

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

## **Методические указания**

к лабораторным занятиям по дисциплине  
«Контроль состояния окружающей среды на предприятиях отрасли»  
для направления подготовки 18.03.01 Химическая технология  
направленность (профиль) Химическая технология неорганических веществ

**Невинномысск 2023**

Методические указания составлены в соответствии с программой по дисциплине «Контроль состояния окружающей среды на предприятиях отрасли». В методических указаниях приводятся теоретическое обоснование практических работ, указаны методики их выполнения, требования к оформлению отчета, приведены вопросы для защиты работы и примеры выполнения работ.

В приложении приведены статистические таблицы, необходимые для обработки данных и варианты заданий для выполнения работ.

Настоящие указания разработаны для направления подготовки 18.03.01 Химическая технология

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры ХТМиАХП и рекомендованы к внутривузовскому изданию.

*Составил старший преподаватель*

*К.С.Сылко*

*Рецензент доцент А.И. Свидченко*

## **Введение**

Дисциплина «Контроль состояния окружающей среды на предприятиях отрасли» относится к дисциплине базовой части. Она направлена на формирование общекультурных, профессиональных компетенций обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Методические указания составлены на современном научном уровне и рассчитаны на студентов, по направлению 18.03.01 Химическая технология.

Последовательность лабораторных работ соответствует логической структуре ее прохождения. Предлагаемые методические указания содержат материал, который рекомендуется использовать студентам при осуществлении лабораторных работ.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1</b>	4
Универсальный газоанализатор УГ-2	
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2</b>	12
Методы анализа, используемые для контроля состояния окружающей среды. Оценка качества определения соответствия погрешностей анализа нормативам	
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3</b>	20
Выполнение измерений массовой концентрации фосфат-ионов в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом	
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4</b>	24
Выполнение измерений массовой концентрации общего содержания железа в сточных водах	
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5</b>	29
Правила отбора газовых проб. Определение диоксида азота в атмосферном воздухе	
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6</b>	33
Определение хлора в воздухе фотометрическим методом, при взаимодействии хлора в кислой среде с метиловым оранжевым	
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7</b>	37
Выполнение измерений массовой концентрации содержания алюминия в сточных водах	
<b>ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ</b>	40
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	41

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР УГ-2

**Цель работы:** Определить концентрацию вредных газов в воздухе лаборатории с помощью универсального газоанализатора.

Время выполнения 3 часа.

### 1.1 Назначение газоанализатора УГ-2

Универсальный переносной газоанализатор типа УГ-2 предназначен для определения в воздухе производственных помещений концентраций вредных газов (паров), указанных в таблице 1.

Условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от 10<sup>0</sup>С до 30<sup>0</sup>С;
- относительная влажность воздуха не более 90%;
- атмосферное давление от 986 гПа до 1039 гПа (740-780 мм рт. ст.);
- наличие пыли не более 40 мг/м<sup>3</sup>.

### 1.2 Устройство и принцип работы

Принцип работы газоанализатора УГ-2 основан на изменении окраски соля индикаторного порошка в индикаторной трубке после просасывания через нее воздухозаборным устройством воздуха, содержащего определяемый газ (пар).

В закрытой части корпуса (1) воздухозаборного устройства рисунок 1 находится резиновый сиффон (2) с двумя фланцами и стакан с пружиной (3).

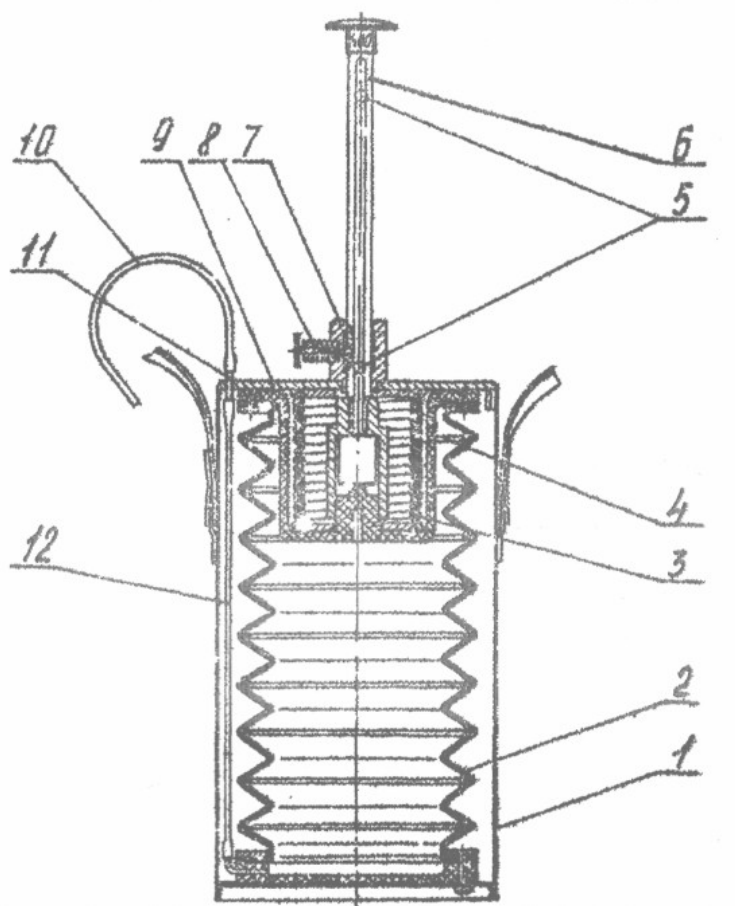
Во внутренних гофрах сиффона установлены распорные кольца (4) для придания сиффону жесткости и сохранения постоянства объема. На верхней плате (9) имеется неподвижная втулка (7) для направления штока (6) при сжатии сиффона. На штуцер (11) с внутренней стороны надета резиновая трубка (12), которая через нижний фланец соединяется с внутренней полостью сиффона.

К свободному кольцу трубки (10) при анализе присоединяется индикаторная трубка.

Исследуемый воздух через индикаторную трубку просасывается после предварительного сжатия сильфона штоком. На гранях (под головкой) штока обозначены объемы просасываемого при анализе воздуха.

На цилиндрической поверхности штока имеются четыре продольные канавки с двумя углублениями (5), служащими для фиксации двух положений штока фиксатором (8).

Расстояние между углублениями на канавках подобрано таким образом, чтобы при ходе штока от одного углубления до другого сильфон забирал заданный объем исследуемого воздуха.



1 – корпус; 2 – сильфон; 3 – пружина; 4 – кольцо распорное; 5 – канавка с двумя углублениями; 6 – шток; 7 – втулка; 8 – фиксатор; 9 – плата; 10 – трубка резиновая; 11 – штуцер; 12 – трубка резиновая

Рисунок 1 – Воздухозаборное устройство

Таблица 1

Определяемый газ (пар)	Просасы- ваемый объем, см <sup>3</sup>	Верхнее значение шкалы, мг/м <sup>3</sup>	Продолжи- тельность хода штока до защелкивания, с	Общее время просасы- вания воздуха, с
Аммиак	200	30	30 – 60	120
	100	100	4 – 10	40
Ацетон	300	2000	180 – 240	420
Ацетилен	300	1400	260 – 300	420
Бензин	300	1000	200 – 230	420
Бензол	300	200	230 – 280	420
Ксилол	300	500	100 – 132	240
Оксид углерода	200	120	180 – 240	420
Оксиды азота	300	50	220 – 300	420
Сернистый ангидрид	300	30	110 – 160	300
	100	120	15 – 45	60
Сероводород	300	30	140 – 200	300
	100	200	10 – 30	60
Толуол	300	500	200 – 230	420
Углеводороды нефти	300	1000	200 – 230	420
Хлор	300	15	270 – 330	420
Этиловый эфир	400	3000	405 – 435	600

Таблица 2 – Состав поглотительного порошка

Определяемый газ (пар)	Ампула с поглотительным порошком	
	Количество, шт.	Состав порошка
Аммиак	–	–
Оксиды азота	5	Силикагель, пропитанный раствором натрия углекислого и дифениламина
Бензол	10	Кальций хлористый, обезвоженный фракции (0,8-1,6) мм
Ксилол	10	Кальций хлористый, обезвоженный фракции (0,8-1,6) мм
Ацетон	10	Силикагель, пропитанный раствором натрия углекислого и метилового оранжевого индикатора

Таблица 3

Определяемый газ (пар)	Окраска индикаторного порошка	Газы (пары), улавливаемые фильтрующим патроном	Газы (пары), мешающие определению
Аммиак	Синяя	–	Кислот, щелочей и аминов
Ацетон	Желтая	Уксусной кислоты, уксусного ангидрида, соляной кислоты, сернистого ангидрида, в концентрациях, не превышающих предельно допустимые в 10 и более раз	Кетонов, уксусного ангидрида, сернистого ангидрида, хлористого водорода, уксусной кислоты и сложных эфиров в концентрация, превышающих предельно допустимые в 10 и более раз.
Бензол	Светло-зеленый	Воды	Углеводородов, жирного и ароматического рядов
Ксилол	Красно-фиолетовая	Воды	Углеводородов, жирного и ароматического рядов
Окислы азота	Красная	–	Галогенов (хлора, брома, йода), озона в концентрациях, превышающих предельно допустимые в 10 и более раз

Перед снаряжением стеклянные трубки моют хромовой смесью, водой и сушат при температуре 120-130<sup>0</sup>С.

В один конец стеклянной трубки (1) рисунок 2 вкладывают тампон из ваты и уплотняют его с помощью стержня (2). Толщина тампона должна быть 2-3 мм. В стеклянную трубку через воронку (3) насыпают до края индикаторный порошок из ампулы (4), вскрытой перед употреблением. Постукиванием по трубке стержнем уплотняют столбик порошка. Длина уплотненного столбика порошка в трубке должна быть 68-70 мм и контролируется стержнем по нанесенной по ней отметке.

После уплотнения порошка вкладывают тампон.



Снаряженные индикаторные трубки герметизируют колпачками из смеси парафина с полиэтиленом в соотношении 1:3. Поверхность колпачков должна быть гладкой. Во избежание длительного соприкосновения порошка с воздухом трубки снаряжают не более 10 шт., сверху герметизируют и вкладывают в штатив.

Снаряжение индикаторных трубок проводят в сухом, хорошо вентилируемом помещении. Для перезарядки отработанных индикаторных трубок извлекают тампоны и высыпают использованный индикаторный порошок. Трубки моют и сушат для повторного использования, как указано выше.

Принадлежности для приготовления трубок должны использоваться строго по назначению и только для тех газов, для которых они предназначены, во избежание загрязнения индикаторного порошка и получения недостоверных результатов анализа воздуха.

### **1.3 Назначение и снаряжение окислительных и поглотительно-окислительных трубок для определения оксидов азота**

Окислительная трубка предназначена для окисления оксида азота в диоксид при определении концентрации суммы оксида и диоксида азота, так как индикаторный порошок чувствителен только к диоксиду азота.

Для снаряжения окислительной трубки используют стеклянную трубку длиной  $90 \pm 2$  мм.

В один конец трубки вкладывают тампон из ваты и с помощью воронки насыпают силикагель, пропитанный раствором марганцовокислого калия, подкисленного ортофосфорной кислотой слоем 17-19 мм. Уплотняют слой силикагеля постукиванием стержня о трубку. Длина уплотненного столбика должна быть 15-18 мм. Вкладывают второй тампон и герметизируют трубку.

Поглотительно-окислительная трубка предназначена для поглощения диоксида азота и окисления оксида азота в диоксид при определении концентрации оксида азота.

В один конец трубки вкладывают тампон из ваты и через воронку насыпают окислительный порошок слоем 17-20 мм, уплотняют порошок до слоя 15-18 мм и вкладывают тампон.

Насыпают поглотительный порошок, содержащий силикагель, пропитанный раствором натрия углекислого и дифениламинол, слоем 10-12 мм, вкладывают тампон и уплотняют столбик порошка до 9-11 мм.

