

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ»

4.1. Цель работы

Ознакомление с основными сведениями о вредных веществах, применяемых в промышленности и их воздействии на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования концентрации вредных веществ в воздухе производственных помещений и рабочей зоны. Освоение методов и способов измерения концентрации вредных веществ в воздухе и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки содержания вредных веществ в воздухе и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

4.2. Общие сведения

Вредные вещества - вещества, отрицательно воздействующие на организм человека и вызывающие нарушение процессов нормальной жизнедеятельности. Результатом воздействия вредных веществ могут явиться острые или хронические отравления работающих.

Вредные вещества могут проникать в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожу, а также через слизистые оболочки глаз. Выведение вредных веществ из организма происходит через легкие, почки, желудочно-кишечный тракт и кожу.

Токсический эффект вредных веществ зависит от ряда факторов: пола и возраста работающих, индивидуальной чувствительности организма, характера и тяжести выполняемой работы, метеорологических условий производства и др. Некоторые вредные вещества могут оказывать вредное влияние на организм человека не в момент их воздействия, а по прошествии многих лет и даже десятилетий (отдаленные последствия). Проявление этих влияний может отразиться и на потомстве. Такими отрицательными эффектами являются гонадотропное, эмбриотоксическое, канцерогенное, мутагенное действия.

Несмотря широкое внедрение малоопасных веществ и материалов, вредные вещества продолжают использоваться в современном экономическом хозяйстве.

4.3. Нормативные требования

Все вредные вещества подразделяются по опасности на четыре класса: 1-й - чрезвычайно опасные; 2-й - высокоопасные; 3-й - умеренно опасные; 4-й - малоопасные.

Класс опасности вещества устанавливают по совокупности параметров, указанных в табл.4.1.

Отнесение вещества к классу опасности выполняют по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности. Для большинства веществ таким параметром является предельно допустимая концентрация (ПДК).

Таблица 4.1

Классификация веществ по степени воздействия на человека

Наименование показателей	Норма для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	< 0,1	0,1 ... 1,0	1,1 ... 10,0	>10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	<15	15 ... 150	151 ... 5000	>5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	<100	100 ... 500	501 ... 2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	<500	500 ... 5000	5001-50000	>50000
Коэффициент возможного ингаляционно-го отравления (КВИО)	>300	300 ... 30	29 ... 3	<3
Зона острого действия	<6,0	6,0 ... 18,0	18,1 ... 54,0	>54
Зона хронического действия	>10,0	10,0 ... 5,0	4,9 ... 2,5	<2,5

ПДК – такая концентрация вредного вещества в мг/м³, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Для производственной среды различают ПДК максимально разовые рабочей зоны (ПДК_{мр.рз}) и ПДК среднесменные рабочей зоны (ПДК_{сс. рз}).

Максимально разовая ПДК – это содержание вещества в зоне дыхания работника, усредненное периодом кратковременного отбора проб (15-30 мин); фактически - это характеристика безопасности вещества для данного момента с учетом установленного метода отбора проб и его длительности. Максимально разовая концентрация всегда служила и служит в основном для инспекторских целей, давая возможность оценить степень надежности и упорядоченности того или иного технологического процесса, но не дает полного ответа на вопрос о мере воздействия вредного химического вещества на человека. Исключение могут составить особо опасные вещества острого и остронаправленного действия, где ожидаемый эффект в значительной степени определяется имеющей место величиной максимально разовой концентрации.

Среднесменная допустимая ПДК вредного вещества – это средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени, равном не менее 75% продолжительности рабочей смены. Эта величина устанавливает безопасный уровень вредного вещества, распространяясь на всю продолжительность рабочей смены. Следует подчеркнуть, что для веществ, обладающих остронаправленным действием (раздражающим и др.), устанавливается только максимально разовая ПДК.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), используемых при проекти-

ровании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции и, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

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

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждой из них ($K_1, K_2, \dots K_n$) в воздухе помещений к их ПДК (ПДК₁, ПДК₂, ... ПДК_n) по ГОСТ [1] не должна превышать единицы.

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1. \quad (4.1)$$

4.4. Измерение концентрации вредных веществ

Для измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей применяют газоанализаторы.

По принципу действия газоанализаторы могут быть разделены на следующие группы:

1. Абсорбционные газоанализаторы, в которых компоненты газовой смеси последовательно поглощаются различными реагентами.
2. Объёмно-манометрические газоанализаторы, которые определяют изменение параметров газовой смеси, происходящие в результате химических реакций.
3. Газоанализаторы, принцип работы которых основан на физико-химических методах анализа (термохимические, электрохимические, хроматографические и пр.).
4. Газоанализаторы, работающие на чисто физических методах анализа (термокондуктометрические, денсиметрические, магнитные, оптические и др.).

На данный момент наиболее распространены термо- и электрохимические и оптические газоанализаторы.

