санитарно-защитных зон для типовых телецентров и телевизионных ретрансляторов.

мощность одного кол-во передатчика, кВт прогр.	Суммарная мощ-ть с учётом УКВ и ЧМ вещания , кВт	Санитарно-защитная зона, м
Малая: до 5/2,5 ^х) одна	До 10	в пред. техн. терр.
Средняя: 25/7,5 одна	До 75	200-300
Большая: 50/15 две	До 160	400-500
Сверхвысокая: свыше 50/15 три	Около 200	500-1000

^{x)} - Числитель – мощность канала изображения, знаменатель – мощность канала звукового сопровождения.

Территорию зоны ограничений можно использовать для застройки различного функционального назначения, необходимо только, чтобы в местах прерывания населения не превышались предельно допустимые уровни излучения. Здания лечебных учреждений, детских дошкольных учреждений, школ, домов инвалидов и престарелых следует располагать на тех участках территории, где образуется радио-тень. Желательно, чтобы детские площадки и места отдыха людей были экранированы от источника излучения зданиями. При этом необходимо учитывать, что в эту зону может попадать излучение, отраженное от стен других зданий (рис. 4.3), а также других предметов, особенно металлических, если их размеры оказываются в резонансном соотношении с длительной электромагнитной волн.

Конструкция зданий в зоне ограничений застройке должна быть такой, чтобы в достаточной степени ослабить интенсивность излучения. В этом отношении наилучшими являются железобетонные стены. Однако наличие окон, обращенных в сторону источника излучения, в значительной степени сводит на нет экранирующее действие стен. Поэтому жилые здания рекомендуется располагать торцами к источнику излучения. Некоторые сведения о защитных свойствах строительных конструкций приведены в таблице 4.9.

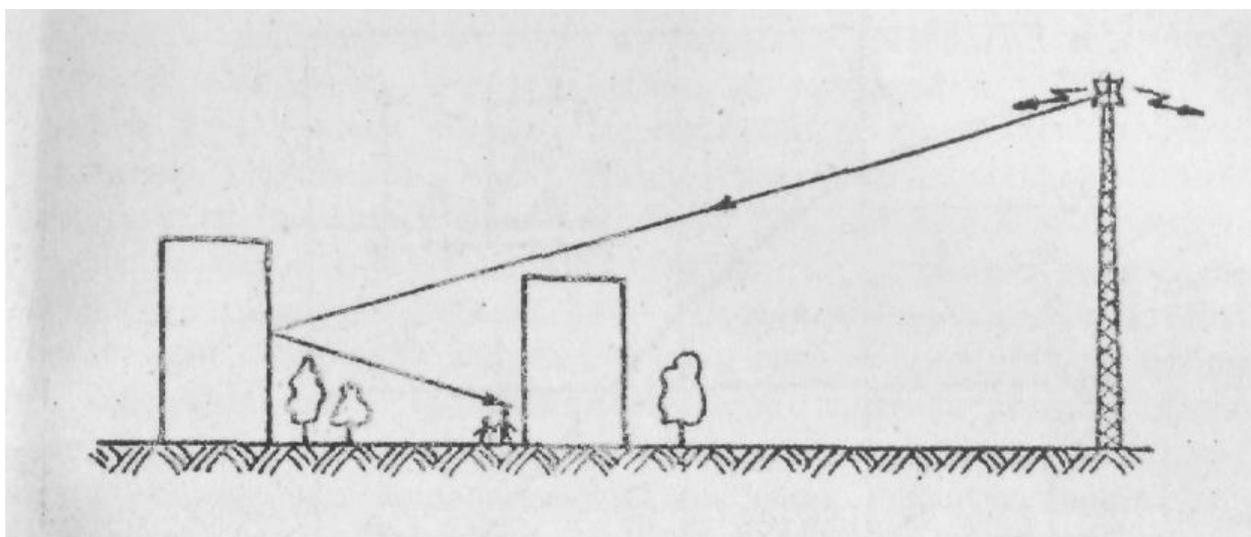


Рис. 4.3. Влияние отражения электромагнитных волн от зданий.

Таблица 4.9 Экранирующие свойства некоторых строительных материалов, дБ

Материал и конструкции	Длины волн	
	сантиметровые	метровые
Кирпичная стена толщ. 70 см	20	12
Внутренняя оштукатуренная стена толщиной 15 см	10-12	2,5
Сосновая доска толщ. 30 мм	2-2,5	1-1,5
Оконное стекло толщ. 3 мм	1-3	-
Окно с целой одинарной рамой	4,5	3
То же с двойной рамой	7	3,5

Идеальную защиту от излучения обеспечивают сплошные металлические экраны. Иногда такой экран-ширму располагают между излучающей антенной и защищаемым местом. Однако электромагнитное поле частично проникает за экран вследствие дифракции. Защитное действие таких экранов можно оценить с помощью графика рис. 4.4, где параметр U определяется следующим выражением:

$$U = h_0 \cos \delta \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} \quad (4.4)$$