Концы трубок герметизируют.

#### **1.4 Порядок работы**

Перед проведением анализа индикаторные трубки необходимо выдержать 30 минут. Для принятия температуры окружающей среды. Для определения концентрации определяемого газа (пара) открывают крышку воздухозаборного устройства, отводят фиксатор, берут из гнезда шток и вставляют его в направляющую втулку так, чтобы наконечник фиксатора скользил по канавке штока, над которой указан объем присасываемого воздуха.

Давлением руки на головку штока сильфон сжимают до тех пор, пока конец фиксатора попадет в верхнее углубление в канавке штока. Берут индикаторную трубку, освобождают от герметизирующих колпачков, избегая засорения ее герметизирующим материалом.

Постукивая стержнем по стенке трубки, проверяют ее уплотнение и, если при этом между столбиком порошка и тампоном образовался просвет, его устраняют нажатием стержня на тампон.

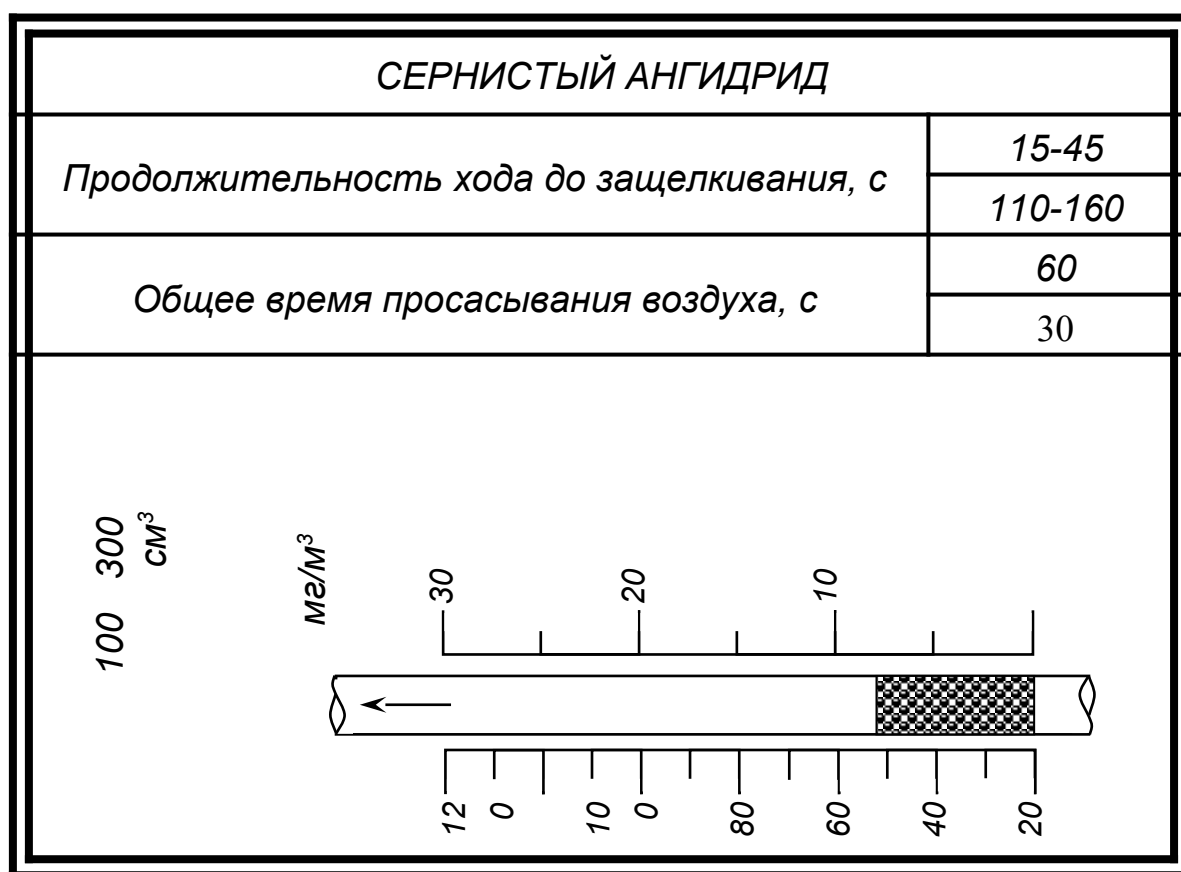
После этого ее присоединяют к резиновой трубке воздухозаборного устройства. При наличии в анализируемом воздухе паров (газов), мешающих определению, их улавливают фильтрующим патроном, который присоединяют с помощью резиновой трубки к индикаторной трубке узким концом встык.

При определении концентрации оксидов азота окислительную и поглотительно-окислительную трубки присоединяют к индикаторной трубке концом, который содержит темно-фиолетовый порошок.

Надавливая одной рукой на головку штока, другой отводят фиксатор. Как только шток начинает двигаться, фиксатор отпускают и включают секундомер.

Когда фиксатор войдет в нижнее углубление канавки штока, слышен щелчок, но просасывание воздуха еще продолжается. Общее время просасывания воздуха должно соответствовать указанному в таблице 1.

При просасывании заданного объема воздуха продолжительность хода штока должна укладываться в пределы, указанные на этикетке измерительной шкалы для определяемого газа (пара) рисунок 2



*Рисунок 2 – Определение концентрации сернистого ангидрида*

Если продолжительность хода штока меньше указанного на шкале, то столбик порошка в трубке уплотнен слабо и наоборот.

Окраска индикаторного порошка после воздействия определяемого газа (пара) должна соответствовать указанной в таблице 3.

Концентрацию определяемого газа (пара) находят, совмещая нижнюю границу столбика окрашенного порошка индикаторной трубки с началом измерительной шкалы этикетки.

Цифра на шкале, совпадающая с верхней границей окрашенного столбика порошка, указывает концентрацию определяемого газа (пара).

Измерения на каждом объеме проводить не менее 2-3 раз.

После проведения анализа патрон отсоединяют от индикаторной трубки, закрывают заглушками и укладывают на хранение до следующего анализа в эксикатор.

### Примечания:

1. При определении концентрации аммиака результат показания индикаторной трубки умножить на поправочный коэффициент  $k$ , который находят по графику.

2. Определение концентрации оксида азота проводить индикаторной и поглотительно-окислительной трубкой и определение концентрации сумм оксида и диоксида азота – индикаторной и окислительной трубками.

3. Определение концентрации ацетона в присутствии кислых газов и жиров проводят индикаторной и поглотительной трубками, а при отсутствии – индикаторной.

4. При определении концентрации паров углеводорода нефти при температуре анализа, отличающейся от градуировочной, результат показания индикаторной трубки умножить на поправочный коэффициент.

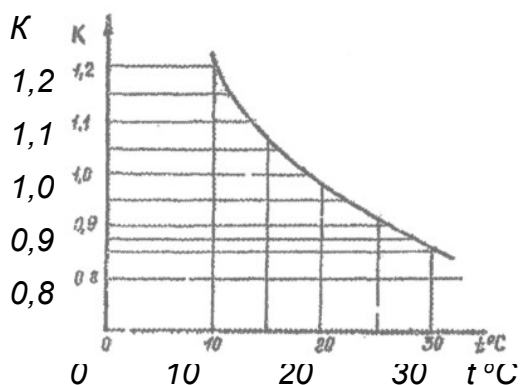


Таблица 4 – Поправочные коэффициенты для бензола

Температура, °С	Поправочный коэффициент
10	1,22
15	1,44
20	1,00
30	0,95

*Рисунок 3 – График поправочных коэффициентов для аммиака*

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### МЕТОДЫ АНАЛИЗА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ АНАЛИЗА НОРМАТИВАМ

**Цель работы:** Научиться оценивать достоверность результатов анализа и соответствие погрешностей нормативам.

Время выполнения 2 часа.

#### 2.1 Теоретические основы

Охрана окружающей среды невозможна без достоверных данных об источниках и степени ее загрязнения.

При рассмотрении результатов анализа всегда возникает вопрос: насколько они точны и достоверны.

Неверно считать, что использование дорогостоящей аппаратуры однозначно обеспечивает более высокую достоверность, чем «старые», например фотометрические, методы. Сам факт использования новейших физических методов, приборов, ЭВМ для анализа вещества часто создает иллюзию «непогрешимости» этих средств контроля, правильности полученных с их использованием результатов. Применение самых современных приборов не дает оснований для излишнего оптимизма: новые методы таят в себе опасность наличия весьма значительных погрешностей, особенно систематических. Эта опасность вуалируется тем, что внешне все обстоит благополучно: работают отдельные узлы прибора, действует автоматика, компьютер обрабатывает данные, которые регистрируются печатающим устройством. Но неправильный пробоотбор, ошибки при пробоподготовке, необоснованный выбор образцов сравнения и некорректная градуировка, неверный учет взаимного влияния компонентов пробы – все это часто приводит к весьма значительному искажению результатов анализа и влечет за собой огромные потери. Поэтому сам аналитический контроль должен тщательно и надежно контролироваться.

Также неверно считать, что более правильны результаты у вышестоящей или контролирующей лаборатории (хотя последняя должна к этому стремиться).

Условно аналитический контроль за сточными водами можно разделить на два вида: регулирующий и фиксирующий. По результатам первого немедленно меняют какие-то технологические параметры процесса очистки, например, увеличивают дозу реагента. Результаты фиксирующего аналитического контроля используют для принятия тех или иных решений, например о соответствии параметров работы очистных сооружений проектным либо нормативным показателям, о необходимости строительства очистных сооружений с той или иной технологией очистки, о наложении штрафа за превышение нормативных показателей. В масштабах города, области, региона на основании данных фиксирующего аналитического контроля оценивается водоохранная деятельность в целом.

Очевидно, что недостоверные данные приведут к необоснованным штрафам, к дорогостоящим ошибкам в проектировании и строительстве очистных сооружений, к неправильному вложению средств в водоохранную деятельность.

Понятие достоверности не совпадает с понятием точности, а шире его. Понятие достоверности используют для того, чтобы характеризовать правильность какого-либо утверждения, соответствия его объективной реальности. Все анализы должны быть достоверны, иначе они бессмысленны, но требуемая точность анализа (не только абсолютная, а даже относительная) может быть разной.

Так, например, если требуется определить, превышена ли предельно допустимая концентрация (ПДК) кобальта в водоеме ( $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ), то погрешность анализа  $\pm 50\%$  допустима, если найденная концентрация больше  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ . (Предположим, найдена концентрация  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ , тогда с учетом погрешности действительная концентрация лежит в интервале  $0,3 \pm 0,15$  – в любом случае больше ПДК). Также допустима погрешность  $\pm 50\%$ , если найденная концентрация меньше  $0,07 \text{ мг/дм}^3$ . Например, найдено  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ , то

есть с учетом погрешности действительная концентрация лежит в интервале  $0,05 \pm 0,025$  – в любом случае ниже ПДК.

Если же найдена концентрация  $0,11 \text{ мг/дм}^3$ , то вывод о превышении ПДК недостоверен даже при впятеро большей точности, когда погрешность составляет всего  $\pm 10\%$ . Действительная концентрация в таком случае лежит в интервале  $0,09-0,12 \text{ мг/дм}^3$ .

При систематическом фиксирующем контроле следует стремиться к снижению числа выполняемых анализов за счет усреднения проб (естественно для тех компонентов, которые можно консервировать и хранить), и обоснованному снижению частоты анализов. Нормативные документы позволяют уменьшать частоту отбора при стабильных показателях вплоть до одной пробы в год.

Силы и средства, сэкономленные за счет уменьшения «фиксирующих» анализов, следует направить на повышение их качества. С этой точки зрения в худшем положении оказываются лаборатории, выполняющие разовые анализы, а это в основном лаборатории контролирующих организаций. Увеличение доли работ по повышению качества анализов однозначно ведет к уменьшению их количества и, следовательно, уменьшению объема контроля.