Каждый газоанализатор предназначен для измерения концентрации только определенных компонентов на фоне конкретной газовой смеси в нормированных условиях. Однако принцип действия и конструктивные особенности многих типов газоанализаторов позволяют компоновать их в многофункциональные мультигазовые системы, позволяющие осуществлять одновременный контроль концентраций нескольких веществ и имеющие множество дополнительных функций.

4.5. Экспериментальная часть

4.5.1. Задание по работе

Исходные данные для выполнения работы согласно номеру варианта, который задает преподаватель, принимают по табл. 4.2.

Таблица 4.2

Исходные данные

Вариант	Вид вещества	Начало смены, мин	Загрузка сырья, мин	Работа оборудования, мин	Регулировка оборудования, мин	Загрузка сырья, мин	Вспомогательные работы, мин	Визуальный контроль, мин
1	Азота диоксид	70	40	35	75	70	50	40
2	Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	70	65	35	50	50	50	40
3	Акролеин	20	30	60	20	30	30	50
4	Бензол ⁺	50	30	30	20	20	30	60
5	Кислота азотная ⁺	30	50	60	30	20	30	20
6	Керосин (в пересчете на С)	40	50	50	35	50	65	70
7	Кислота уксусная ⁺	35	75	70	40	50	70	40
8	Ксилол	50	30	30	20	30	40	20
9	Толуол	70	65	35	50	50	50	40
10	Спирт этиловый	60	50	50	35	50	75	50

4.5.2. Приборы и материалы

При выполнении лабораторной работы используется мультигазовый переносной газоанализатор Комета.

Газоанализатор (рис. 4.1) предназначен для контроля опасных концентраций горючих, токсичных газов и кислорода в атмосфере рабочих зон промышленных объектов, на рабочих местах, в системах коммуникаций, и для оповещения об опасных уровнях концентрации. Газоанализатор Комета также может использоваться в качестве течеискателя.

Доступ воздуха на газочувствительные сенсоры осуществляется путем естественной диффузии через специальные отверстия в корпусе прибора

Функции прибора включают автоматический контроль с отображением цифровых значений концентрации газов в атмосфере; оптическое (светодиоды) и акустическое (сирена) оповещение об опасных уровнях концентраций.

Технические характеристики прибора указаны в таблице 4.3.



Рис. 4.1. Газоанализатор Комета

Таблица 4.3

Технические характеристики газоанализатора Комета

Характеристики	Значения
Относительная погрешность измерения по горючим и токсичным газам в нормальных условиях (δ), %	25
Погрешность измерения по кислороду при нормальных условиях:	
- в диапазоне (12 - 30) % об., абсолютная погрешность (Δ), % об.	$\pm 0,5$
- в диапазоне (0,1 - 12) % об., относительная погрешность (δ), %	25
Габаритные размеры (с чехлом), мм, не более	170×80×85
Масса, г, не более	700
Рабочий диапазон температур, °C:	
- холодоустойчивое исполнение	от -30 до +50
- исполнение для нормальных условий	от -20 до +40
Рабочий диапазон относительной влажности, %	30 ... 95
Режим установки «0»:	
- автокалибровка	есть
- принудительная калибровка	есть
Периодичность поверки	не реже 1 раза в 12 мес.

4.5.3. Порядок выполнения работы

Измерение концентрации производится с помощью электрохимического детектора. В газоанализаторе используется диффузионный отбор пробы воздуха. Текущее значение выводится на электронный дисплей прибора. Встроенная включаемая подсветка позволяет считывать показания. Кроме того, прибор оснащен звуковой, световой и вибросигнализацией превышения измеряемой концентрации порогового значения (недостатка или избытка кислорода).

Результаты замеров и вычислений заносят в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Результаты замеров и вычислений концентрации

Наименование вещества	Основные стадии технологического процесса	Продолжительность, мин, t_n	K_1 , мг/м ³	K_2 , мг/м ³	K_3 , мг/м ³	K_n , мг/м ³	K_n^t
	Начало смены						
	Загрузка сырья						
	Работа оборудования, снятие готовых изделий, контроль за работой оборудования						
	Регулировка оборудования						
	Загрузка сырья						
	Визуальный контроль						
	Снятие готовых изделий						

Содержание вещества в 3-х точках определяют по формуле:

$$K_n = (K_1 + K_2 + K_3) / n, \text{ мг/м}^3 \quad (4.2)$$

где K_1, K_2, K_3 – концентрация вредного вещества в точке замера, мг/м³;
 n – количество точек отбора проб.

Произведение разовых измерений концентраций вредного вещества на время выполнения операции определяется по формуле:

$$K_n^t = K_n \cdot t_n, \text{ мг*мин/м}^3 \quad (4.3)$$

Сумма произведений всех результатов разовых измерений концентраций на время выполнения операции (стадии техпроцесса) равна:

$$P_{\text{конц}} = K_n^{t1} + K_n^{t2} + K_n^{tn}, \text{ мг*мин/м}^3 \quad (4.4)$$

Среднесменная концентрация вредных веществ определяется по формуле

$$K_{\text{сс}} = P_{\text{конц}} / T, \text{ мг/м}^3 \quad (4.5)$$

где T – общее время рабочей смены (без учета времени перерывов), мин.