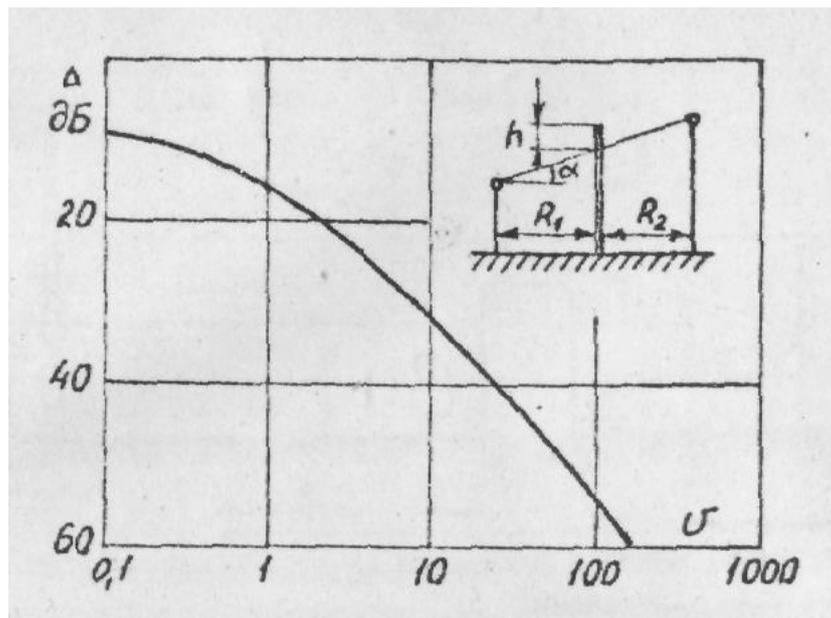


Рис. 4.4. Ослабление, создаваемое экраном-ширмой.

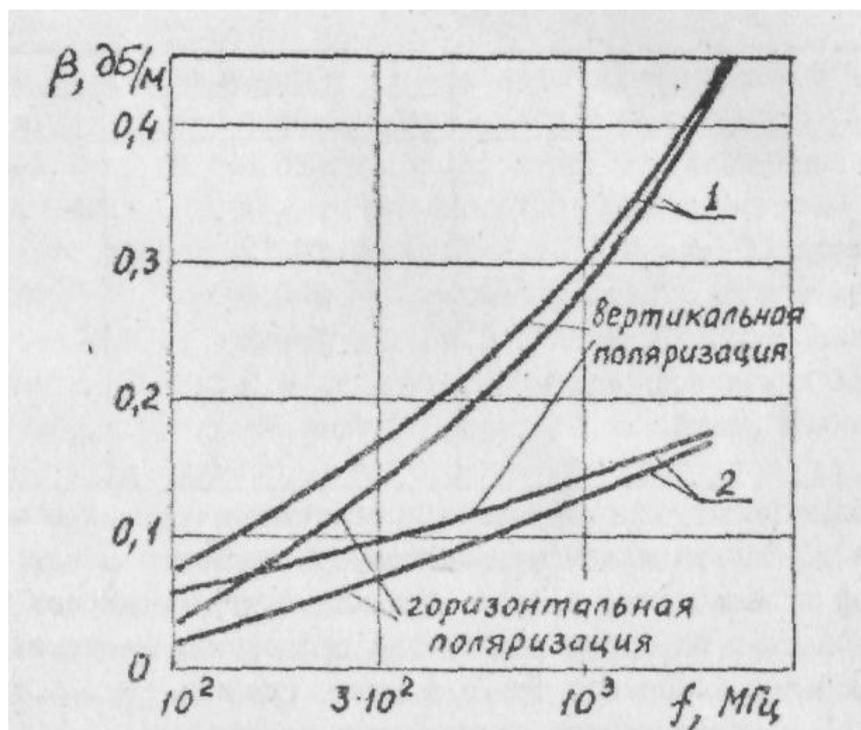


Рис. 4.5. Ослабление электромагнитного излучения, создаваемого лесными массивами.

Если на пути распространения электромагнитных волн оказываются лесные насаждения, то они тоже несколько ослабляют излучение; величину ослабления можно определить по графикам на рис. 4.5, где графики 1 показывают ослабление, создаваемое лиственными деревьями летом, а хвойными - круглый год; графики 2 - ослабление, создаваемое лиственными деревьями зимой. Как видно, 100-метровая полоса леса может ослабить электромагнитное излучение трёхсантиметрового диапазона волн на 30 дБ. Отсюда следует целесообразность озеленения санитарной защитной зоны и зона ограничений застройки.

Во избежание возрастания плотности потока энергии за счет нежелательных отражений, в санитарно-защитной зоне и зоне ограничений застройки площадь гладких бетонных, асфальтированных и тем более металлических поверхностей должна быть минимальна.

При отводе земельного участка под радиотехнический объект, необходимо учитывать возможность защиты населения от действия радиоволн посредством применения коллективной и локальной защиты. Коллективная защита применяется для прикрытия групп домов или микрорайона путем использования лесонасаждений, насыпей, возвышенностей и складок местности, устройства отражающих и поглощающих экранов в непосредственной близости от антенны.

Локальная защита применяется для защиты отдельных домов, квартир, помещений и включает в себя применение экранирующих и поглощающих приспособлений, использование металлизированных обоев, штор оконных стекол. Способы локальной защиты не устраняют действие радиоволн на

население вне помещений и поэтому могут рассматриваться только как временные меры.

Проектная документация на сооружение новых и реконструируемых радиопередающих сооружений должна содержать сведения о распределении электромагнитного поля на прилегающей территории и мероприятия по защите населения от электромагнитного излучения.