Для большинства методик нормативная погрешность составляет  $\pm 25\%$ , то есть уже вторая значащая цифра не является достоверной, тем более третья и четвертая.

Важным является вопрос о минимальной определяемой концентрации анализируемого вещества, из  $1 \text{ дм}^3$  пробы невозможно определить меньше, чем  $0,5 \text{ мг/дм}^3$  нефтепродуктов, а из  $500 \text{ см}^3$  – меньше, чем  $5 \div 15 \text{ мг/дм}^3$  взвешенных веществ.

## **2.2 Общие вопросы освоения методик, основные источники ошибок**

Выполнение анализа сточных вод, показывает, что воспроизведение аналитических методик не вызывает, как правило, каких-либо затруднений. Основные ошибки возникают на подготовительных стадиях, а также при построении градуировочного графика и расчете результатов анализа.



Освоение фотометрической методики идет по следующим стадиям:

- 1) приготовление растворов реактивов;
- 2) подготовка реактива для приготовления стандартного раствора; проверка его чистоты;
- 3) приготовление стандартных растворов, проверка правильности приготовления;
- 4) выполнение анализа растворов стандартной серии для построения градуировочного графика;
- 5) вывод расчетной формулы;
- 6) проверка правильности освоения методики на модельной и натуральной сточной воде;
- 7) оценка качества анализа.

При выполнении анализа химик имеет дело с большим количеством различных растворов. Чтобы не сделать ошибки в последующих расчетах, необходимо использовать единые сокращения для обозначения растворов и строго их придерживаться.

Градуировочный график строят по данным анализа растворов стандартной серии, полученных при разбавлении различных объемов рабочего стандартного раствора.

Рабочий стандартный раствор пригоден только свежеприготовленный; готовят его разбавлением более концентрированного основного стандартного раствора, который может храниться длительное время. В некоторых случаях возникает необходимость иметь еще более концентрированный запасной стандартный раствор.

Описание каждой методики начинается с того, что взятую для анализа пробу воды разбавляют или концентрируют до определенного объема. Полученный при этом раствор называется анализируемым раствором (ан). Последней стадией анализа является колориметрирование. Раствор, полученный на последней стадии анализа, называется раствором для колориметрирования (к). Объем этого раствора всегда указан в методике. С объемом раствора для колориметрирования не следует путать фактический объем раствора, заливаемого в кювету для колориметрирования.

В процессе колориметрирования следует различать растворы: рабочего опыта (р), холостого (х) и сравнения (ср).

В некоторых случаях ошибки возникают из-за недостаточного знания номенклатуры неорганических соединений и тривиальных названий. Например, часто путают между собой кальцинированную  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , кристаллическую  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ;  $n = 1; 7; 10$ , каустическую  $\text{NaOH}$  и питьевую  $\text{NaHCO}_3$  соду; нашатырный спирт  $\text{NH}_4\text{OH}$  и нашатырь  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , желтую  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  и красную  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  кровавую соль и т. д.

### ***2.2.1 Приготовление реактивов и стандартных растворов***

При приготовлении стандартных растворов часто полагают, что достаточно воспользоваться реактивом высокой степени чистоты, чтобы приготовить стандартный раствор точной концентрации. Это неверно. Почти все реактивы, применяемые для приготовления стандартных растворов, гигроскопичны, а многие образуют кристаллогидраты переменного состава.

Для правильного приготовления стандартного раствора необходимо подготовить реактив (выделить в виде вещества определенного состава), а затем проверить. Если действовать таким путем, то нет необходимости в использовании «химически чистых» и «чистых для анализа» реактивов; достаточно квалификации «чистый».

При проверке может оказаться, что содержание основного вещества в реактиве больше или меньше теоретического. Например, содержание семиводного сульфата никеля в соответствующем реактиве может быть 95% (присутствует гигроскопическая вода), а может быть 105% (реактив частично потерял кристаллизационную воду, его состав соответствует формуле  $\text{NiSO}_4 \cdot 6,25 \text{H}_2\text{O}$ ). По этой причине массу навески для приготовления стандартного раствора следует увеличить или уменьшить по сравнению с той, которая приведена в методике.

Приготовленный стандартный раствор следует также проверить. В ряде случаев концентрация основного стандартного раствора (то есть раствора, содержащего точное количество вещества, который

может храниться длительное время и из которого готовят менее концентрированные рабочие стандартные растворы) недостаточна для проверки его принятым методом (чаще всего трилометрическим или гравиметрическим). Поэтому целесообразнее приготовить более концентрированный запасной стандартный раствор, который затем уже разбавляют до концентрации основного стандартного раствора. Отличие фактической концентрации стандартного раствора от требуемой расчетной концентрации следует учитывать с помощью поправочного коэффициента к концентрации стандартного раствора  $K$ , который показывает отношение фактической концентрации стандартного раствора к расчетной концентрации:

Во многих лабораториях, чтобы не вводить коэффициент  $K$  в последующие расчеты, предпочитают вторично приготовить раствор, взяв новую навеску с учетом этой поправки.

### ***2.2.2 Фотометрирование, построение градуировочного графика, вывод расчетной формулы***

Фотометрические методы анализа основаны на законе Ламберта-Бугера-Бера, в соответствии с которым оптическая плотность раствора  $D$  прямо пропорциональна концентрации поглощающего вещества  $C$  и толщине слоя раствора  $l$ :

$$D = k_{\lambda}lC,$$

где  $k_{\lambda}$  – коэффициент пропорциональности.

Если концентрация выражается в моль/дм<sup>3</sup> и толщина слоя в см, то  $k_{\lambda}$  называется коэффициентом молярного поглощения (обозначается  $\epsilon_{\lambda}$ ), который показывает оптическую плотность раствора с концентрацией 1 моль/дм<sup>3</sup>, измеренную в кювете 1 см при длине волны излучения  $\lambda$  нм. Если концентрация выражается в мг/дм<sup>3</sup> и толщина слоя в см, то  $k$  называется коэффициентом удельного поглощения (обозначается  $a_{\lambda}$ ), который показывает оптическую плотность раствора с концентрацией 1 мг/дм<sup>3</sup>, измеренную в кювете 1 см при длине волны излучения  $\lambda$  нм.

Результаты колориметрирования записывают в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

№ п/п	Объем взятого рабочего стандартного раствора, $V_{pc}$ , см <sup>3</sup>	Количество находящейся в растворе меди, $M$ , мг	Расчетная концентрация меди в колориметрируемом растворе, $C_k^p$	Оптическая плотность, $D$ , Бер	Примечание
1	0	0	0	0,035	1) дата
2	0,5	0,005	0,2	0,095	2) $C_{pc}^c = 10$ мг/дм <sup>3</sup>
3	1,0	0,010	0,4	0,160	3) $K = 0,995 \cong 1,0$
4	1,5	0,015	0,6	0,260	4) $V_{ан} = V_{cc} = 100$ см <sup>3</sup>
5	2,0	0,020	0,8	0,290	5) $V_k = 25$ см <sup>3</sup>
6	2,5	0,025	1,0	0,360	6) $C_k^p = \underline{\hspace{2cm}}$
7	3,0	0,030	1,2	0,440	7) КФК-2 №1
8	3,5	0,035	1,4	0,485	8) $l = 2$ см
9	4,0	0,040	1,6	0,543	9) $\lambda = 440$ нм
10	5,0	0,050	2,0	0,680	

Здесь:  $V_{ан}$  – объем анализируемой пробы, см<sup>3</sup>;  $V_{cc}$  – объем раствора стандартной серии (градуировочный), см<sup>3</sup>;  $l$  – длина кюветы, см;  $\lambda$  – длина волны, нм.

Формула для расчета  $C_k^p$ :

$$C_k^p = C_{pc}^p : V_k = 5 \cdot V_p : 50 = 0,1 \cdot V_{pc},$$

где  $C_k^p$  – расчетная концентрация меди в колориметрируемом растворе, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{pc}^p$  – расчетная концентрация рабочего стандартного раствора, мг/дм<sup>3</sup>;  $V_k$  – объем взятого колориметрируемого раствора, см<sup>3</sup>;  $V_p$  – объем рабочего раствора, см<sup>3</sup>;  $V_{pc}$  – объем взятого рабочего стандартного раствора, см<sup>3</sup>.

Градуировочный график строят по данным таблицы в координатах: концентрация меди в колориметрируемой пробе, мг/дм<sup>3</sup> – оптическая плотность, Бер.

### 2.3 Чувствительность, предел определения, точность анализа

Чувствительность и предел определения являются важнейшими аналитическими характеристиками. Часто под чувствительностью

методики химики понимают ту минимальную концентрацию вещества, которую можно достоверно определить данной методикой. Это неверно. Такая характеристика так и называется: минимальная определяемая концентрация, или нижняя граница определяемых концентраций, или предел определения.

От предела определения следует отличать предел обнаружения – ту минимальную концентрацию вещества, при которой можно с уверенностью говорить о наличии анализируемого вещества в пробе.

Чувствительность методики является характеристикой фотометрической реакции и на практике она пропорциональна углу наклона градуировочного графика. Удобнее всего ее выражать величиной оптической плотности раствора с концентрацией 1 мг определяемого вещества в литре растворителя, замеренной в кювете 1 см по отношению к холостому опыту при длине волны  $\lambda$  нм. Но эта величина и есть коэффициент удельного погашения  $a_\lambda$ .

Ранее была широко распространена оценка чувствительности по Сенделу  $S = 1:1000 a$ , которая выражалась в микрограммах на квадратный сантиметр.

В отличие от чувствительности предел определения связан не только с фотометрической реакцией, но и со всей методикой анализа в целом: прежде всего со стадией концентрирования, то есть соотношением  $V_{ст} : V_k$  (концентрирование может осуществляться не только за счет упаривания пробы или ее отгонки в меньший объем, но и экстракцией в меньший объем растворителя, а также высаждения с последующим растворением в меньшем объеме), а также использованием кювет большей длины.

Таким образом, задача нахождения минимально определяемой концентрации сводится к задаче нахождения той минимальной величины оптической плотности, которую еще можно надежно измерить.

Распространенной ошибкой является мнение, что любое значение оптической плотности, полученное в результате анализа, можно использовать для расчета. Вопрос оценки минимально определяемой концентрации настолько важен, что его следует разобрать более подробно.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

# ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФОСФАТ-ИОНОВ В ПРОБАХ ПРИРОДНЫХ И ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

### 3.1 Сущность метода

Метод основан на фотометрическом измерении интенсивности окраски анализируемого раствора. Массовую долю  $P_2O_5$  рассчитывают с помощью градуировочного графика.

Время выполнения: 3 час.

### 3.2 Оборудование, посуда, реактивы, растворы

Весы общего назначения по ГОСТ 24104 – 80 4 класса точности.

Весы лабораторные по ГОСТ 24104 – 80 2 класса точности или аналогичного типа.

Набор гирь по ГОСТ 7323 – 82.

Спектрофотометр с монохроматором или фильтром с фотоэлектрическим элементом, фотоэлектрокалориметры типа КФК ( $\lambda = 440$  нм) и ФЭК-56 (светофильтр №4) или другой аналогичный прибор с кюветами с толщиной поглощающего слоя  $l = 10$  мм.

Шкаф сушильный ШС–40М с погрешностью регулирования температуры до  $+2,5^{\circ}C$ .

Эксикатор по ГОСТ 23932 – 79, заполненный осушителем.

Посуда мерная лабораторная стеклянная по ГОСТ 1770 – 74.

Бюретки по ГОСТ 29228 – 91, пипетки по ГОСТ 20292 – 74 2 класса с пределами допускаемых погрешностей по ГОСТ 8.100 – 73.

Стаканчики СН–34/12 или СН–60/14 ГОСТ 25336 – 82.

Реактивы квалификации (ч.д.а.).

Кислота азотная по ГОСТ 4461 – 77, плотностью  $1,4$  г/см<sup>3</sup>, разбавленная 1:2.

Кислота соляная по ГОСТ 3118 – 77, плотностью  $1,15-1,19$  г/см<sup>3</sup>, раствор с массовой долей соляной кислоты 20%.