Таблица 4.5

Характеристики веществ, применяемых в лабораторной работе

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Действие на организм
Азота диоксид	2	п	III	0
Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5	п	III	0
Акролеин	0,2	п	II	
Бензол ⁺	15/5	п	II	К
Кислота азотная ⁺	2	а	III	
Керосин (в пересчете на С)	300	п	IV	
Кислота уксусная ⁺	5	п	III	
Ксилол	50	п	III	
Толуол	50	п	III	
Спирт этиловый	1000	п	IV	

Результаты экспериментальных исследований и нормативные параметры вносятся в таблицу 4.6. Характеристики веществ, применяемых в лабораторной работе выбираются в соответствии с вариантом из табл. 4.5.

Таблица 4.6

Результаты измерений и выводы по работе

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	Время рабочей смены Т, мин	Сумма произведений всех разовых результатов Р _{конц} , мг/м ³	Среднесменная концентрация вредных веществ, К _{сс} , мг/м ³

4.5.4. Оценка результатов измерений и выводы по работе

В выводах по работе следует сделать заключение о соответствии замеренного параметра нормативным значениям.

4.6. Мероприятия обеспечению безопасности работ с вредными веществами

Мероприятия по обеспечению безопасности работ при контакте с вредными веществами подразделяются на общие и индивидуальные.

Применение тех или иных средств нейтрализации или предупреждения воздействия вредных веществ проводится после тщательного анализа воздуха. Анализ воздуха дает возможность изучить санитарно-гигиенические условия труда, выяснить и устранить причины попадания в воздух ядовитых веществ в концентрациях, превышающих допустимые нормы, определить концентрации ядовитых веществ на рабочих местах, эффективность и герметичность применяемой аппаратуры.

К общим мероприятиям по предупреждению загрязнения воздушной среды на производстве относятся: архитектурно-проектные и планировочные решения; назначение санитарно-защитных зон при проектировании и застройке объектов; усовершенствование технологического оборудования и технологических процессов. В проектных решениях заданий и сооружений должны быть предусмотрены технические средства, исключающие содержание в воздухе зданий и рабочих зон вредных газов и паров и образование застойных зон. При правильной планировке технологического комплекса предприятия располагается так, чтобы вредные выделения из одного цеха не попадали в другой. Поэтому технологические установки на открытых площадках и производственные здания с вредными выделениями размещают с подветренной стороны по отношению к другим цехам. Расстояние между отдельными корпусами должно быть не менее полусуммы высот противостоящих зданий и не менее 15м.

Технические и организационные мероприятия включают:

- изъятие вредных и особо токсичных веществ из технологических процессов, замена вредных веществ на менее вредные (замена красителей, растворителей, пигментов и т.д. на менее опасные);
- соблюдение правил хранения, транспортирования и применения ядовитых веществ. Токсичные вещества необходимо хранить в отдельных, закрытых, хорошо вентилируемых складских помещениях, удаленных от жилых домов, столовых, водоемов, колодцев, а также от рабочих мест. В складах обязательно необходимо вывешивать предупредительные надписи. Допуск на склад хранения токсических веществ посторонних лиц запрещен;
- эффективной мерой снижения выделения вредностей в рабочей зоне являются: усовершенствование технологического оборудования, применение замкнутых технологических циклов, непрерывных транспортных потоков, применение мокрых способов переработки сырьевых пылящих материалов;
- обязательным требованием является герметизация оборудования. Однако полная герметизация не всегда возможна из-за наличия рабочих отверстий. Наиболее эффективным является, в этом случае, аспирация агрегатов с осуществлением отсоса из-под укрытия. Конструкции таких отсосов разнообразны: вытяжные шкафы, вытяжные зонты, бортовые отсосы с искусственной или механической тягой;
- применение дистанционного управления технологическими процессами с герметизацией рабочего места оператора, применение механизации и автоматизации производственных процессов (исключающие присутствие в рабочей зоне людей);
- систематическая уборка помещений;
- вентиляция производственных помещений и применение специальных аспирационных установок;
- постоянный контроль над содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- проведение медицинских осмотров работающих, профилактическое питание, соблюдение правил промсанитарии и гигиены труда.

4.7. Контрольные вопросы

1. Что такое рабочая зона?
2. Что такое вредные вещества?
3. Что такое максимально разовая концентрация и назовите единицы измерения?
4. Что такое среднесменная концентрация вредного вещества? Назовите единицы измерения.
5. В чем заключается токсический эффект вредных веществ ?
6. Назовите прибор для измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, принцип его работы?
7. Какими нормативными документами определяются ПДК для вредных веществ?
8. Мероприятия по обеспечению безопасности работ при контакте с вредными веществами