Если же уровень ЭМП на территории жилой застройки превышает предельно допустимый уровень, должны быть приняты меры по его снижению: уменьшение мощности в источнике, изменение высоты установки или угла направленности антенны, удаление радиопередающего объекта от жилой застройки или вынос жилья из зоны влияния радиопередающего объекта.

4.5 Ионизирующее излучение

Природа излучения

Ионизирующее излучение (ИИ)- это любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков.

По своей природе ИИ может быть корпускулярный (альфа-, бета-частицы, космическое), т.е, состоящим из потока частиц с массой покоя, отличной от нуля, Корпускулярные излучения могут состоять как из заряженных частиц, так и из частиц с нулевым зарядом. Альфа-излучение - это поток ядер гелия, испускаемый при ядерных превращениях изотопов тяжелых элементов. Бета-излучение - это поток электронов или позитронов, испускаемые при бета-распаде ядер различных элементов периодической системы. К корпускулярному излучению относится ещё и космическое, в составе которого могут быть протоны ил более тяжёлые частицы, взаимодействующие на своем пути в атмосфере с ядрами атомов, и образующие при этом поток вторичных частиц с промежуточной массой, называемых мезонами. Различают пи-мезоны (пионы) и мю-мезоны (мюоны), обладающие чрезвычайно малым временем существования ($2,197 \cdot 10^{-6}$ с – $2,603 \cdot 10^{-8}$ с), вероятно, не представляющие опасности для здоровья человека (естественный фон).

По природе ИИ может быть также электромагнитным (фотонным), состоящим из не имеющих массы покоя фотонов (гамма-излучение, рентгеновское). Все виды фотонов возникают в результате ускорения электрических зарядов, Гамма-излучение - это поток фотонов самых высоких энергий, т.к. это - |заряды частиц, составляющих атомное ядро (атом выбрасывает порции чистой энергии). Электроны, которые находятся на окружающих ядро атома оболочках, также могут породить фотоны. Рентгеновское излучение возникает при переходах электронов во внутренних оболочках, где энергия связи велика.

Различают фотонное характеристическое, ионизирующее излучение и тормозное. Характеристическое излучение - это излучение с дискретным

спектром, испускаемое атомом при изменении его энергетического состояния. Тормозное излучение - это излучение с непрерывным спектром, испускаемое при изменении кинетических энергий заряженных частиц, возникающее в среде, окружающей источник бета - излучения.

С развитием наследований в области атомного ядра и использованием ядерной энергии возникли искусственные источники такие, как продукты деления атомов урана, плутония (в высокорadioактивных отходах); некоторые не встречающиеся в природе радиоактивные элементы, образующиеся в ядерных реакторах и при ядерных взрывах, при распаде испускающие протоны высоких энергий (для лучевой терапии рака), а также нейтроны с периодом полураспада 636 с.

Единицы измерения излучений

Так как действие ионизирующего излучения на вещество представляет собой сложный процесс, в отличие от простой передачи энергии от одного вещества к другому, то до сих пор применяют специальные единицы наряду с системой СИ, введенной для радиационной биологии в 1975 году.

Активность A радионуклида (ядра всех изотопов данного химического элемента) определяется числом спонтанных ядерных превращений (распадов) dN в радионуклиде за малый промежуток времени L . Шлющей измерения в системе СИ служит беккерель (Бк), который соответствует 1 распаду в секунду. Специальная единица A - кюри (Ки). 1 Ки равен $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. Периодом полураспада изотопа называется время, за которое распадается в среднем половина всех радионуклидов данного типа λ радиоактивном источнике. Изотопы - это разновидности одного и того же элемента, имеющие всегда одно и то же число протонов, но разное число нейтронов.

Экспозиционная доза X была принята еще на ранних стадиях радиационных исследований для качественной оценки ионизации сухого атмосферного воздуха, возникавший под действием рентгеновского излучения, т.к. предполагалось, что эффективный атомный номер воздуха и биоткани одинаков.

X представляет собой отношение полного заряда dQ ионов одного знака, возникающих в малом объеме воздуха, к массе воздуха dm в этом объеме. За единицу принят кулон на килограмм (Кл/кг). Специальная единица - рентген (Р), $1Р = 2,5 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг. Единицы рентген и миллирентген (Р и мР) широко используются, несмотря на то, что с 1975 г. признано нецелесообразным дальнейшее их употребление.

Биологический эффект зависит от вида излучения и условий облучения. Так, в случае альфа-излучения, если радиоактивное вещество не попало внутрь организма, указанная экспозиционная доза не окажет практически никакого биовоздействия. Мерой воздействия ИИ на вещество служит поглощенная доза D , представляющая собой среднюю энергию dE , переданную единице массы вещества dm в элементарном объеме, в системе СИ в качестве единицы D принят грэй (Гр). 1 Гр = 1 Дж/кг.

Специальная единица - рад. $1 = 0,01 \text{ Дж/кг}$. Расчет поглощенной дозы, даже если известны все данные о радиоактивном источнике, - непростая задача.