Аммоний молибденовокислый по ГОСТ 3765 – 78 раствор с массовой долей аммония молибденовокислого – 5%, готовят следующим образом: 50 г молибденовокислого аммония взвешивают, результат взвешивания записывают с точностью до третьего десятичного знака, растворяют в 500 см<sup>3</sup> горячей воды, разбавляют до 1 дм<sup>3</sup> водой и фильтруют.

Аммоний ванадиевокислый, мета ГОСТ 9336 – 75 раствор с массовой долей аммония ванадиевокислого 0,25% готовят следующим образом: 2,5 г мета-ванадиевокислого аммония ч.д.а. растворяют в 500 см<sup>3</sup> горячей воды, приливают 20 см<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> концентрированной кислоты и доводят объем раствора водой до 1 дм<sup>3</sup>, фильтруют.

Стандартный раствор дигидрофосфата калия (х.ч.) по ГОСТ 4198 – 75. Навеску KН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub> (1,917 г.), взвешенную с точностью 2·10<sup>-4</sup> г, растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе емкостью 1 дм<sup>3</sup>, приливают 10 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты, доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают. Получают раствор (раствор А), 1 см<sup>3</sup> которого содержит 1 мг Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>. 25 см<sup>3</sup> раствора А переносят в мерную колбу емкостью 500 см<sup>3</sup> доводят объем до метки дистиллированной водой и перемешивают. Получают раствор (раствор Б), 1 см<sup>3</sup> которого содержит 0,05 мг Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>.

Реактив на фосфаты готовят следующим образом: смешивают в равных объемах (1 дм<sup>3</sup>) раствора азотной кислоты, разбавляют 1:2 мета-ванадиевокислого и молибденовокислого аммония в указанной последовательности.

### 3.3 Построение градуировочного графика

В мерные колбы емкостью 100 см<sup>3</sup> приливают 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50 см<sup>3</sup> раствора Б, что соответствует содержанию Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> по 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 мг. Объемы в колбах доводят дистиллированной водой до суммарного объема, равного 50 см<sup>3</sup>, приливают по 25 см<sup>3</sup> смеси\* реактивов, доводят объем до метки дистиллированной водой и

---

\* Смесь устойчива в течение 6-8 часов.

перемешивают. Через 15 минут измеряют оптическую плотность окрашенных растворов с помощью фотокалориметра в кювете с рабочей длиной  $l = 10$  мм при  $\lambda = 440$  мкм. Относительной холостой пробы.\*

Для приготовления холостой пробы в мерную колбу емкостью  $100 \text{ см}^3$  приливают  $50 \text{ см}^3$  дистиллированной воды,  $25 \text{ см}^3$  смеси реактивов, доводят объем до метки дистиллированной водой и перемешивают.

По получении значений оптической плотности строят градуировочный график: по оси абсцисс – содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  в мг; по оси ординат – соответствующие значения оптической плотности.

### 3.4 Проведение анализа

При выполнении массовой доли водорастворимого  $\text{P}_2\text{O}_5$  отбирают пипеткой  $5 \text{ см}^3$  раствора исследуемой пробы и при определении общего  $\text{P}_2\text{O}_5$  –  $5 \text{ см}^3$ , переносят в мерную колбу емкостью  $100 \text{ см}^3$  и доводят дистиллированной водой до суммарного объема  $50 \text{ см}^3$ . Затем приливают  $25 \text{ см}^3$  смеси реактивов, доводят объем до метки дистиллированной водой и перемешивают\*.

Через 15 минут. Окрашенные растворы фотометрируют в кювете с рабочей длиной  $l = 10$  мм при  $\lambda = 440$  мкм. Относительно холостой пробы, приготовленной также как и при построении градуировочного графика.

### 3.5 Обработка результатов

Массовую долю  $\text{P}_2\text{O}_5$  как общего, так и водорастворимого в анализируемой пробе в процентах рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{a \cdot V_1 \cdot 100}{1000 \cdot V_2 \cdot g},$$

где:  $a$  – масса  $\text{P}_2\text{O}_5$ , найденная по градуировочному графику, мг;  $V_1$  – объем разбавления,  $\text{см}^3$ ; 1000 – пересчет мг в г.; 100 – пересчет в %;

---

\* Если для измерения используют ФЭК–М, то применяют синий светофильтр, если ФЭК–56-светофильтр № 4.

\* В случае необходимости раствор фильтруют через фильтр «синяя лента», отбрасывая первые порции фильтрата.



$V_2$  – аликвотная часть раствора на калориметрирование, см.;  $g$  – масса навески сточной воды, г.

Пределы допускаемого значения суммарной погрешности результатов измерений для водорастворимого  $P_2O_5$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют:

поддиапазон (0,1 – 0,4%)	$\pm 0,125 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (0,4 – 1,6%)	$\pm 2,00 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (1,6 – 6,4%)	$\pm 7,22 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (6,4 – 10,0%)	$\pm 23,43 \cdot 10^{-2} \%$ .

Пределы допускаемого значения суммарной погрешности результатов измерений для общего  $P_2O_5$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют:

поддиапазон (0,1 – 0,4%)	$\pm 0,99 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (0,4 – 1,6 %)	$\pm 2,48 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (1,6 – 6,4%)	$\pm 9,65 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (6,4 – 10,0 %)	$\pm 26,43 \cdot 10^{-2} \%$ .

### 3.6 Контроль точности измерений

За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми для каждого поддиапазона не превышает значения допускаемого расхождения, равного:

– для анализа растворимого  $P_2O_5$ :

поддиапазон (0,1 – 0,4%)	$\pm 2,25 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (0,4 – 1,6 %)	$\pm 4,46 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (1,6 – 6,4%)	$\pm 9,24 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (6,4 – 10,0 %)	$\pm 13,60 \cdot 10^{-2} \%$ ;

– для анализа общего  $P_2O_5$ :

поддиапазон (0,1 – 0,4%)	$\pm 1,83 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (0,4 – 1,6 %)	$\pm 4,19 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (1,6 – 6,4%)	$\pm 16,00 \cdot 10^{-2} \%$ ;
поддиапазон (6,4 – 10,0 %)	$\pm 26,00 \cdot 10^{-2} \%$ .

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В СТОЧНЫХ ВОДАХ

**Цель работы:** Определить массовую концентрацию II и III-х валентного железа в сточной воде.

Время выполнения 3 часа.

#### 4.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Для определения общего содержания железа рекомендуют несколько методов с применением о-фенантролина, роданида и сульфосалициловой кислоты.

Роданидный метод известен давно и основан на реакции ступенчатого образования комплексов роданид-иона с ионами трехвалентного железа.

Для определения этим методом общего содержания железа предварительно проводят окисление железа II (которое может присутствовать в воде) в железо III. В качестве окислителей используют персульфат, перекись водорода, а чаще всего – перманганат в кислой среде. Преобладание в растворе того или иного комплекса зависит от концентрации реагентов и pH среды.

Более богатые роданидом комплексы окрашены в более интенсивный красный цвет. Оптимальная кислотность раствора соответствует 0,05-0,2 н. соляной, серной или азотной кислоте.

Окраска водных растворов роданидных комплексов неустойчива во времени, поэтому измерение окраски следует производить в течение 2-3 минут после введения роданида.

Определению железа роданидным методом мешают анионы, образующие устойчивые комплексы с трехвалентным железом, в том числе фториды, фосфаты, цитраты. Определению железа мешают ионы металлов, образующих в условиях реакции окрашенные

комплексы с роданидом (кобальт, молибден, висмут, титан), мешающее влияние также оказывает медь.

Метод рекомендуется для проб сточной воды, сильно загрязненных органическими веществами в растворенном и взвешенном состоянии. В процессе кипячения с окислителем органические вещества полностью разрушаются и не мешают дальнейшему определению железа.

При определении железа с о-фенантролином и сульфосалициловой кислотой сильно загрязненные пробы требуют предварительной минерализации.

В кислой среде сульфосалициловая кислота взаимодействует с железом III, образуя комплекс сиреневого цвета; в щелочной среде железо (как II, так и III) образует комплекс ярко-желтого цвета. Определению мешает присутствие более высоких, чем железо, концентраций алюминия и меди, которые подобно железу образуют цветные комплексы.

## 4.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА С РОДАНИДОМ

В методике изменен только общий объем колориметрируемого раствора (уменьшен с 57,5 до 50 см<sup>3</sup>). Фотометрирование проводят при длине волны около 495 нм в кювете длиной 2 или 3 см.

### 4.2.1 Реактивы

1) Железо-аммонийные квасцы, стандартный основной раствор с концентрацией железа 1 г/дм<sup>3</sup>.

Растворяют 8,634 г двенадцативодных железо-аммонийных квасцов в 500 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, прибавляют 2 см<sup>3</sup> концентрированной соляной кислоты и доводят объем до 1 дм<sup>3</sup> дистиллированной водой.

2) Рабочий стандартный раствор с концентрацией железа 20 мг/дм<sup>3</sup>.

Разбавляют 10 см<sup>3</sup> основного стандартного раствора дистиллированной водой до 500 см<sup>3</sup>. Используют свежеприготовленным.

3) Серная кислота, ч.д.а., раствор разбавленный (1:2).

4) Перманганат калия, примерно 0,1 н. раствор.

Растворяют 3,2 г перманганата калия ч.д.а., в дистиллированной воде и доводят объем до 1 дм<sup>3</sup>.

5) Щавелевая кислота, примерно 0,1 н. раствор.

Растворяют 6,3 г щавелевой кислоты ч.д.а. в дистиллированной воде и доводят объем до 1 дм<sup>3</sup>.

6) Роданид калия или аммония ч.д.а. 20% раствор.

7) Соляная кислота ч.д.а., раствор разбавленный (1:1).

#### **4.2.2 Анализ растворов стандартной серии. Построение градуировочного графика**

В ряд стаканов для кипячения помещают 0, 1, 2 . . . 10 см<sup>3</sup> рабочего стандартного раствора и разбавляют дистиллированной водой приблизительно до 50 см<sup>3</sup>.

В рабочий раствор добавляют 2,5 см<sup>3</sup> разбавленной серной кислоты, 2,5 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия и кипятят 5 минут, пока не останется примерно 25-35 см<sup>3</sup> жидкости. Горячий раствор вначале обесцвечивают щавелевой кислотой, а затем по каплям прибавляют к нему 2,5 см<sup>3</sup> разбавленной соляной кислоты. Раствор перемешивают, добавляют 5,0 см<sup>3</sup> раствора роданида, доводят до метки дистиллированной водой и после перемешивания колориметрируют по сравнению с дистиллированной водой.

Результаты колориметрирования заносят в таблицу, аналогичную таблице 2.1.

Формула для расчета  $C_k^p$ :

$$C_k^p = C_{pc}^p \cdot V_{pc} : V_k = 20 \cdot V_{pc} : 50 = 0,4 \cdot V_{pc},$$

где  $C_k^p$  – расчетная концентрация железа в колориметрируемом растворе, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{pc}^p$  – расчетная концентрация рабочего стандартного раствора, мг/дм<sup>3</sup>;  $V_k$  – объем взятого колориметрируемого раствора, см<sup>3</sup>;  $V_{pc}$  – объем взятого рабочего стандартного раствора, см<sup>3</sup>.

Градуировочный график строят по данным таблицы в координатах: концентрация железа в колориметрируемой пробе, мг/дм<sup>3</sup> – оптическая плотность, Бер.

### **4.2.3 Анализ сточной воды**

В стаканчик для кипячения емкостью 200 см<sup>3</sup> помещают 50 см<sup>3</sup> хорошо перемешанной пробы с концентрацией железа не более 4,0 мг/дм<sup>3</sup> (или меньший объем пробы сточной воды, доведенный до 50 см<sup>3</sup> дистиллированной водой). Далее ход анализа аналогичен ходу анализа растворов стандартной серии. Если в процессе кипячения раствор перманганата обесцветился (израсходовался на окисление органических веществ), то в пробу необходимо добавлять раствор перманганата калия до тех пор, пока после кипячения не будет оставаться устойчивое розовое окрашивание. Холостой опыт выполняют так же, как и рабочий, но вместо сточной воды используют дистиллированную воду.

