

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра метрологии, приборостроения  
и управления качеством**

## **ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Методические указания к практическим занятиям  
для студентов бакалавриата направления 12.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2020**

УДК 504.064.3 (073)

**ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ:** Методические указания к практическим занятиям. Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.В. Кондратьев, М.В. Волжодаева*. СПб, 2020. 22 с.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения, порядок выполнения практической работы, в них изложены основные ее цели, задачи, структура и правила составления отчета, требования к его оформлению.

Методические указания предназначены для студентов бакалавриата направления 12.03.01 «Приборостроение».

Научный редактор доц. *Э.А. Кремчев*

Рецензент *О.П. Пудовкин* (ООО «ПК МР-Автоматика»)

## **Цель и задачи работы:**

1. Ознакомиться с методами измерения воздействия вредных веществ на атмосферу

2. Научиться производить оценку воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе

я

## **1. Теоретические основы практической работы**

### **1.1. Введение**

Для обеспечения жизнедеятельности человека необходима воздушная среда определённого качественного и количественного состава. Нормальный газовый состав воздуха следующий (об. %): азот – 78,02; кислород – 20,95; углекислый газ – 0,03; аргон, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водород – суммарно до 0,94. В реальном воздухе, кроме того, содержатся различные примеси (пыль, газы, пары), оказывающие вредное воздействие на организм человека. Например, содержание водяного пара меняется от 0 в сухом воздухе до 4 во влажном воздухе. Основная масса водяных паров содержится в нижних слоях атмосферы, в стратосфере они практически отсутствуют. Примесями атмосферного воздуха природного происхождения, образующиеся в результате химических и биологических процессов, являются такие газообразные вещества как аммиак, оксиды азота, метан, сероводород и др. Пылевые частицы от промышленных и природных источников также оказываются весьма существенным компонентом воздуха, хотя обычно они присутствуют в относительно небольших количествах. Природными источниками пыли являются действующие вулканы, ветровая эрозия почв, биологические процессы, лесные пожары, выносы с поверхностей морей и океанов, а также космическая пыль.

Все другие соединения, изменяющие естественный состав атмосферы, попадающие в воздух из различных источников (в основном антропогенного происхождения) классифицируются как загрязнители. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются промышленность (производство энергии, черная и цветная металлургия, химическая и нефтехимическая промышленность, предприятия по производству строительных материалов, горнодобывающая промышленность) и транспорт.

В зависимости от источника и механизма образования различают **первичные** и **вторичные загрязнители воздуха**. Первичные представляют собой химические вещества, попадающие непосредственно в воздух из стационарных или подвижных источников. Вторичные образуются в результате взаимодействия в атмосфере первичных загрязнителей между собой и с присутствующими в воздухе веществами (кислород, озон, аммиак, вода) под действием ультрафиолетового излучения. Часто вторичные загрязнители, например, вещества группы пероксиацетилнитратов (ПАН), гораздо токсичнее первичных загрязнителей воздуха. Большая часть присутствующих в воздухе твёрдых частиц и аэрозолей является вторичными загрязнителями.

С учётом токсичности и потенциальной опасности загрязнителей, их распространенности и источников эмиссии они были разделены условно на несколько групп:

- 1) **основные (критериальные)** загрязнители атмосферы – оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды, твёрдые частицы и фотохимические оксиданты;
- 2) **полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)**;
- 3) **следы элементов** (в основном металлы);
- 4) **постоянные газы** (диоксид углерода, фторхлорметаны и др.);
- 5) **пестициды**;
- 6) **абразивные твёрдые частицы** (кварц, асбест и др.);
- 7) **разнообразные загрязнители**, оказывающие многостороннее действие на организм (нитрозамины, озон, полихлорированные бифенилы (ПХБ), сульфаты, нитраты, альдегиды, кетоны и др.).

## 1.2. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ

Для сохранения чистоты атмосферы необходим тщательный и действенный контроль степени загрязнения воздуха. **Степень загрязнения атмосферного воздуха** сильно колеблется во времени и пространстве и определяется следующими факторами:

- особенностями источников эмиссии загрязнителей (тип источника, природа и свойства загрязняющих воздух веществ, объём выброса);

- влиянием метеорологических и топографических факторов (направление и скорость ветра, температурные инверсии, атмосферное давление, влажность воздуха, рельеф местности и расстояние до источника загрязнения).

Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т.д.) в воздухе проводят по **предельно допустимым концентрациям (ПДК)**. ПДК – максимальная концентрация вредных веществ в воздухе, отнесённая к определённому времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия (включая отдалённые последствия). Наличие стандартов качества воздуха позволяет направлять усилия по оздоровлению атмосферного воздуха более рационально, т.е. на мероприятия в тех регионах, где уровень загрязнений воздуха превышает ПДК.

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населённых мест нормируют по списку Минздрава № 3086 – 84 (1,3), а для воздуха рабочей зоны производственных помещений – по ГОСТ 12.1.005.88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых пунктов нормируют по максимально разовой и среднесуточной концентрации примесей. Для санитарной оценки воздушной среды используют следующие виды предельно допустимых концентраций:

- **ПДК<sub>рз</sub>** – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, выражаемая в мг/м<sup>3</sup> (в воздухе рабочей зоны определяют **ПДК<sub>мр.рз</sub>** и **ПДК<sub>сс.рз</sub>**);

- **ПДК<sub>мр.рз</sub>** – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (мг/м<sup>3</sup>);

- **ПДК<sub>сс.рз</sub>** – среднесменная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (мг/м<sup>3</sup>);

- **ПДК<sub>мп</sub>** – предельно допустимая концентрация вредного вещества на территории промышленного предприятия (обычно принимается  $\text{ПДК}_{\text{мп}} = 0,3 \text{ ПДК}_{\text{рз}}$ );

- **ОБУВ** – ориентировочно безопасные уровни воздействия

(для химических веществ, на которые ПДК не установлены, должны пересматриваться через каждые два года с учётом накопления данных о здоровье работающих или заменяться ПДК);

- **ВДК<sub>рз</sub>** – временно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны (временный отраслевой норматив на 2–3 года);

- **ОДК<sub>рз</sub>** – ориентировочно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны;

- **ПДК<sub>нп</sub>** – предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе населённого пункта (в воздухе населённых мест определяют ПДК<sub>мр</sub> и ПДК<sub>сс</sub>);

- **ПДК<sub>мр</sub>** – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест (мг/м<sup>3</sup>);

- **ПДК<sub>сс</sub>** – среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест (мг/м<sup>3</sup>);

- **ПДК<sub>max</sub>** – основная характеристика опасности вредного вещества, которая установлена для предупреждения возникновения рефлекторных реакций человека (ощущение запаха, световая чувствительность и др.) при кратковременном воздействии (не более 30 мин.);

- **ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны** – это такая концентрация, которая при ежедневном воздействии (но не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований, в период работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

При установлении ПДК<sub>рз</sub> и ПДК<sub>нп</sub> учитывается различный характер воздействия вещества на человека в условиях производства и в населённом месте. При определении воздействия вещества в рабочей зоне находятся практически здоровые, взрослые люди, и время воздействия ограничено протяжённостью рабочего дня и рабочим стажем. При определении же ПДК<sub>нп</sub> учёту подлежат иные факторы; принимается во внимание, что вещество воздействует круглосуточно и в течение всей жизни на всех людей (взрослых и детей, здоровых и больных). Поэтому для одного и того же загрязнителя

ПДК<sub>рз</sub> в десятки и даже сотни раз выше, чем ПДК<sub>нп</sub>.

ПДК, как правило, устанавливают на уровне в 2-3 раза более низком, чем порог хронического действия, при этом учитывают возможность ингаляционного отравления, проникновения яда через неповрежденную кожу, его накопления в организме. Классификация вредных веществ по степени опасности зависит от показателей токсичности веществ и включает в себя четыре класса:

1) **чрезвычайно опасные вещества**, для которых ПДК < 0,1 мг/м<sup>3</sup>, например, свинец и ртуть имеют ПДК = 0,01 мг/м<sup>3</sup>;

2) **высокоопасные вещества**, ПДК = 0,1...1,0 мг/м<sup>3</sup>, например, ПДК марганца 0,3 мг/м<sup>3</sup>. К ним также относится NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HNO<sub>3</sub>;

3) **умеренноопасные вещества**, ПДК = 1,0...10 мг/м<sup>3</sup>, например, азота диоксид ПДК = 2 мг/м<sup>3</sup>. К ним также относится пыль неорганическая, сажа, SO<sub>2</sub>;

4) **малоопасные вещества**, ПДК > 10 мг/м<sup>3</sup>, например, угарный газ имеет ПДК = 20 мг/м<sup>3</sup>. К ним также относится бензин, СО.