Так как повреждение ткани связано не только с количеством поглощенной энергии, но и с ее пространственным распределением, характеризуемым значением линейной передачи энергии L_A для равных видов ионизирующего излучения, причем чем выше L_A , т.е. линейная плотность ионизации, тем больше степень, биологического повреждения, то вводится понятие эквивалентной дозы ИИН, определяемой равенством

$$H = DQ$$

где D - поглощенная доза, Гр;

Q - безразмерный коэффициент качества ИИ, значение которого зависит от типа излучения (для рентгеновского, гамма-излучения, электронов и позитронов любой энергии $Q=1$ для альфа-излучения с энергией меньше 10 МэВ $Q=20$ и др.)

Существует еще понятие эффективной эквивалентной дозы $H_{эфф}$ отражающей суммарный эффект облучения для организма:

$$H_{эфф} = HN = DQN$$

где N - безразмерный взвешивающий коэффициент, зависящий от вида биологической ткани, учитывающий различия в чувствительности органов и тканей к воздействию излучения ($1/N$ для всего тела $1=1,0$; для половых желез - 0,25, молочной железы - 0,15, для красного костного мозга - 0,12; легких - 0,12, щитовидной железы - 0,03, для кости - 0,03)[5].

Единицей измерения H в системе СИ служит зиверт (Зв), $X \&w - 1 \text{ Дж/кг}$. Специальной единицей является бэр. $1 \text{ бэр} = 0,013 \text{ Зв}$.

Таким образом и доза D и доза H имеют одинаковую размерность – Дж/кг. Тогда в чем разница между грэем и зивертом? В связи с этим необходимо подчеркнуть, что D в грэях выражает истинное количество энергии, переданное излучением единице массы вещества (диалогическое ткани), в то же время соответствующее значение H в зивертах выражает эффективное воздействие поглощенной энергии ионизирующего излучения данного вида на определенную биоткань, отнесенное к единице массы этой ткани, и может быть значительно больше соответствующего ему численного значения D в грэях.

Мощность экспозиционной, поглощенной и эквивалентной дозы определяется как приращение дозы (dX , dD , dH) за малый промежуток времени, деленное на dt :

$$P_x = \frac{dX}{dt} \quad P_D = \frac{dD}{dt} \quad P_H = \frac{dH}{dt}$$

Связь понятий поля, дозы, радиобиологического эффекта и единиц измерения приведена на рис. 4.6, где 1 - источник излучения, 2 - среда, 3 - неживой объект, 4 - живой организм.

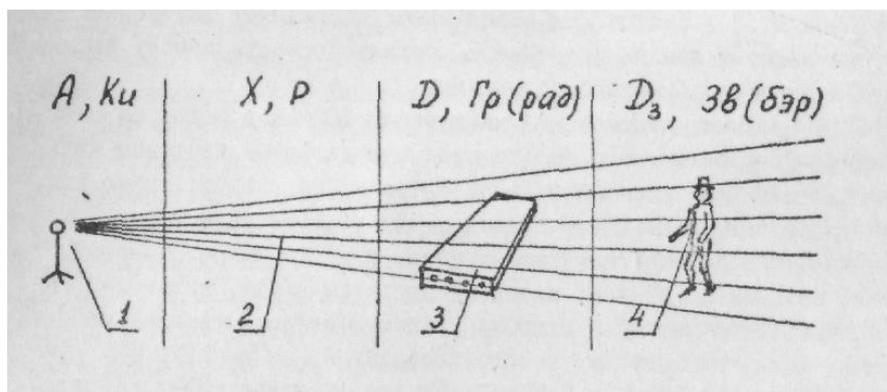


Рис. 4.6. Связь понятий поля, дозы, радиобиологического эффекта

Просуммировав индивидуальные $N_{эфф}$, полученные группой людей, приходим к коллективной эффективной эквивалентной дозе $N_{К.эфф}$, измеряемой в человеко-зивертах.

Так как многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся радиоактивными в отдаленном будущем, то $N_{К.эфф}$, которую получают многие поколения людей от какого-либо источника за все время его дальнейшего существования, называют ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой $N_{К.эфф 0}$.

Источники ионизирующего излучения.

Естественные источники.

Основную часть облучения население земного шара и все живое получают от естественных источников. Избежать такого облучения совершенно невозможно. Человек и животные подвергаются облучению внешнему (облучению снаружи) и внутреннему, когда радионуклиды попадают в организм из воздуха, воды, пищи, а также с дымом от сигареты. Доза облучения зависит от удаленности от мест залегания радиоактивных пород, от высоты нахождения над уровнем моря, от образа жизни (использование газа в быту, герметизация помещений, полеты на самолетах, работа в шахтах, рудниках), более 5/6 годовой $N_{эфф}$, получаемой населением, составляет внутреннее облучение за счёт земных источников, остальную часть вносят космические лучи путем внешнего облучения.