Расчет производят по формуле:

$$C_{ст} = П\Delta D : V_{ст}, \text{ мг/дм}^3.$$

## **4.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА С СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ**

### **4.3.1 Реактивы**

1) Основной стандартный раствор с концентрацией железа 1 г/дм<sup>3</sup>. Приготавливают так же, как в разделе 4.2.

2) Рабочий стандартный раствор с концентрацией железа 25 мг/дм<sup>3</sup>. Разбавляют 5 см<sup>3</sup> основного стандартного раствора железа до 200 см<sup>3</sup> дистиллированной водой.

3) Раствор хлористого аммония. Растворяют 107 г хлористого аммония в дистиллированной воде и доводят объем до 1 дм<sup>3</sup>.

4) Аммиак разбавленный (1:1).

5) Сульфосалициловая кислота, 20%-й раствор. Растворяют 20 г реактива в 80 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

### 4.3.2 Анализ растворов стандартной серии. Построение градуировочного графика

В ряд мерных колб емкостью 100 см<sup>3</sup> наливают 0; 1; 2 . . . 10 см<sup>3</sup> рабочего стандартного раствора железа и разбавляют примерно до 90 см<sup>3</sup> дистиллированной водой.

В каждую колбочку приливают последовательно 2 см<sup>3</sup> раствора хлористого аммония, 2 см<sup>3</sup> сульфосалициловой кислоты, перемешивают, добавляют 2 см<sup>3</sup> раствора аммиака, доводят до метки, еще раз перемешивают и через 5 минут колориметрируют при длине волны примерно 430 нм. В качестве раствора сравнения используют дистиллированную воду.

Результаты колориметрирования заносят в таблицу, аналогичную таблице 2.1.

Формула для расчета  $C_k^p$ :

$$C_k^p = C_{pc}^p : V_k = 25 \cdot V_{pc} : 100 = 0,25 \cdot V_{pc}.$$

Градуировочный график строят по данным таблицы в координатах: концентрация железа в колориметрируемой пробе, мг/дм<sup>3</sup> – оптическая плотность, Бер.

### 4.3.3 Анализ сточной воды

К 100 см<sup>3</sup> сточной воды (или к меньшему объему, доведенному до 100 см<sup>3</sup> дистиллированной водой) прибавляют 0,5 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты и упаривают на плитке до объема около 10 см<sup>3</sup>. Затем ее разбавляют дистиллированной водой до объема около 50 см<sup>3</sup> и фильтруют в мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>, доводя объем приблизительно до 90 см<sup>3</sup>. Далее анализ продолжают как в п 4.3.2.

Холостая проба готовится, как и рабочая, но вместо сточной воды используют дистиллированную воду.

Расчет выполняется аналогично (см. п.4..2.3).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

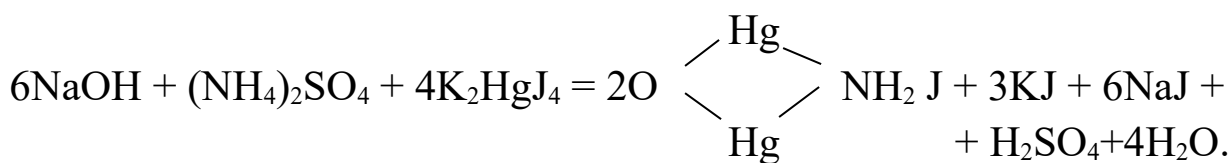
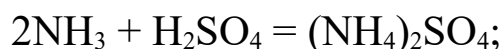
### ПРАВИЛА ОТБОРА ГАЗОВЫХ ПРОБ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИОКСИДА АЗОТА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

**Цель работы:** Измерить объемную долю аммиака в хвостовых газах фотоколориметрическим методом в диапазоне от 0,001 до 0,030%.

Время выполнения 3 часа.

#### 5.1 Метод измерений

Анализ основан на поглощении аммиака и аммиачных солей раствором серной кислоты и измерения оптической плотности окрашенных в желтый цвет растворов, содержащих комплексное соединение, образующееся при взаимодействии ионов аммония с реактивом Несслера.



#### 5.2 Средства измерений, вспомогательные устройства и реактивы

1) Концентрационный фотоколориметр КФК-2МП по ГОСТ 12083 – 78 с абсолютной погрешностью измерения коэффициента пропускания не более  $\pm 1,5\%$ .

2) Весы лабораторные общего назначения модели ВЛА-200 по ГОСТ 24104 – 88 или весы другого типа с пределом взвешивания 200 г с ценой наименьшего деления не более  $1 \cdot 10^{-4}$  г не ниже второго класса точности.

3) Манометр АМ 133 (100), манометр абсолютного давления с верхним пределом измерения 133 гПа.

- 4) Набор гирь.
- 5) Моновакуумметр диаметром 160 мм с верхним пределом измерения избыточного давления 0,06 мПа.
- 6) Термометр, секундомер, бюретка, пипетки, колбы, цилиндры.
- 7) Кислота серная с молярной концентрацией  $c(1/2 \text{H}_2\text{SO}_4) = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup>.
- 8) Аммоний хлористый, калия тетраiodомеркурат (II) в щелочном растворе (реактив Несслера).

### **5.3 Подготовка к выполнению измерений**

#### **5.3.1 Приготовление основного раствора А**

Навеску хлорида аммония массой 0,3147 г растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе вместимостью 1 дм<sup>3</sup>, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки и перемешивают содержимое колбы.

Получают основной раствор А с массовой концентрацией хлорида аммония (в пересчете на аммиак) 0,1 мг/см<sup>3</sup>.

#### **5.3.2 Приготовление основного раствора Б**

Пипеткой отбирают 10 см<sup>3</sup> раствора А, переносят его в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки и перемешивают содержимое колбы.

Получают основной раствор Б с массовой концентрацией аммиака 0,01 мг/см<sup>3</sup>.

Раствор Б используют свежеприготовленным.

### **5.4 Построение градуировочного графика**

В десять мерных колб вместимостью 50 см<sup>3</sup> вносят бюреткой 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00; 2,25; 2,50 см<sup>3</sup> основного раствора Б, что соответствует массам аммиака 0,0025; 0,0050; 0,0075; 0,010; 0,0125; 0,0150; 0,0175; 0,020; 0,0225; 0,0250 мг. Объем раствора доводят до метки дистиллированной водой, перемешивают растворы в течение 10-15 с, затем добавляют в колбы по 1 см<sup>3</sup> реактива Несслера и снова тщательно перемешивают содержимое колб.



Одновременно в одиннадцатой мерной колбе готовят раствор сравнения, прибавляя к 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды 1 см<sup>3</sup> реактива Несслера.

Через 10 минут измеряют оптические плотности градуировочных растворов по отношению к раствору сравнения на фотоколориметре со светофильтром с максимумом пропускания при длине волны 4000±5 нм в кюветах с толщиной поглощающего света 50 мм.

По полученным данным строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс значения масс аммиака в миллиграммах, а по оси ординат – соответствующие им значения оптических плотностей.

### **5.5 Отбор проб**

В колбу для отбора пробы наливают цилиндром 45 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты, колбу плотно закрывают пробкой со вставленной в нее капиллярной трубкой, помещают в защитный чехол и эвакуируют из нее воздух до остаточного давления 20-30 мм рт. ст. Затем проверяют герметичность колбы, переворачивая ее пробкой вниз. Если колба герметична, пузырьки воздуха через раствор не барботируются.

После проверки герметичности колбы фиксируют в ней остаточное давление (P1) по манометру.

Продувают пробоотборную линию и вставляют в тройник пробоотборной точки свободный конец капиллярной трубки так, чтобы он находился за отростком, через который сбрасывают давление.

Колбу присоединяют краном вниз, открывают кран (или зажим) и отбирают газ (до прекращения прохождения пузырьков через поглотительный раствор), после чего колбу доставляют в лабораторию и выдерживают ее при температуре окружающего воздуха (периодически встряхивая для лучшего растворения аммиака) в течение 20-30 минут, затем регистрируют по моновакуумметру давление (P2) в колбе и температуру окружающего воздуха.

Для удаления оксидов азота в колбу открывают в вытяжном шкафу и оставляют открытой в течение 5-10 минут.

## 5.6 Выполнение измерений

Содержимое колбы количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup>, промывают пробку и пробоотборную колбу 5 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, сливая смывную воду в мерную колбу, доводят объем раствора до метки и тщательно перемешивают раствор в колбе, затем добавляют 1 см<sup>3</sup> реактива Несслера и снова тщательно перемешивают содержимое колбы.

Через 10 минут измеряют оптическую плотность раствора по отношению к раствору сравнения на фотоколориметре. Раствор сравнения готовят так же, как и при построении градуировочного графика.

По измеренной оптической плотности по градуировочному графику находят массу аммиака в колориметрируемом растворе.

## 5.7 Вычисление результата измерений

Объемную долю аммиака в хвостовых газах ( $C$ , %) вычисляют по формуле:

$$C = \frac{m \cdot 1,3 \cdot 100}{V_0}$$

Массовую концентрацию аммиака в хвостовых газах ( $C_1$ , мг/м<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$C_1 = \frac{m \cdot 1000 \cdot 1000}{V_0}$$

где:  $m$  – масса аммиака, найденная по градуировочному графику, мг;

1,3 – удельный объем газообразного аммиака, см<sup>3</sup>/мг;

$V_0$  – объем пробы газа, приведенный к нормальным условиям, см<sup>3</sup>, вычисленный по формуле:

$$V_0 = \frac{(V - 45) \cdot 273 \cdot (P_2 - P_1)}{(273 + t) \cdot 760}$$

где  $V$  – вместимость пробоотборной колбы, см<sup>3</sup>;

$P_1$  – остаточное давление в колбе до отбора пробы газа, мм рт. ст.;

$P_2$  – давление в колбе после отбора пробы газа, мм рт. ст.;

$t$  – температура окружающего воздуха, °С.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРА В ВОЗДУХЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ, ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ХЛОРА В КИСЛОЙ СРЕДЕ С МЕТИЛОВЫМ ОРАНЖЕВЫМ

**Цель работы:** Определить содержание хлора в воздухе.

Время выполнения 3 часа.

При взаимодействии хлора в кислой среде с метиловым оранжевым ослабляется розовая окраска раствора. Уменьшение интенсивности окраски пропорционально количеству хлора.

Минимальная определяемая концентрация 0,2 мкг в анализируемом объеме раствора.

Диоксид серы, оксиды азота (до 10 мг/м<sup>3</sup>) и озон (до 5 мг/м<sup>3</sup>) не мешают определению.

#### 6.1 Реактивы

- 1) Метиловый оранжевый, х. ч.
- 2) Бромид калия, х. ч.
- 3) Этиловый спирт, ректификат.
- 4) Серная кислота с концентрацией  $C(1/2H_2SO_4) = 0,05$  моль/дм<sup>3</sup>.
- 5) Хлорамин Б.
- 6) Йод возогнанный, растертый и высушенный.
- 7) Тиосульфат с концентрацией  $C(1/2Na_2S_2O_3) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>.

#### 6.2 Приготовление растворов

**Поглотительный раствор.** В мерной колбе на 1 дм<sup>3</sup> растворяют 0,1 г метилового оранжевого в 100 см<sup>3</sup> горячей воды, по охлаждению прибавляют 0,5 г бромида калия, 20 см<sup>3</sup> этилового спирта, содержимое колбы перемешивают и доводят объем водой до метки. Раствор устойчив.