Схематично классификация ПДК вредных веществ в воздушной среде показана на рис. 1:

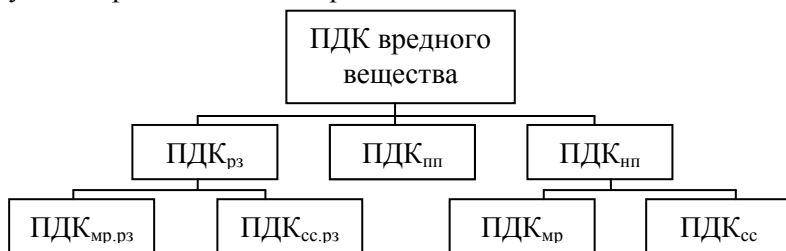


Рис. 1. Классификация вредных веществ в воздушной среде

При одновременном присутствии нескольких загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации, их безразмерная концентрация  $X$  не должна превышать единицу:

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 \quad (1)$$

Чем больше кратность превышения ПДК, тем хуже качество воздуха. Чем выше безразмерный показатель  $X$  для веществ с аддитивными действиями, тем хуже качество воздуха.

На практике в воздухе имеется, как правило, несколько загрязняющих веществ. Поэтому для оценки качества воздуха применяется комплексный показатель  $I$  – **индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)**, который равен сумме нормированных по ПДК и приведённых к концентрации диоксида серы средних содержаний загрязняющих веществ.

Для одного вещества:

$$I = \left( \frac{\bar{c}}{\text{ПДК}_{\text{сс}}} \right)^k, \quad (2)$$

где  $\bar{c}$  – средняя за год концентрация, мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> – среднесуточная ПДК, мг/м<sup>3</sup>, в случае отсутствия вместо нее принимается ПДК<sub>мр</sub> или ОБУВ;  $k = 1,7$  (класс опасности 1);  $k = 1,3$  (класс опасности 2);  $k = 1,0$  (класс опасности 3);  $k = 0,9$  (класс опасности 4).

Таблица 1

Класс экологического загрязнения атмосферы	$I$
Норма	< 5
Риск	5 – 8
Кризис	8 – 15
Бедствие	> 15

Классы экологического состояния атмосферы определяют по четырёхбальной шкале (таблица 1), где класс нормы соответствует уровню загрязнения ниже среднего по шкале, класс риска равен среднему уровню, класс кризиса выше среднего уровня. Ранжирование экологического состояния атмосферы по классам осуществляется через расчёт комплексного индекса загрязнения атмосферы.

В Российской Федерации осуществляется постоянный санитарный контроль за соблюдением ПДК токсичных веществ в воздухе рабочей зоны и атмосфере и предельно допустимых выбросов (ПДВ) промышленных предприятий, проводимые химиками санитарно-эпидемиологических станций (СЭС) и санитарно-гигиенических лабораторий промышленных предприятий.

### 1.3. Оборудование и методики отбора проб

Процедура отбора проб воздушной среды, в общем случае, включает создание потока воздуха через пробоотборное устройство



(с помощью побудителей расхода), измерение расхода воздуха (расходомеры), фиксацию анализируемых ингредиентов пробы внутри пробоотборного устройства.

Для удобства отбора проб в производственных условиях широко применяют аспирационные устройства, включающие побудитель расхода, расходомерное устройство, позволяющие отбирать вещества в различном агрегатном состоянии. Аспирационные устройства подразделяют в зависимости от следующих факторов:

- 1) расхода воздуха – на малорасходные и высокорасходные;
- 2) источника энергии – на сетевые, аккумуляторные, универсальные и ручные;
- 3) объекта отбора проб – на устройства для газовых и аэродисперсных примесей;
- 4) степени автоматизации программы работ – на аспираторы ручного управления, при использовании которых начало и режим отбора пробы фиксируются оператором; полуавтоматические, работа которых прекращается по достижении заданного времени или объема пропущенного воздуха; работающие без вмешательства оператора;
- 5) количества одновременно отбираемых проб – на одноканальные и многоканальные;
- 6) условий эксплуатации – на стационарные, переносные, а также индивидуальные пробоотборники.