В среднем, человек получает около 180 мкЗв в год за счет калия-40, усваиваемого вместе с нерадиоактивным изотопом калия, необходимым для жизнедеятельности организма, значительную дозу получает от свинца-210 и полония-210 (радионуклиды урана-238), питаясь рыбой и другими дарами моря, а также мясом северных оленей, так как лишайники, которыми питаются олени, интенсивно накапливают оба изотопа. Наиболее весомый из естественных источников ионизирующего излучения - невидимый, не имеющий вкуса и запаха тяжелый газ (в 7,5 раз тяжелее воздуха) радон ответственный за 3/4 годовой $N_{эфф}$, получаемой от естественных источников. Основную часть дозы облучения от радона человек получает, находясь в

закрытом, непрветриваемом помещении, в котором концентрация его в 8 раз выше, чем снаружи. Этот газ просачивается через фундамент, пол, стены. Герметизация помещения с целью утепления только усугубляет концентрацию, так как затрудняет выход радона. Из строительных материалов особенно много радона выделяют гранит и пемза. Высокая концентрация радона в воде из артезианских скважин, в природном газе. Так что концентрация его в ванной комнате и на кухне может достигать больших значений.

Антропогенные источники.

за последние несколько десятилетий человек создал несколько сотен искусственных радионуклидов, стал использовать энергию атома в медицине, для создания атомного оружия, для производства энергии, обнаружения пожаров, для дефектоскопии, для всевозможных радиоактивных индикаторов, для изготовления светящихся циферблатов часов к поиска полезных ископаемых, для широкого класса электровакуумных приборов (кентроны, ЭЛТ, магнетроны, тиратроны, модуляторные и генераторные лампы), которые при напряжениях на электродах свыше 10-12 кВ становятся источниками неиспользуемого рентгеновского излучения (НРИ). НРИ возникает вследствие электронной бомбардировки электродов, теневых масок, экранов и других поверхностей. При напряжении от 5 до 60 кВ генерируется "мягкое" (длинноволновое) НРИ, при напряжении от 60 до 100 кВ - "средней жесткости", а при напряжении более 100 кВ - "жесткое" (коротковолновое), глубоко проникающее излучение.

Основной вклад в дозу, получаемую человека, вносят медицинская диагностика и некоторые методы лечения, применяющие рентгеновское облучение, компьютерную томографию, урографию. Поэтому каждый человек должен следить за тем, чтобы не подвергаться рентгенодиагностическим процедурам без особой необходимости.

Существенный вклад в радиационный фон вносят радиоактивные осадки при испытаниях ядерного оружия, при которых образуется около 200 видов радионуклидов, особенно опасных для всего живого: иод-131, сарокци⁻³⁰, цезий-137, тлеющие периоды полураспада 8 сут, 28 лет, 30 лет, проникающий в организм с пищей (молоком, мясом) и накапливающиеся в больших дозах в некоторых чувствительных органах.

АЭС при нормальной работе ядерных установок дают очень небольшие выбросы радионуклидов в окружающую среду. Но сама АЭС – это лишь часть топливного цикла, который начинается с добычи и обогащения урановой руды, а затем производства ядерного топлива. На каждой из этих стадий происходит загрязнение окружающей среды веществами с разными периодами полураспада. Доза облучения от реактора зависит от времени и расстояния до него. Проблему долговременного радиоактивного загрязнения

создают обогатительные фабрики огромными отходами, долгоживущими источниками облучения.

Очень высокие дозы (более 300 мЗв в год) получает персонал курортов, где применяются радоновые ванны. Часы со светящимся циферблатом дают годовую дозу, в 4 раза превышающую ту, обусловлена утечками на АЭС. Принцип действия многих детекторов дыма основан на использовании альфа-излучения. Источниками рентгеновского излучения являются цветные телевизоры, однако, при правильной настройке и эксплуатации дозы облучения ничтожны.

Нормирование излучения.

При радиоэкологическом нормировании, помимо решения задачи охраны биологических ресурсов нашей планеты, необходимо прежде всего обеспечить сохранность генофонда живых организмов в биосфере Земли, и прежде всего - человека, так как защита его от ионизирующих излучений - это к обеспечению радиационной безопасности самой среда, так как человек является самым радиочувствительным объектом в биосфере.

В соответствии с "Нормами радиационной безопасности" НРБ-76/78 и "Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источникам ионизирующих излучений" ОСП -72/80/87, для осуществления контроля за персоналом, непосредственно занятым работой с применением радиоактивных веществ, устанавливаются следующие измеряемые величины;

- Эквивалентная доза ионизирующего излучения;
- объемная активность (концентрация) радиоактивных аэрозолей и газов в рабочих помещениях;
- уровни загрязненности радионуклидами поверхностей помещений, оборудования; СИЗ и кожных покровов работающих.

Таблица 4.10

Области применения источников ионизирующего излучения и связанный с ними риск.

Источник	Цель, область применения	Риск
Рентгеновская диагностика	Сохранение здоровья	Генетические изменения, лейкемия и другие виды рака, сокращение жизни
Промышленная	Контроль качества изготовления изделий из металла (крылья самолётов и др.) с помощью рентгеновского излучения	То же
Цветное ТВ	Просвещение, информация, развлечение	То же
Ядерная энергетика	Низкая стоимость, малое загрязнение воздуха; опреснение воды; добыча электроэнергии, отопление	То же

Радиоизотопы	Совершенствование диагностики и лечебных процедур в медицине	То же
УФ излучение	Использование в технологии промышленных предприятий	Повреждение клеток кожи и органов зрения
Радиолокация	Навигация, оборона	Повреждение глаз (катаракта), генетические изменения
Печи с СВЧ нагревом	Приготовление пищи, улучшение условий работы	То же

Основные дозовые пределы устанавливаются для категорий А и В.

Категория А - персонал, т.е. лица, непосредственно работающие с источниками ионизирующих излучений.