**Рабочий поглотительный раствор.** В мерную колбу на 100 см<sup>3</sup> вливают 4 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты с концентрацией  $C(1/2H_2SO_4) = 0,05$  моль/дм<sup>3</sup> и 5 см<sup>3</sup> исходного поглотительного раствора, доводят

объем до метки водой; 25 см<sup>3</sup> этого раствора помещают в коническую колбу и титруют рабочим стандартным раствором хлора до лимонно-желтой окраски. На 25 см<sup>3</sup> рабочего поглотительного раствора должно расходоваться 2,5-3 см<sup>3</sup> рабочего стандартного раствора хлора.

Если на титрование расходуется больше или меньше стандартного раствора хлора, то необходимо поглотительный раствор соответствующим образом разбавить или приготовить более концентрированный раствор. Хранить его следует в темном месте.

**Стандартный раствор хлора.** Растворяют 5 г хлорной извести в 250 см<sup>3</sup> воды и оставляют раствор в покое на несколько часов. Затем прозрачный раствор фильтруют в мерную колбу на 1 дм<sup>3</sup>, доводят объем до метки бидистиллятом, переливают в темную склянку и определяют титр раствора титрованием его раствором тиосульфата с концентрацией  $C(1/2Na_2S_2O_3) = 0,02$  моль/дм<sup>3</sup>.

Перед применением раствора каждый раз определяют содержание хлора йодометрически. Для титрования берут 10 см<sup>3</sup> исходного раствора хлора в коническую колбу с притертой пробкой на 250 см<sup>3</sup>, вливают 5 см<sup>3</sup> 10%-ной серной кислоты, 60 см<sup>3</sup> воды, всыпают 1 г йодида калия, раствор взбалтывают и оставляют в темном месте на 5-10 минут. Затем титруют свежеприготовленным раствором тиосульфата с концентрацией  $C(1/2Na_2S_2O_3) = 0,02$  моль/дм<sup>3</sup> до образования бледно-желтой окраски, вливают в раствор 1 см<sup>3</sup> 0,5%-го крахмала и титруют до обесцвечивания. Содержание хлора определяют из расчета: 1 см<sup>3</sup> раствора тиосульфата с концентрацией  $C(1/2Na_2S_2O_3) = 0,02$  моль/дм<sup>3</sup> соответствует 0,709 мг хлора.

**Рабочий стандартный раствор** с содержанием хлора 10 мг/см<sup>3</sup>. В мерную колбу на 100 см<sup>3</sup> вливают столько исходного раствора, чтобы в нем содержалось 1000 мкг хлора, и доводят объем до метки бидистиллятом. Перед применением раствора проверяют содержание хлора йодометрически: раствор титруют раствором тиосульфата с концентрацией  $C(1/2Na_2S_2O_3) = 0,002$  моль/дм<sup>3</sup>, который готовят

перед титрованием. 1 см<sup>3</sup> этого раствора соответствует 0,0709 мг хлора.

### 6.3 Отбор пробы

Для определения разовой концентрации воздуха со скоростью 0,5 дм<sup>3</sup>/мин протягивают через поглотительный прибор с пористым фильтром № 1, содержащий 2,5 см<sup>3</sup> поглотительного раствора. Продолжительность отбора 20-30 минут. При изменении окраски поглотительного раствора отбор прекращают.

Для определения среднесуточной концентрации воздуха со скоростью 5 дм<sup>3</sup>/мин протягивают в течение суток через поглотительный прибор с пористым фильтром № 1, содержащий 5 см<sup>3</sup> поглотительного раствора. При наполнении прибора отмечают уровень жидкости, который периодически доводят водой до первоначального.

Допустимо проводить отбор с перерывами в 2-4 ч в один и тот же поглотительный прибор.

### 6.4 Ход определения

Из поглотительного прибора жидкость выливают в колориметрическую пробирку. Затем строят шкалу стандартов:

Номер стандарта	0	1	2	3	4	5	6
Рабочий стандартный раствор, см <sup>3</sup>	0	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Рабочий поглотительный раствор, см <sup>3</sup>	не более 2 см <sup>3</sup> во все пробирки						
Содержание хлора, мкг	0	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5

Пробу колориметрируют на белом фоне. Шкала сохраняется в течение месяца в темном месте.

Можно концентрацию хлора установить фотометрически. Для этого готовят серию стандартных растворов с содержанием 1, 2, 3 и 4 мкг хлора в 5 см<sup>3</sup>. Измеряют оптические плотности полученных

растворов и строят калибровочный график. В качестве контрольного раствора используют поглотительный раствор, предварительно измерив его оптическую плотность по отношению к дистиллированной воде. Перед отбором проб проверяют оптическую плотность поглотительного раствора. Если значение оптической плотности изменилось, то раствор разбавляют водой или добавляют в него исходный поглотительный раствор до получения первоначальных данных.

Концентрацию  $C$  (в мг/м<sup>3</sup>) вещества в воздухе вычисляют по формулам:

$$C = \frac{V \cdot a}{V_1 \cdot V_0},$$

$$C = \frac{b}{V_0},$$

где  $a$  – количество вещества, найденное в анализируемом объеме раствора, мкг;  $V$  – общий объем исследуемого раствора, см<sup>3</sup>;  $V_0$  – объем исследуемого воздуха, приведенный к нормальным условиям, дм<sup>3</sup>;  $V_1$  – объем исследуемого раствора, взятый для анализа, см<sup>3</sup>;  $b$  – количество вещества, найденное во всем объеме исследуемого раствора, мкг.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

### ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНИЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

**Цель работы:** Определить массовую концентрацию алюминия в сточной воде.

Время выполнения 3 часа.

#### 7.1 Теоретические основы

Наиболее распространенным реактивом для определения алюминия является алюминон.

Колориметрическое определение алюминия с алюминоном основано на образовании комплексного соединения красного цвета, которое при небольших концентрациях образует коллоидные псевдорастворы.

Коллоидный окрашенный раствор стабилизируют добавлением желатины или гуммиарабика.

Определению мешает присутствие некоторых металлов (железа, хрома, меди, титана), а также фторидов, полифосфатов, сероводорода, хлора, окрашенных веществ и мути. Мешающее действие железа устраняют восстановлением его до двухвалентного железа тиогликолевой или аскорбиновой кислотой. Мешающее действие меди и окислителей можно устранить добавлением тиосульфата натрия. Сильно окрашенные и мутные пробы перед анализом минерализуют. Интенсивность окрашенного комплекса значительно зависит от рН раствора, температуры и продолжительности реакции, а также от избытка алюминона. Рекомендуют в реакционную смесь вводить лимонную кислоту, исследуемая вода не должна содержать цитраты, тартраты, фториды, оксалаты и комплексон III, которые дают с алюминием прочные комплексы.

Для стабилизации коллоидного раствора в колориметрируемую пробу вводят раствор желатины; рН раствора поддерживают ацетатным буферным раствором рН = 5,0-5,3.

## **7.2 Реактивы**

1) Основной стандартный раствор алюминия с концентрацией 1 г/дм<sup>3</sup>.

Растворяют 17,6 г алюмокалиевых квасцов в дистиллированной воде, подкисленной 0,5 см<sup>3</sup> концентрированной соляной кислотой, и доводят до 1 дм<sup>3</sup>.

2) Рабочий стандартный раствор с концентрацией 5 мг/дм<sup>3</sup>.

Готовят разбавлением основного стандартного раствора в 200 раз (например, 5 см<sup>3</sup> до 1 дм<sup>3</sup>) дистиллированной водой или готовят разбавлением 5 см<sup>3</sup> ГСО 5215 – 90 до 100 см<sup>3</sup> дистиллированной водой.

3) Водный раствор аскорбиновой кислоты, 1%-й.

Раствор устойчив в течение нескольких часов. Растворяют 0,5 г реактива в 50 см<sup>3</sup> воды.

4) Водный раствор алюминона, 0,1%-й.

При хранении в склянке темного стекла устойчив 7-10 суток.

5) Водный раствор желатины, 1%-й.

Навеску желатины заливают всей порцией дистиллированной воды и оставляют для набухания. После этого ее растворяют на кипящей водяной бане, при необходимости фильтруют. Срок хранения – 2 дня в холодильнике.

После холодильника перед употреблением разогревают на водяной бане.

## **1.2 Анализ растворов стандартной серии. Построение градуировочного графика**

В ряд мерных колб на 50 см<sup>3</sup> помещают 0, 1, 2; . . . 8 см<sup>3</sup> рабочего стандартного раствора и разбавляют дистиллированной водой приблизительно до 30-40 см<sup>3</sup>.



К полученному раствору добавляют 2 см<sup>3</sup> раствора аскорбиновой кислоты, перемешивают и ставят в водяную баню с температурой 70-80°С на 1 минуту. (Температуру удобно поддерживать с помощью контактного термометра.)

Затем растворы вынимают и выстаивают еще 4 минуты. После этого прибавляют 2,5 см<sup>3</sup> ацетатного буфера, 5 см<sup>3</sup> желатины и точно 5,0 см<sup>3</sup> алюминона. Пробу разбавляют до метки дистиллированной водой, перемешивают и помещают в ту же водяную баню на 10 минут. Затем пробы вынимают и охлаждают в водяной бане с холодной водой или под струей воды и колориметрируют в кювете с толщиной слоя 1 см при длине волны около 540 нм. В качестве раствора сравнения используют дистиллированную воду.

Результаты колориметрирования записывают в таблицу 2.1.

Формула для расчета  $C_k^p$ :

$$C_k^p = C_{pc}^p : V_k = 5 \cdot V_p : 50 = 0,1 \cdot V_{pc}.$$

Градуировочный график строят по данным таблицы в координатах: концентрация алюминия в колориметрируемой пробе, мг/дм<sup>3</sup> – оптическая плотность, Бер.

### 7.3 Анализ сточной воды

Пробу сточной воды подкисляют соляной кислотой до рН 2,3-3,0. При наличии в пробе хрома в концентрациях равных или превышающих концентрацию алюминия поддерживают строго рН 3,0.

Пробу фильтруют, отбирают такой объем сточной воды, чтобы содержание алюминия в пробе было от 0,005 до 0,04 мг, помещают в мерную колбу на 50 см<sup>3</sup>, разбавляют, если требуется, до 30-40 см<sup>3</sup> дистиллированной водой и далее продолжают анализ аналогично изложенному в п. 7.2.

Холостая проба готовится, как и рабочая, но вместо сточной воды используют дистиллированную.

Расчет выполняют по формуле:

$$C_{ст} = П\Delta D : V_{ст}, \text{ мг/дм}^3.$$

## 8 ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

1. К работе допускаются лица, прошедшие инструктаж по безопасной работе в химической лаборатории.
2. Работу выполнять с применением средств индивидуальной защиты.
3. Работать только на исправных электроприборах и оборудовании.
4. Стеклянная посуда должна быть целой, без трещин и изломов.
5. Перед работой вентиляция в лаборатории должна быть включена.
6. При работе с УГ-2 необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные при работе с определяемым газом (паром).
7. По окончании работы и перед принятием пищи необходимо тщательно вымыть руки с мылом.
8. При эвакуации воздуха из колбы, при отборе в нее газа колба должна быть помещена в защитный чехол.
9. После работы все электроприборы должны быть обесточены, посуда вымыта, рабочее место убрано.

## **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

1.1. Перечень основной литературы:

1. Безопасность труда в химической промышленности: учеб. пособие: / Под ред. Л.К.Марининой.- М.: Академия, 2012. ISBN 978-5-7695-4291-6

1.2. Перечень дополнительной литературы:

1.Федеральный закон "Об охране окружающей среды" 10 января 2002

2. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Понаморев. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда); Уч. Пособие.- М.: Высшая школа, 2001.-318с.

2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ, ПРОВОДИМЫМ В ИНТЕРАКТИВНОЙ ФОРМЕ ОБУЧЕНИЯ по направлениям подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 18.03.01 Химическая технология 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств (магистратура), 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии / сост.: М.В. Должикова, А.А. Евдокимов, Е.Н. Павленко, А.И. Колдаев, А.В. Пашковский, Т.С. Чередниченко. – Невинномысск: НТИ (филиал) СКФУ, 2022. – 45 с

3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам

2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».