Для создания потока воздуха через пробоотборные устройства используются ручные и водяные аспираторы, а также различные типы электромеханических аспираторов. Среди ручных аспираторов весьма распространены пружинные мхи с известным объемом, резиновые груши, ручные насосы (поршневые и беспоршневые), откалброванные шприцы различной вместимостью, газовые пипетки. В качестве водяных аспираторов обычно используют специальные соизмеренные стеклянные ёмкости, заполненные водой, выполняющие роль рабочего тела.

В электромеханических аспирационных устройствах для отбора проб воздуха рабочей зоны используют **ротационные воздуходувки** и **диафрагменные насосы**. Ротационные воздуходувки отличаются малыми габаритами и массой, которые меньше, чем у анало-

гичных поршневых насосов. В корпусе воздуходувки вращается ротор со вставленными в пазы лопастями, которые при вращении ротора прижимаются к внутренним стенкам корпуса и обеспечивают всасывание воздуха. Применение ротационных воздуходувок весьма ограничено в связи со сложностью регулирования производительности в широких пределах, кроме того, они создают сильный шум при работе.

Простыми и экономичными побудителями расхода воздуха являются **диафрагменные насосы**. В простейшем виде такой насос подобен поршневому насосу, в котором поршень заменён пульсирующей диафрагмой. Единственными движущимися деталями, находящимися в соприкосновении с перекачиваемой средой, являются диафрагма и клапаны. В связи с простой конструкцией и отсутствием быстроизнашивающихся деталей диафрагменные насосы наиболее надёжны в эксплуатации. По основным технико-экономическим показателям (масса, рабочее давление, производительность) диафрагменные насосы превосходят широко распространённые плунжерные и поршневые насосы или равноценные. Кроме того они дешевле.

Диафрагменные насосы более долговечны в эксплуатации, так как срок службы диафрагм намного превышает эксплуатационные данные уплотняющих элементов поршневых насосов.

Расходом вещества обычно называют массу или объём вещества, проходящие через определённое сечение канала в единицу времени. Приборы или комплекты приборов, определяющие расход вещества в единицу времени, называют **расходомерами**. Расходомер может быть снабжен счётчиком, показывающим массу или объём вещества, прошедшего через прибор за какой-либо промежуток времени. В зависимости от принципа действия расходомеры бывают переменного перепада давления и постоянного перепада давления.

В основу принципа действия **расходомеров переменного перепада давления**, положено измерение перепада давления на местном сужении (сопротивлении), введённом в поток. При протекании вещества через сужение средняя скорость потока увеличивается, и часть потенциальной энергии давления переходит в кинетическую энергию. В результате статическое давление потока после сужения

уменьшается, т.е. возникает перепад давления. Если измерить давление до сужения и непосредственно за ним, то разность давлений будет зависеть от скорости потока, а, следовательно, и от расхода.

В комплект расходомера переменного перепада давления входят сужающее устройство, дифференциальный манометр (дифманометр) и вторичный прибор для передачи результатов на расстояние. В качестве сужающих устройств применяют нормальные диафрагмы, сопла и трубы Вентури, сегментные диафрагмы и др. Дифманометры, предназначенные для измерения расхода, делятся по принципу действия на *поплавковые, колокольные, мембранные, сильфонные, кольцевые* и др.

Принцип действия расходомеров *постоянного перепада давления* основан на зависимости от расхода вещества вертикального перемещения тела (поплавка), изменяющего при этом площадь проходного отверстия прибора так, что перепад давления по обе стороны поплавка остаётся постоянным. Из этого типа расходомеров наибольшее распространение получили ротаметры и поплавковые расходомеры. *Ротаметры* – расходомеры с поплавком, перемещающимся вдоль длинной конической трубы. При изменении положения поплавок проходное сечение между ним и внутренней стенкой конической трубки изменяется, что ведёт к изменению скорости потока в проходном сечении, а следовательно, к изменению перепада давления на поплавок. Перемещение поплавка продолжается до тех пор, пока перепад давлений не станет равным массе поплавка. Каждому значению расхода среды, проходящему через ротаметр при определённой плотности и кинематической вязкости, соответствует вполне определённое положение поплавка.