Категория В - ограниченная часть населения, т.е. лица, непосредственно не занятые на работе с источниками ИИ, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и излучений, применяемых на соответствующих предприятиях и удаляемых в окружающую среду с отходами.

С учетом различной чувствительности отдельных органов человека к ионизирующим излучениям, они разделены на три группы (в порядке убывания чувствительности):

I - все тело, гонады, красный костный мозг;

II - кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы;

III - мышцы, жировая ткань, печень, почки, легкие, желудочно-кишечный тракт, хрусталик глаза и другие, не относящиеся к I и II группам.

В целях предупреждения соматических (телесных) и генетических последствий, ограничивают дозы внешнего и внутреннего облучения. Для каждой категории облучаемых лиц устанавливают три класса нормативов; основные дозовые пределы, допустимые уровни, рабочие контрольные уровни.

В качестве основных дозовых пределов в зависимости от группы критических органов, для категорий А устанавливается предельно допустимая доза за год (ПДД), а для категория В - предел дозы за год (ПД).

ПД - наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала (категория А) неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

ПД устанавливается меньше ПДД для предотвращения необоснованного облучения и контролируется по усреднённой для критической группы дозы.

Таблица 4.11

Предельно допустимые дозы излучений для категорий А и Б

Группа критических органов	Предельно допустимые дозы для категории А за год, Зв (бэр)	Предельно допустимые дозы для категории Б за год, Зв (бэр)
I	0,05(5)	0,005(0,05)
II	0,15(15)	0,015(0,15)
III	0,3(3)	0,03(3)

"Санитарными правилами работы с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения " и ГОСТ 12.2.006 - 83 установлены следующие нормы мощности экспозиционной дозы рентгеновского излучения:

- "для бытовой радиоэлектронной аппаратуры в любой точке на расстоянии 5 см от ее внешней поверхности - не выше $2,78 \cdot 10^{-2}$ мкР/с (100 мкР/ч)
- для электронных ламп (кенотроны и др.) в любой точке на расстоянии 5 см от корпуса аппарата - не выше 5,55 мкР/с (20 мкР/ч)
- для видеоконтрольных устройств рентгеновской установки на расстоянии 5 см от корпуса аппарата на стороне, обращенной к оператору - не выше 0,14 мкР/с (0,5 мкР/ч) и т.д. Для проверки конструкции радиоэлектронной аппаратуры проводят измерения в центре и не менее чем в четырех точках по периметру экрана при всех типовых режимах и с каждой стороны радиоэлектронной аппаратуры.

При работе с ионизирующими излучениями должен проводиться оперативный систематический контроль мощности дозы излучений, радиоактивной загрязненности одежды, оборудования, воды, воздуха, а также суммарной дозы облучения, осуществляемый специальной дозиметрической службой или специально выделенным лицом.

Для обнаружения и оценки ионизирующего излучения могут применяться ионизационный, фотографический, химический, сцинтилляционный и калориметрический методы контроля. Ионизационный метод оценки состоит в измерении тока ионизации, возникающего в ионизационной камере. Фотографический метод контроля состоит в определении степени потемнения фотоэмульсии. Химический метод основан на свойства некоторых растворов изменять цвет в зависимости от дозы облучения, при этом большему значению дозы облучения соответствует большая насыщенность цвета. Сцинтилляционный метод использует свойство люминесценции некоторых веществ от воздействия ионизирующего излучения. Калориметрический метод основан на явлении теплового эффекта при воздействии на вещество излучения.

По своему назначению приборы радиационного контроля разделяются на рентгенометры изменяющие экспозиционную дозу ИИ; радиометры, измеряющие плотность внешних потоков бета-частиц, нейтронов и др.; индивидуальные дозиметры, измеряющие индивидуальную экспозиционную или поглощенную дозу. Приборы могут быть стационарными или переносимыми.

Защита от ионизирующего излучения производственной и окружающей среды

Меры защиты предусматривают:

- требования к проектированию защиты от проникающих излучений;
- правила размещения предприятий с источниками ИИ;
- порядок получения, учета, хранения, перевозки источников ИИ;
- правила работы с открытыми и закрытыми источниками;
- устройство и эксплуатацию систем вентиляции, пылегазоочистки, отопления, водоснабжения, канализации.;
- организацию сбора, удаления и обезвреживания твердых и жидких радиоактивных отходов;
- содержание, дезактивацию рабочих помещений;
- индивидуальные защитные меры;
- устройство дозиметрических пунктов в санпропускниках, саншлюзах.

Основными принципами защиты от внешнего облучения являются: защита количеством - использование источников с минимально возможным выходом ионизирующего излучения; защита временем пребывания; защита расстоянием - обеспечение во время работ с ИИ максимального расстояния до рабочего места от источника, так как доза и ее мощность обратно пропорциональны квадрату расстояния; защита экранами - уменьшение интенсивности излучений с помощью экранов; защита с помощью средств индивидуальной защиты и радиопроекторов.

Для поглощения альфа-частиц достаточен слой воздуха или несколько миллиметров плотного вещества (отекло, алюминий и др.), так как они имеют небольшой пробег.