3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО

4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.

5 <https://openedu.ru> – Открытое образование

6 <http://ecograde.bio.msu.ru> – Информационная система «Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования»

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания**  
к практическим занятиям по дисциплине  
«Контроль состояния окружающей среды на предприятиях отрасли»  
для направления подготовки 18.03.01 Химическая технология  
направленность (профиль) Химическая технология неорганических веществ

**Невинномысск 2023**

Методические указания составлены в соответствии с программой по дисциплине «Контроль состояния окружающей среды на предприятиях отрасли». В методических указаниях приводятся теоретическое обоснование практических работ, указаны методики их выполнения, требования к оформлению отчета, приведены вопросы для защиты работы и примеры выполнения работ.

Настоящие указания разработаны для направления подготовки 18.03.01  
Химическая технология

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры ХТМиАХП и рекомендованы к внутривузовскому изданию.

*Составил старший преподаватель*

*К.С. Сылко*

*Рецензент доцент Е.Н. Павленко*

## Введение

Методические указания выполнены на современном научном уровне и рассчитано на студентов, обладающих достаточной подготовкой по разделам общей химии, физики и математики. Методические указания составлены для проведения практических занятий курса «Контроль состояния окружающей среды на предприятиях отрасли» с учетом требований стандарта ФГОС ВО для подготовки бакалавров направления 18.03.01 Химическая технология.

## Содержание

### Практическое занятие №1

Оценка воздействия загрязняющих веществ на атмосферный 4  
воздух.

Котельная.....

### Практическое занятие №2

Определение количества удаляемых в атмосферу продуктов 7  
сгорания. Расчет массы оксида  
углерода.....

### Практическое занятие №3

Определение количества удаляемых в атмосферу продуктов 12  
сгорания. Расчет массы оксидов  
азота.....

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ МАЗУТНОЙ ЗОЛЫ В ПЕРЕСЧЕТЕ НА 17  
ВАНАДИЙ.....

### Практическое занятие №5

Определение количества удаляемых в атмосферу продуктов 19  
сгорания. Расчет массы оксида  
серы.....

### Практическое занятие №6

Расчетное определение выбросов бензапирена в атмосферу ..... 21

### Практическое занятие №7

Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при 23  
механической обработке металлов.....

Литература..... 34

## **Практическое занятие №1**

### **Оценка воздействия загрязняющих веществ на атмосферный воздух.**

#### **Котельная**

Котельные являются наиболее распространенными источниками загрязнения атмосферного воздуха среди предприятий железнодорожного транспорта (на их долю приходится до 80% суммы выбросов всех загрязняющих веществ). Паровые котлы котельной вырабатывают пар для технологических нужд и обогрева производственных помещений.

Для котельных, в зависимости от вида топлива, на котором они работают, нормируемыми являются массы выбросов следующих видов загрязняющих веществ:

- оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, твердые частицы для котельных, работающих на твердом или жидком топливе (летучая зола, коксовые остатки или мазутная зола в пересчете на ванадий);

Расчет выбросов продуктов сгорания (оксида углерода, оксидов азота, бензапирена и т.д.) от котельных осуществляется по «Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал/ч». В соответствии с методикой проводится расчет валового и максимально - разового выбросов по каждому виду учитываемого ЗВ для всех видов котельных.

1.1 Валовые и максимально-разовые выбросы твердых частиц в дымовых газах котельных при сжигании твердого топлива

При сжигании жидкого топлива (мазута, дизтоплива, солярки) с дымовыми газами в атмосферу выбрасываются твердые частицы: летучая зола и несгоревшее топливо.

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива)  $M_{тв}$ , поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов (г/с, т/год), вычисляют по формуле



$$M_{ТВ} = 0,01B \left[ a_{ун} A^r + q_4 \frac{Q_i^r}{32,68} \right] (1 - \eta_3),$$

где В - расход натурального топлива, г/с (т/год), указан в задании на курсовой проект;

$A^r$  - зольность топлива на рабочую массу, для мазута малосернистого принять  $A^r = 0,02$

$a_{ун}$  - доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе), в зависимости от типа топки и вида топлива  $a_{ун} = 0,01$

$\eta_3$  - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях; если золоуловители отсутствуют  $\eta_3 = 0$ ;

$q_4$  - потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %; при отсутствии данных можно использовать ориентировочные значения (таблица 1.1);

$Q_i^r$  - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг (таблица 1.1);

32,68 - теплота сгорания углерода, МДж/кг.

$$M_{\text{дА}} = 0,01 \cdot 1116 \cdot \left[ 0,01 \cdot 0,02 + 0,1 \frac{40,30}{32,68} \right] (1 - 0,85) = 0,002 \text{ т / год}$$

### Вопросы:

1. Почему котельные являются наиболее распространенными источниками загрязнения атмосферного воздуха?
2. Массы каких видов загрязняющих веществ являются нормируемыми?
3. При сжигании жидкого топлива (мазута, дизтоплива, солярки) с дымовыми газами какие твердые частицы выбрасываются в атмосферу?
4. По какой формуле вычисляют суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива)  $M_{ТВ}$ , поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов?

## Практическое занятие №2

### Определение количества удаляемых в атмосферу продуктов сгорания. Расчет массы оксида углерода

Расчет расхода удаляемых в атмосферу продуктов сгорания определяется по формуле:

$$V_{yx} = B_{\text{кв}}^c \frac{[V_r^0 + 1,0161 * V^0 (\alpha_{yx} - 1)] * (\Gamma_{yx} + 273)}{273}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \quad (6)$$

где:  $B_{\text{кв}}^c$  - расчетный секундный расход топлива на котельную, кг/с ( $\text{м}^3/\text{с}$ );

$V_r^0$  - теоретический объем газов при  $\alpha=1$ , образующихся при сжигании единицы топлива,  $\text{м}^3/\text{кг}$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ );

$V^0$  - теоретически необходимый объем воздуха при сжигании единицы топлива,  $\text{м}^3/\text{кг}$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ );

$\alpha_{yx} = 1,4$  – коэффициент избытка воздуха;

$\Gamma_{yx}$  – температура уходящих дымовых газов.

Полученные значения подставляем в формулу (6):

Зимний период

- Мазут:

$$V_{yx} = 1,51 \frac{[11,48 + 1,0161 * 10,62 (1,4 - 1)] * (173 + 273,15)}{273,15} = 38,921 \text{ м}^3/\text{с}$$

- Природный газ:

$$V_{yx} = 1,63 \frac{[11,01 + 1,0161 * 9,81 (1,4 - 1)] * (147 + 273,15)}{273,15} = 37,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Летний период

- Природный газ:

$$V_{yx} = 0,653 \frac{[11,01 + 1,0161 * 9,81 (1,4 - 1)] * (147 + 273,15)}{273,15} = 15,063 \text{ м}^3/\text{с}$$

## 1. РАСЧЕТ МАССЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВЫБРОСАХ КОТЕЛЬНОЙ

Расчет массы токсичных веществ  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ , твердых частиц, бенз(а)пирена производится для двух временных промежутков- годовой (валовой) выброс веществ, т/год (необходим для подсчета ущерба от загрязнения) и секундный выброс загрязняющих веществ, г/с (необходим для расчета рассеивания токсичных веществ в атмосфере). При этом используется соответствующие расходы топлива годовой-тыс.  $\text{м}^3/\text{год}$  (газообразное топливо)- т/год (жидкое и твердое топливо) и секундный  $\text{м}^3/\text{с}$  (газообразное топливо) и кг/с (жидкое и твердое топливо).

Масса выбросов оксида углерода, г/с, (т/год), определяется по формулам: при сжигании природного газа:

- при определении максимальных выбросов, г/с:

$$M_{\text{CO}} = B_{\text{кв}}^c * C_{\text{CO}} \quad (7)$$

Где:  $B_{\text{кв}}^c$  – секундный (зимний, летний) расход топлива котельной,  $\text{м}^3/\text{с}$

$C_{\text{CO}}$  - количество оксида углерода при сжигании топлива,  $\text{г}/\text{м}^3$

$$C_{\text{CO}} = q_3 * R * Q_i^r, \text{ г/кг} (\text{г}/\text{м}^3) \quad (8)$$

Где:  $q_3 = 0,2$  - потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива;

$R$  - коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания, обусловленную наличием в продуктах сгорания оксида углерода.

Принимаем для природного газа  $R = 0,5$

для мазута  $R = 0,65$

$Q_i^r$  - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/ $\text{м}^3$ )

$$C_{\text{CO}}^{\text{маз}} = 0,2 * 0,5 * 37,01 = 3,701 \text{ г}/\text{м}^3$$

Полученные значения подставляем в формулу (7):

- Зимний период:

$$M_{\text{CO}}^{c(\text{зим})} = 1,63 * 3,701 = 6,0326 \text{ г}/\text{с}$$

- Летний период:

$$M_{CO}^{c(лет)} = 0,653 * 3,701 = 2,42 \text{ г/с}$$

- При определении годовых выбросов, т/год:

$$M_{CO} = 10^{-3} * B_{тод}^c * C_{CO} (9)$$

$$M_{CO}^{c(лет)} = 27488,4 * 3,701 * 10^{-3} = 101,735 \text{ т/год}$$

1.1.2. Масса выбросов оксида углерода, г/с, (т/год), определяется по формулам: при сжигании мазута:

$$M_{CO} = 10^{-3} * B_{мазут}^{c,тод} * C_{CO} \left( 1 - \frac{q_4}{100} \right) (10)$$

Где:  $q_4 = 0,1$  – потери теплоты вследствие механической неполноты сгорания топлива

$$C_{CO}^{мазут} = 0,2 * 0,65 * 40,61 = 5,28 \text{ г/м}^3$$

-Секундный расход выбросов:

$$M_{CO}^{c(мазут)} = 10^{-3} * (1,51 * 1000) * 5,28 * \left( 1 - \frac{0,1}{100} \right) = 7,96 \text{ г/с}$$

-Годовой расход выбросов:

$$M_{CO}^{c(мазут)} = 10^{-3} * 4480,245 * 5,28 * \left( 1 - \frac{0,1}{100} \right) = 23,63 \text{ т/год}$$

Расчет суммарного количества выбросов оксида углерода для твердого и жидкого топлива, г/с (т/год), выполняется по соотношению

$$M_{CO} = 10^{-3} * B * C_{CO} \left[ 1 - \frac{q_0}{100} \right], \quad (3.12)$$

где В - расход топлива, г/с или т/год, таблица 2.2;

$C_{CO}$  - выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг или кг/т.

$$M_{CO} = 10^{-3} * 1116 * 0,052 * \left[ 1 - \frac{0,001}{100} \right] = 0,058 \text{ т/год}$$

Рассчитывается по формуле

$$C_{CO} = q_3 * RQ_i^r,$$

где  $q_3$  - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива

%;

R - коэффициент, учитывающий долю вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; принимается для мазута = 0,65

$Q_i^r$  - низшая теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг, (МДж/м<sup>3</sup>),

q<sub>4</sub> - потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива % (таблица 1.1);

Таблица 1.1 - Характеристика топок котлов малой мощности

Вид топок и котлов	Топливо	q <sub>3</sub> , %	q <sub>4</sub> , %	Примечание
С неподвижной решеткой и ручным забросом топлива	Бурые угли	2,0	8,0	
	Каменные угли	2,0	7,0	
	Антрациты	1,0	10,0	
	АМ и АС			
Топки с цепной решеткой	Донецкий антрацит	0,5	13,5/10	Большие значения q <sub>4</sub> - при отсутствии
Шахтно-цепные топки	Торф кусковой	1,0	2,0	средств уменьшения
Топки с пневмомеханическим забрасывателем и цепной решеткой прямого хода	Угли типа кузнецких	0,5-1,0	5,5/3 6/3,5	уноса; меньшие значения q <sub>4</sub> - при остром дутье и наличии возврата
	Угли типа донецкого	0,5-1,0	5,5/4	
	Бурые угли	0,5-1,0		
Топки с пневмомеханическими забрасывателями и цепной решеткой обратного хода	Каменные угли	0,5-1,0	5,5/3 6,5/4,5	уноса, а также для котлов производительностью 25- 35 т/ч
	Бурые угли	0,5-1,0		
Топки с пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	Донецкий антрацит	0,5-1,0	13,5/10 9/7,5	
	Бурые угли типа	0,5-1,0	6/3 5,5/3	
	подмосковных, бородинских	0,5-1,0		
	Угли типа кузнецких	0,5-1,0		
Камерные топки	Мазут	0,2	0,1	
	Газ	0,2	0	

	(природный попутный) Доменный газ	1,0	0	
--	-----------------------------------	-----	---	--

$$C_{CO} = 0,002 \cdot 0,65 \cdot 40,30 = 0,052 \text{ кг/т}$$

### **ВОПРОСЫ:**

1. По какой формуле определяется расход удаляемых в атмосферу продуктов сгорания?
2. КАК ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ МАССА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВЫБРОСАХ КОТЕЛЬНОЙ?
3. По какому соотношению выполняется расчет суммарного количества выбросов оксида углерода для твердого и жидкого топлива?