Для поплавковых расходомеров характерен поплавок обычной конической формы, перемещающийся внутри отверстия. Их характерными особенностями являются дистанционная (электрическая или пневматическая) передача положения поплавка, незначительный ход поплавка, обычно не превосходящий его диаметр. Кроме того, к наиболее распространённым расходомерам относятся газовые счётчики («газовые часы»), обеспечивающие наибольшую точность измерения. Погрешность измерения объёма пропущенного воздуха для газового барабанного счетчика ГСБ-4 не превышает 1 %.

Фиксация анализируемых ингредиентов пробы внутри пробоотборного устройства производится чаще всего с использованием методов обогащения (концентрирования) определяемых веществ, которые различаются при анализе аэрозолей и при анализе газо- и паробразных примесей. Основным методом концентрирования проб при анализе аэрозолей являются механическая фильтрация воздушного потока через инерционные преграды (аэрозольные фильтры типа АФА, фильтры из ткани Петрянова, пористые фильтры Шотта и др.).

Для *гравиметрического определения* концентрации аэрозолей и твёрдых частиц применяют фильтры АФА-ВП, изготовленные из тонковолокнистого перхлорвинилового волокна. Фильтры имеют небольшую массу и гидрофобны.

Для химического (реагентного) анализа аэрозолей предназначены фильтры ЛФА-ХП, изготовленные из трёх видов ультратонких волокон.

При отборе проб фильтры закрепляют в специальных фильтродержателях, в которых диаметр выреза соответствует рабочей поверхности фильтра. Фильтры могут быть использованы при температуре окружающей среды от  $-200$  до  $+150$  °С и скорости аспирации до  $140 \text{ дм}^3/\text{мин}$  (фильтры АФА-ВП-20).

За рубежом в основном применяют фильтры из стекловолокна. Они также малогигроскопичны, устойчивы ко всем реагентам и выдерживают нагрев до  $500$  °С. Фильтры могут быть использованы как для гравиметрического, так и для химического анализа. Для фильтрации различных сред, в том числе воздуха, используют наряду с фильтрами из стеклоткани *мембранные фильтры* марки «Синпор» (Чехия) и марки «Сарториус» (Германия). Их изготавливают из нитроцеллюлозы и других полимерных материалов. Структуру фильтра образует многослойная система «Каморок» высокой пористости, дающая возможность весьма эффективно задерживать даже мельчайшие частицы вещества, расплывённые в дисперсионной среде. При фильтрации газов эффективность мембранного фильтра значительно повышается благодаря электростатическим силам и инерции самих частиц. Фильтры «Синпор» выдерживают температуру от  $-80$  до  $+80$  °С и выше.

Главными достоинствами мембранных фильтров являются:

- 1) механическая прочность и упругость (эластичность);
- 2) крайне малая масса (2 – 6 мг/см<sup>2</sup>);
- 3) незначительная гигроскопичность;
- 4) задерживание улавливаемых частиц аэрозоля преимущественно на поверхности фильтра в таком физическом и химическом состоянии, в каком они находятся в атмосфере;
- 5) широкий диапазон рабочих температур;
- 6) устойчивость к агрессивным средам;
- 7) лёгкость минерализации и растворения в некоторых веществах.

Перед использованием фильтров для гравиметрического определения запылённости их предварительно выдерживают в сушильном шкафу 6 ч при 70...80 °С. При сжигании фильтров необходима осторожность, так как фильтры из нитроцеллюлозы отличаются большой горючестью.

При концентрировании газо- и парообразных ингредиентов воздушных проб применяют: адсорбцию, абсорбцию, хемосорбцию, криогенное улавливание. Наибольшее распространение получил первый способ, при котором анализируемые вещества поглощаются на поверхности твёрдого сорбента (силикагеля, молекулярных сит, активного угля, графитированной сажи, полимерного сорбента и др.). После сорбции (концентрирования) уловленные ингредиенты воздушной пробы удаляют с поверхности адсорбента нагреванием концентрата в токе инертного газа или воздуха и направляют на анализ; при необходимости термическую десорбцию заменяют растворением сконцентрированных веществ в малом объёме растворителя.