Экраны для защиты от бета-частиц изготавливают из материала с малым атомным номером во избежание образования тормозного излучения. Таким материалом может быть алюминий, стекло, плексиглас. Целесообразно делать двухсторонние экраны: изнутри материал с малым атомным номером, снаружи - с большим атомным номером для поглощения тормозного излучения.

Для защиты от рентгеновского и гамма-излучения применяют экраны из материалов с большим атомным номером (свинец, железо), В для стационарных защитных устройств - бетон, кирпич, вода, чугун, баритобетон и др. Толщина защитного слоя из свинца в мм, необходимого для ослабления мягких рентгеновских лучей до допустимой мощности для коэффициента кратности ослабления 10 и напряжений на аноде 30 В, 40 В, 50 В, 60 В, 70 В, 80 В, 100 В должна быть соответственно 0,1; 0,3; 0,4; 0,7; 1,0; 1,6; 1,9 мм.

Защита от нейтронов заключается в замедлении быстрых нейтронов с последующим поглощением замедленных нейтронов, при этом используется вода и водосодержащие материалы, парафин, а также графит, бериллий и др. Нейтроны малой энергии хорошо поглощаются бором, поэтому он вводится в бетон, резину и др. материалы.

К средствам индивидуальной защиты относятся халаты белые, нательное белье из бязи, комбинезоны, в аварийной ситуации -

пневмокостюмы, пластиковые бахилы, резиновые сапоги, перчатки, респиратор типа "Лепесток", пневмошлем.

Химические вещества, повышающие стойкость организма против облучения, и ослабляющие лучевую болезнь, называют радиопротекторами. К ним относятся цианид натрия, азиды, вещества с сульфогидными группам, чай пятиминутной заварки и др.

Для защиты от неиспользуемого рентгеновского излучения (НРИ), для уменьшения интенсивности его за пределами корпуса, необходимо изготовлять баллон прибора из стекла или керамики с повышенным содержанием тяжелых элементов (свинца, бария, стронция и др.); увеличить толщину баллона; экранировать первичное излучение внутренними деталями прибора; заменить стеклянный или керамический корпус прибора металлическим.

Экранирование применяют как для отдельных электровакуумных приборов, так и для всей аппаратуры или установки в целом. Для защиты от НРИ с энергией до 50 кэВ применяется сталь, свинец, а в отдельных случаях защита усиливается нанесением краски, содержащей свинец, на внутреннюю поверхность корпуса установки. Если энергия излучения превышает 50 кэВ, то экран из свинца барита, баритобетона, железобетона.

Эффективная энергия для высоковольтных электровакуумных приборов со стеклянными баллонами равна

$$E_{эфф} = 0,7 E_0$$

где E_0 граничная энергия НРИ, кэВ, численно равная максимальному напряжению на аноде этого прибора в кВ;

для приборов с керамическим или металлическим корпусом, за исключением кलिстронов в динамическом режиме:

$$E_{эфф} = E_0$$

для кलिстронов в динамическом режиме $E_{эфф}$ равно 1,1 - 1,3 E_0 ,

Смотровые окна камер, установок и приборов экранируются защитным стеклом в некоторых случаях достаточное ослабление может обеспечить обычное силикатное стекло толщиной от 6 до 8 мм.

Испытания, экспериментальные исследования приборов проводят в отдельных помещениях с обозначением границы зоны, в которой проводится наладка,

Чтобы исключить воздействие ионизирующего излучения на население, проживающее вблизи учреждений, устанавливают санитарно-защитные зоны, согласно " Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий".'

5. УТИЛИЗАЦИЯ И ЛИКВИДАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

5.1. Переработка твердых отходов.

В процессе производства образуется довольно большое количество твердых отходов: металлическая стружка, обрезки металла, пластмасс, обрезки провода и изолирующих материалов, мусор различного происхождения.

Там, где отходы однородны по своему составу, например, металлическая стружка и лом, возможна и целесообразна их переработка. Отходы литейного и керамического производства могут быть использованы при производстве строительных материалов. Возможна переработка и изготовление новых изделий из отходов термопластичных материалов: полиэтилена, полистирола и др.

Однако такую переработку целесообразнее производить на специальных предприятиях химической промышленности, а на радиотехническом предприятии ограничиться сбором и сортировкой этих отходов. Отходы терморезистивных пластмасс: гетинакса, текстолита, бакелита, карболита переработке путем переплавки не подлежат. Иногда их измельчают и добавляют при производстве других пластмасс, но чаще всего вывозят на свалки. Однако свалки, занимая и обезображивая большие территории, становятся бичом больших городов. Сжигание отходов пластмассового производства нежелательно с экологической точки зрения, так как при этом расходуется большое количество кислорода и выделяется много высокотоксичных продуктов (углеводороды, хлористый водород и др.). Наиболее рациональным способом ликвидации пластмассовых отходов вместе с древесными отходами, резиной и мусором является высокотемпературный нагрев без доступа воздуха (пиролиз). В результате пиролиза образуются ценные продукты: горючий газ, жидкая смола и пирокарбон, который используется для производства различных полимерных и строительных материалов.

Схема пиролизного реактора изображена на рис. 5.1. Перерабатываемые отходы через бункер 1 попадают сначала в зону сушки 2, а затем в зону пиролиза 4, где при температуре 1640 °С разлагаются с образованием горючего газа и водяных паров, которые выводятся через кольцеобразный отвод 3. Окончательная переработка отходов производится в зоне сгорания 5, куда подается кислород через коллектор 7. Продукты пиролиза выводятся через патрубок 6.