Для отбора химических веществ из воздуха используют различные типы сорбционных устройств (коллекторы). Они различаются материалом, из которого изготовлены, формой и размером. Для изготовления коллекторов следует использовать материалы, которые не сорбируют химические вещества. Так, для отбора высокополярных соединений рекомендуется применять коллекторы из нержавеющей стали, тефлона, полированного алюминия, стекла пирекс. Не рекомендуется для изготовления коллекторов поливинилхлорид, полиуретан и резина. Форма коллекторов зависит от количества

применяемого сорбента и техники последующей десорбции поглощённых веществ из сорбента.

Для отбора паров веществ различной химической природы наибольшее распространение получили прямые сорбционные трубки различных размеров, изготовленные из стекла. Самый простой вид сорбционных трубок представлен на рис. 2.

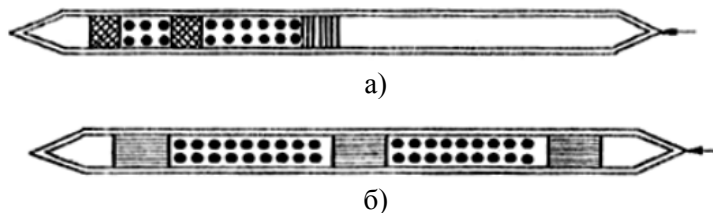


Рис. 2. Сорбционные трубки

Аэродинамическое сопротивление трубки не должно превышать 1 мм рт. ст. при скорости потока воздуха 1 дм<sup>3</sup>/мин. При необходимости увеличения скорости отбора проб воздуха рекомендуются сорбционные трубки большего размера и с соответственно большим количеством сорбента.

В зависимости от предполагаемой концентрации пробы и от вида вредного вещества выбирают количество, тип сорбента и конструкцию индикаторной трубки.

## 2. Оценка воздействия вредных веществ, находящихся в воздухе

Оценка воздействия вредных веществ, находящихся в воздухе, производится с использованием сведений о предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м<sup>3</sup> (таблица 2):

Таблица 2

Вещество	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населенных пунктов		Класс опасности	Особенности воздействия
		Максимально разовая; воздействие 30 мин.	Среднесуточная; воздействие > 30 мин.		
Азота диоксид	2	0,085	0,04	2	О
Азота оксиды	5	0,6	0,06	3	О
Азотная кислота	2	0,4	0,15	2	-
Акролеин	0,2	0,03	0,03	3	-
Алюминия оксид	6	0,2	0,04	4	Ф
Аммиак	20	0,2	0,04	4	-
Ацетон	20	0,2	0,04	4	-
Бензол	5	1,5	0,1	2	К
Винилацетат	10	0,15	0,15	3	-
Вольфрам	6	-	0,1	3	Ф
Вольфрамовый ангидрид	6	-	0,15	3	Ф
Гексан	300	60	-	4	-
Дихлорэтан	10	3	1	2	-
Кремния диоксид	1	0,15	0,06	3	Ф
Ксилол	50	0,2	0,2	3	Ф
Метанол	5	1	0,5	3	-
Озон	0,1	0,16	0,03	1	О
Полипропилен	10	3	3	3	-
Ртуть	0,01-0,005	-	0,0003	1	-
Серная кислота	1	0,3	0,1	2	-
Сернистый ангидрид	10	0,5	0,05	3	-
Сода кальцинированная	2	-	-	3	-

Продолжение таблицы 2

Вещество	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населенных пунктов		Класс опасности	Особенности воздействия
		Максимально разовая; воздействие 30 мин.	Среднесуточная; воздействие > 30 мин.		
Соляная кислота	5	-	-	2	
Толуол	50	0,6	0,6	3	-
Углерода оксид	20	5	3	4	Ф
Фенол	0,3	0,01	0,003	2	-
Формальдегид	0,5	0,035	0,003	2	О, А
Хлор	1	0,1	0,03	2	О
Хрома оксид	1	-	-	3	А
Хрома триоксид	0,01	0,0015	0,0015	1	К, А
Цементная пыль	6	-	-	4	Ф
Этилен диамин	2	0,001	0,001	3	-
Этанол	1000	5	5	4	-

**Примечание.** В настоящем задании рассматривается только независимое действие представленных в варианте вредных веществ: О – вещества с остронаправленным действием, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль; А – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; К – канцерогены; Ф – аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия.

В таблице 3 представлены варианты заданий:



Таблица 3

Вариант	Вещество	Фактическая концентрация	Вариант	Вещество	Фактическая концентрация
1	Фенол	0,001	14	Азот. кисл.	0,5
	Аз. оксид	0,1		Серн. кисл.	0,5
	Угл. оксид	10		Ацетон	100
	Вольфрам	5		Кремния д.	0,2
	Полипроп.	5		Фенол	0,001
2	Аммиак	0,01	15	Аммиак	0,4
	Ацетон	150		Аз. диокс.	0,5
	Бензол	0,05		Хрома оксид	0,18
	Дихлорэтан	0,001		Сол. кисл.	4
	Озон	0,001		Озон	0,001
3	Акролеин	0,01	16	Фенол	0,02
	Дихлорэтан	4		Бензол	0,03
	Хлор	0,02		Дихлорэтан	4
	Угл. оксид	10		Озон	0,02
	Серн. анг.	0,03		Аммиак	0,6
4	Аз. диокс.	5	17	Акролеин	0,02
	Озон	0,001		Дихлорэтан	3
	Угл. оксид	10		Угл. оксид	19
	Дихлорэтан	5		Вольфрам	4
	Сода кальц.	1		Ртуть	0,002
5	Акролеин	0,01	18	Азота диокс.	0,05
	Дихлорэтан	5		Аммиак	0,6
	Озон	0,01		Ацетон	140
	Угл. оксид	15		Бензол	0,06
	Формальд.	0,02		Озон	0,01
6	Аз. диокс.	0,04	19	Хлор	0,02
	Аммиак	0,5		Ксилол	0,4
	Хр. оксид	0,2		Ацетон	0,6
	Серн. анг.	0,5		Озон	0,4
	Ртуть	0,001		Ртуть	0,002
7	Аз. оксиды		20	Угл. оксид	14
	Ал. оксиды			Аз. диоксид	2
	Фенол			Формальд.	0,02
	Бензол			Фенол	0,001
	Формальд.			Аммиак	0,01

Вариант	Вещество	Фактическая концентрация	Вариант	Вещество	Фактическая концентрация
8	Аз. кисл.	0,5	21	Хрома оксид	0,3
	Толуол	0,6		Ртуть	0,03
	Винилацет.	0,15		Озон	0,6
	Угл. оксид	10		Ацетон	0,4
	Ал. оксид	5		Фенол	0,002
9	Акролеин	0,01	22	Хрома оксид	0,3
	Дихлорэтан	5		Серн. ангид.	0,6
	Хлор	0,01		Фенол	0,02
	Хл. триокс.	0,1		Хлор	0,02
	Ксилол	0,3		Аз. диоксид	1
10	Угл. оксид	10	23	Дихлорэтан	6
	Аз. диокс.	1		Аз. кислота	0,6
	Формальд.	0,02		Серн. кисл.	0,03
	Акролеин	0,01		Акролеин	0,02
	Дихлорэтан	5		Фенол	0,002
11	Ацетон	0,5	24	Ксилол	0,04
	Озон	0,5		Вольфрам	4
	Хр. оксид.	0,18		Этанол	100
	Фенол	0,001		Толуол	0,08
	Формальд.	0,02		Цем. пыль	205
12	Озон	0,05	25	Фенол	0,003
	Аз. диокс.	1		Ал. оксид.	6
	Угл. оксид	15		Угл. оксид	10
	Хлор	0,2		Озон	0,03
	Хр. триокс.	0,09		Хр. триокс.	0,07
13	Акролеин	0,01	26	Ацетон	0,5
	Дихлорэтан	5		Озон	0,5
	Озон	0,01		Хлор	0,3
	Угл. оксид	20		Цем. пыль	195
	Вольфрам	5		Акролеин	0,02

Пример расчета воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе, представлен в таблице 4:

Таблица 4

Вариант	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ в отдельности		
		Фактическая	В воздухе рабочей зоны	Максимально разовая < 30 мин.	Среднесуточная > 30 мин.			В воздухе рабочей зоны	В воздухе населенных пунктов при времени воздействия < 30 мин.	В воздухе населенных пунктов при времени воздействия > 30 мин.
n	Диокс. аз.	0,5	2	0,085	0,04	2	0	+	-	-

**Вывод:** ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны находится в норме. В воздухе населенных пунктов при времени воздействия 30 мин. или менее концентрация диоксида азота превышают норму, при воздействии свыше 30 мин. – фактические концентрации диоксида азота не соответствуют установленным ПДК.