Серьезную проблему представляет утилизация отслужившей свой срок электронной аппаратуры. Ее демонтаж с целью повторного использования некоторых компонентов экономически нецелесообразен. Поэтому часто ее просто вывозят на свалку. Более правильным с экологической точки зрения представляется ее частичный демонтаж с разделением металлических и неметаллических компонентов и последующая переработка последних в установках пиролиза.

5.2. Утилизация и захоронение сточных вод.

После очистки сточных вод на очистных сооружениях скапливаются осадки, которые представляют водные суспензии самых разнообразных веществ. Эти суспензии содержат 90-99 % воды, поэтому первым этапом их переработки перед утилизацией или ликвидацией должно быть уплотнение или обезвоживание.

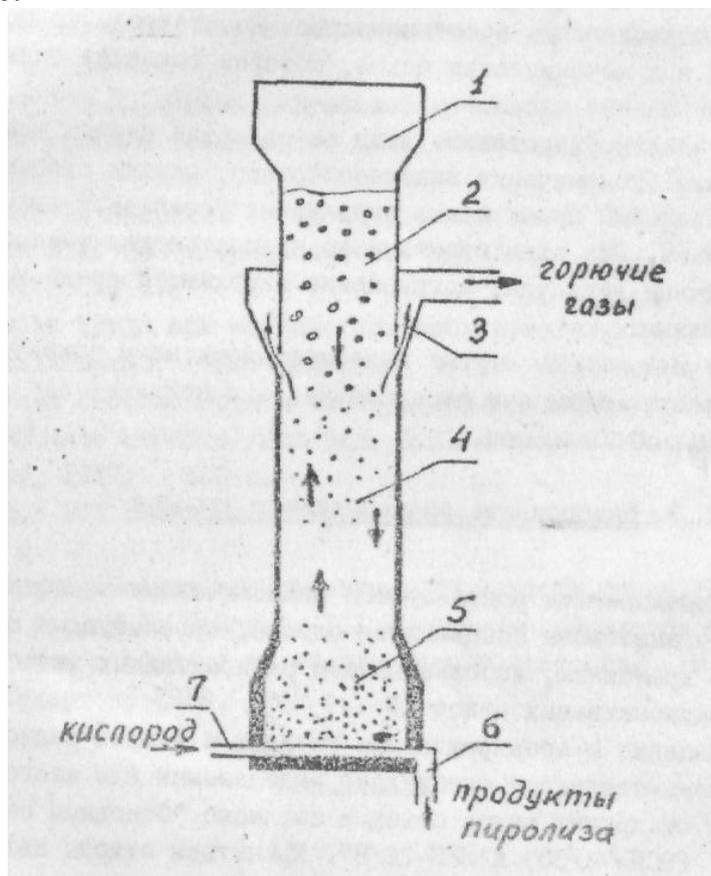


Рис. 5.1 Схема установки для высокотемпературного пиролиза

Наиболее распространенными способами уплотнения являются гравитационный, осуществляемый в отстойниках, центрифугах, циклонах, и флотационный, который производится в установках напорной флотации.

Дальнейшее обезвоживание происходит или путем естественной сушки на иловых площадках, или термическим путем в специальных печах.

Способы утилизации обезвоженных осадков сточных вод зависят от их состава. Например, сточные воды гальванических цехов содержат соли ценных металлов, серебра, хрома, кадмия, цинка и других. Такие осадки направляют на восстановление. Восстановлению подлежат осадки сточных вод механических цехов, которые содержат большое количество минеральных масел.

В том случае, когда сточные воды не содержат ценных веществ или их выделение экономически нецелесообразно, осадки сточных вод сжигают в специальных печах или в пиролизных установках вместе с твердыми отходами. При этом практически полностью уничтожаются ядовитые токсичные вещества; загрязнение окружающей среды получается минимальным.

В тех случаях, когда отходы содержат ядовитые и токсичные вещества, не разрушающие при переработке, они подлежат захоронению на специальных полигонах.

5.3. Захоронение радиоактивных отходов

Если на предприятии используются радиоактивные вещества, то должна быть организована специальная служба, организующая надзор за правильным хранением, использованием радиоактивных веществ и ликвидацией радиоактивных отходов.

Сбор, удаление и обезвреживание твердых и жидких радиоактивных отходов осуществляется специально выделенными для этого лицами отдельно от других видов отходов согласно "Основным санитарным правилам" и НРБ-96. Храниться отходы должны в специальных сборниках-контейнерах с соблюдением необходимых мер безопасности. Мощность дозы излучения на расстоянии 1 м от сборника с радиоактивными отходами не должна превышать 10 мбэр/год.

Транспортировка радиоактивных отходов должна производиться в специальных автомобилях с определенной окраской: от белой с одной красной чертой до желтой с четырьмя красными полосами. Мощность дозы с наружной стороны автомобиля не должна превышать 2,8 мбэр/год, а в кабине водителя - 2,8 мбэр/год. Автомшины и сменные сборники, после каждого рейса должны дезактивироваться. Захоронение радиоактивных отходов производится на специальных полигонах под землей между водоупорными слоями, в соляных шахтах и заброшенных штольнях.