**Диоксид азота** – образуется при сгорании топлива при очень высоких температурах (выше 650°C) и избытке кислорода. Кроме того, эти вещества выделяются при окислении бактериями азотсодержащих соединений в воде или почве. В дальнейшем в атмосфере оксид азота окисляется до газообразного диоксида красного цвета, который хорошо заметен в атмосфере большинства крупных городов. Основными источниками диоксида азота в городах являются выхлопные газы автомобилей и выбросы теплоэлектростанций (причем использующих не только ископаемые виды топлива). Еще диоксид азота образуется при сжигании твердых отходов, так как этот процесс происходит при высоких температурах го-

рения. Также  $\text{NO}_2$  является одной из причин образования фотохимического смога в приземном слое атмосферы.

В значительных концентрациях диоксид азота имеет резкий сладковатый запах. В отличие от сернистого ангидрида он раздражает нижний отдел дыхательной системы, особенно легочную ткань, ухудшая тем самым состояние людей, страдающих астмой, хроническими бронхитами. Диоксид азота повышает предрасположенность к острым респираторным заболеваниям, например, пневмонии. Оксиды азота, улетучивающиеся в атмосферу, представляют серьезную опасность для экологической ситуации, так как способны вызывать кислотные дожди, а также сами по себе являются токсичными веществами, вызывающими раздражение слизистых оболочек.

Рассмотрев вредное вещество, фактическая концентрация которого превышает ПДК, можно сделать однозначный вывод: производство является вредным для людей, проживающих рядом. Необходимо принять соответствующие меры.

### **3. Порядок выполнения задания**

1. Сопоставить заданные по варианту (таблица 3) концентрации вещества с предельно допустимыми (таблица 2) и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ, т.е.  $< \text{ПДК}$ ,  $> \text{ПДК}$ ,  $= \text{ПДК}$ , обозначая соответствие нормам знаком «+», а несоответствие знаком «-». Номер варианта выбирается согласно списку в журнале.

2. В случае несоответствия, превышения фактической концентрации установленной ПДК, необходимо рассмотреть возможные источники и предложить способы снижения концентрации по каждому конкретному веществу.

### **4. Требования к содержанию отчёта по практической работе**

Отчёт оформляется в печатном виде на листах формата А4 в соответствии с требованиями, предъявляемыми кафедрой МПиУК, в котором помимо стандартного титульного листа должны быть приведены следующие пункты:

I. Цель работы.

II. Краткое теоретическое содержание:

1. Объекты, изучаемые в работе.
2. Определение основных понятий.
3. Таблица с расчетом воздействия вредных веществ.

III. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определения понятий «опасность вещества», «критерий токсичности».
2. Предоставьте классификацию химических веществ в зависимости от их практического использования.
3. От чего зависит эффект воздействия вещества?
4. Какова классификация вредных веществ по характеру воздействия на человека?
5. Дайте определения понятий «ПДК рабочей зоны», «ПДК среднесуточная», «ПДК максимально разовая».
6. Классифицируйте вредные вещества по степени опасности.
7. Перечислите способы извлечения адсорбированных веществ из фильтров.
8. На какие типы подразделяют аспирационные устройства?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 61 с.
2. ГОСТ Р 51945-2002. Аспираторы. Общие технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 13 с.
3. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Теоретические основы лабораторной работы.....	3
1.1. Введение.....	3
1.2. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ.....	4
1.3. Оборудование и методики отбора проб.....	9
2. Оценка воздействия вредных веществ, находящихся в воздухе.....	14
3. Порядок выполнения задания.....	20
4. Требования к содержанию отчёта по практической работе.....	20
Контрольные вопросы.....	21
Библиографический список.....	22

# **ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Методические указания к практическим занятиям  
для студентов бакалавриата направления 12.03.01*

*Сост. А.В. Кондратьев, М.В. Волкодаева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
метрологии, приборостроения и управления качеством

Ответственный за выпуск *А.В. Кондратьев*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 30.06.2020. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 1,3. Усл.кр.-отт. 1,3. Уч.-изд.л. 1,1. Тираж 50 экз. Заказ 515.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2