### Практическое занятие №3

#### Определение количества удаляемых в атмосферу продуктов сгорания. Расчет массы оксидов азота

Суммарное количество оксидов азота (в пересчете на  $\text{NO}_2$ ), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами,  $M_{\text{NO}_x}$  рассчитывается по формулам:

- при сжигании природного газа, г/с (т/год):

$$M_{\text{NO}_2} = B_{\text{нв}}^{c, \text{год}} * Q_i^r * K_{\text{NO}_2} * \beta_k * \beta_t * \beta_a * (1 - \beta_r) * (1 - \beta_s) * k_n \quad (11)$$

Где:  $B_{\text{нв}}^{c, \text{год}}$  – секундный (зимний, летний) или годовой расход топлива котельной установкой,  $\text{м}^3/\text{с}$ , тыс.  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$Q_i^r$  – низшая теплота сгорания топлива,  $\text{МДж}/\text{м}^3$ ;

$K_{\text{NO}_2}$  – удельный выброс оксидов азота при сжигании газа,  $\text{г}/\text{МДж}$ ;

$\beta_k = 1$  – безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелки.

$\beta_t = 1$  – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения.

$\beta_a = 1,225$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота;

$\beta_r = 0$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота;

$\beta_s = 0$  – безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру;

$k_n$  – коэффициент пересчета. При определении выбросов в граммах в секунду  $k_n = 1$ ; при определении выбросов в тоннах в год  $k_n = 10^{-3}$ .

Удельный выброс оксидов азота,  $\text{г}/\text{МДж}$  определяем по формуле для паровых котлов:

$$k_{NO_2}^r = 0,01 * \sqrt{D} + 0,03 \quad (12)$$

Где: **D** – фактическая паропроизводительность котла, т/ч

$$k_{NO_2}^r = 0,01 * \sqrt{16} + 0,03 = 0,07 \text{ г/МДж}$$

Полученные значения подставляем в формулу

-Секундный расход выбросов:

-Зимний период:

$$M_{NO_2}^{c(зим)} = 1,63 * 37,01 * 0,07 * 1 * 1 * 1,225 * (1-0) * (1-0) * 1 = 5,173 \text{ г/с}$$

-Летний период:

$$M_{NO_2}^{c(лет)} = 0,653 * 37,01 * 0,07 * 1 * 1 * 1,225 * (1-0) * (1-0) * 1 = 2,07 \text{ г/с}$$

-Годовой расход выбросов:

$$M_{NO_2}^{z(год)} = 27488,44 * 37,01 * 0,07 * 1 * 1 * 1,225 * (1-0) * (1-0) * 10^{-3} = 687,24 \text{ т/год}$$

-при сжигании мазута, г/с (т/год):

$$M_{NO_2} = B_{ку}^{c,зод} * Q_i^r * k_{NO_2}^M * \beta_t * \beta_a * (1 - \beta_r) * (1 - \beta_s) * k_n \quad (13)$$

Где:  $\beta_a = 1,113$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота;

Удельный выброс оксидов азота, г/МДж определяем по формуле для паровых котлов:

$$k_{NO_2}^M = 0,01 * \sqrt{D} + 0,1 \quad (14)$$

Где: **D** – фактическая паропроизводительность котла, т/ч

$$k_{NO_2}^M = 0,01 * \sqrt{16} + 0,1 = 0,14 \text{ г/МДж}$$

Полученные значения подставляем в формулу (13)

-Секундный расход выбросов:

$$M_{NO_2}^{c(лет)} = 1,51 * 40,61 * 0,14 * 1 * 1,113 * (1-0) * (1-0) * 1 = 9,55 \text{ г/с}$$

-Годовой расход выбросов:

$$M_{NO_2}^{z(лет)} = 4480,24 * 40,61 * 0,14 * 1 * 1,113 * (1-0) * (1-0) * 10^{-3} = 28,35 \text{ т/год}$$

Затем в связи с установленными отдельными ПДК для оксида NO и диоксида азота NO<sub>2</sub> и с учётом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота, г/с (т/год) разделяются составляющие:



$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 * M_{\text{NO}_x} \quad (15)$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 * M_{\text{NO}_x} \quad (16)$$

При сжигании природного газа:

-Секундный расход выбросов:

-Зимний период:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 * 5,173 = 4,14 \text{ г/с}$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 * 5,173 = 0,67 \text{ г/с}$$

-Летний период:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 * 2,07 = 1,66 \text{ г/с}$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 * 2,07 = 0,27 \text{ г/с}$$

-Годовой расход выбросов:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 * 87,24 = 69,8 \text{ т/год}$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 * 87,24 = 11,34 \text{ т/год}$$

При сжигании мазута:

-Секундный расход выбросов:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 * 9,55 = 7,64 \text{ г/с}$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 * 9,55 = 1,24 \text{ г/с}$$

-Годовой расход выбросов:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 * 28,35 = 22,68 \text{ т/год}$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 * 28,35 = 3,68 \text{ т/год}$$

Суммарное количество оксидов азота  $\text{NO}_x$ , т/год, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{NO}_x} = V_p Q_i K_{\text{NO}_x}^M \beta_i \beta_\alpha (1 - \beta_r)(1 - \beta_\delta) k_i,$$

где  $V_p$  - расчетный расход топлива, (т/год), определяемый по формуле

$$V_p = V \left[ 1 - \frac{q_4}{100} \right],$$

Здесь  $K_{\text{NO}_x}^M$  - удельный выброс оксидов азота при сжигании мазута, г/МДж;

$$B_p = 1116 \left[ 1 - \frac{0,001}{100} \right] = 1116 \text{ т/год}$$

$$M_{NO_x} = 1116 \cdot 40,30 \cdot 0,11 \cdot 0,0044 \cdot 1 \cdot (1 - 0,07)(1 - 0,0036) \cdot 10^{-6} = 0,00002 \text{ т/год}$$

Для паровых котлов

$$K_{NO_x}^M = 0,01\sqrt{D} + 0,1,$$

где D - фактическая паропроизводительность котла, т/ч, = 3,0

$$K_{NO_x}^M = 0,01\sqrt{2} + 0,1 = 0,11 \text{ г/МДж}$$

$\beta_t$  - безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения; рассчитывается по формуле

$$\beta_\delta = 0,022\delta,$$

где  $\delta$  - доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела (в процентах от общего количества организованного воздуха) = 0,2

$$\beta_t = 0,022 \cdot 0,2 = 0,0044$$

$\beta_\alpha$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота при сжигании мазута = 1.

$\beta_r$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота.

$$\beta_r = 0,17\sqrt{r},$$

Где r - степень рециркуляции дымовых газов, %, = 0;

$$\beta_r = 0,17 \cdot \sqrt{0,15} = 0,07$$

$\beta_\delta$  - безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру:

$$\beta_\delta = 0,018\delta,$$

Где  $\delta$  - доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела, %, = 0,1

$k_n$  - коэффициент пересчета; при определении выбросов в т/год  $k_n = 10^{-3}$ .

$$\beta_\delta = 0,018 \cdot 0,2 = 0,0036$$

В связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие по формуле:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 M_{\text{NO}_x}, M_{\text{NO}} = 0,13 M_{\text{NO}_x}$$

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 \cdot 0,00002 = 0,000016$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 \cdot 0,00002 = 0,000003$$

### **Вопросы:**

1. По каким формулам рассчитывается суммарное количество оксидов азота (в пересчете на  $\text{NO}_2$ ), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами,  $M_{\text{NO}_x}$  ?
2. Как рассчитывают секундный расход выбросов в летний и зимний периоды?
3. По какой формуле рассчитывается суммарное количество оксидов азота  $\text{NO}_x$ , т/год, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами?
4. На какие составляющие разделяются по формуле, в связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе, суммарные выбросы оксидов азота?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

### РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ МАЗУТНОЙ ЗОЛЫ В ПЕРЕСЧЕТЕ НА ВАНАДИЙ

Мазутная зола представляет собой сложную смесь, состоящую в основном из оксидов металлов. Биологическое ее воздействие на окружающую среду рассматривается как воздействие единого целого. Суммарное количество мазутной золы ( $M_{мз}$ ) в пересчете на ванадий,  $t/год$ , поступающей в атмосферу с дымовыми газами котла при сжигании мазута, вычисляют по формуле

$$M_{мз} = G_v B (1 - \eta_{oc}) \left[ 1 - \frac{\eta_{зв}^v}{100} \right] k_n,$$

где  $G_v$  - количество ванадия, находящегося в 1  $t$  мазута,  $г/т$ .

$$G_v = 2222 A^r,$$

Таблица 4.1 - Характеристика топлив

№№ п/п	Наименование топлива	q <sub>т</sub> , %	S <sup>r</sup> , %	Q <sub>i</sub> <sup>r</sup> , МДж/кг
Уголь				
1.	Подмосковный бассейн (бурый уголь)	39,0	4,2	9,88
2.	Печорский бассейн (каменный уголь)	31,0	3,2	17,54
3.	Челябинский бассейн (бурый уголь)	29,9	1,0	14,19
4.	Кузнецкий бассейн (каменный уголь)	13,2	0,4	22,93
5.	Антрацит	29,9	1,9	16,39
Жидкое топливо				
6.	Мазут малосернистый	0,1	0,5	40,30
7.	Мазут сернистый	0,1	1,9	39,85
8.	Мазут высокосернистый	0,1	4,1	38,89
9.	Дизельное топливо	0,025	0,3	42,75
Газ из газопроводов				
10.	Саратов – Москва	-	-	35,80
11.	Саратов – Нижний Новгород	-	-	36,13

12.	Ставрополь - Москва	-	-	36,00
13.	Брянск - Москва	-	-	37,30
14.	Доменный газ	-	-	39,40

здесь 2222 - эмпирический коэффициент;

$A^r$  - содержание золы в мазуте на рабочую массу, % = 0,02;

$B$  - расход натурального топлива 1116 т/год

$\eta_{oc}$  - доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхности нагрева мазутных котлов, которую принимают равной 0,05;

$\eta_{зy}^v$  0,85;

$k_{п}$  - коэффициент пересчета при определении выбросов в т/год  $k_{п} = 10^{-6}$ .

$$G_v = 2222 \cdot 0,02 = 44,44 \text{ Г/Т}$$

$$M_{ic} = 44,44 \cdot 1116 \left( (1 - 0,05) \left[ 1 - \frac{0,85}{100} \right] \cdot 10^{-6} \right) = 0,047 \text{ т/год}$$

### Вопросы:

1. Что такое мутная зола?
2. Как рассматривается биологическое воздействие золы на окружающую среду?
3. Как рассчитывается суммарное количество мазутной золы в пересчете на ванадий?
4. Какие виды топлив существуют?

## Практическое занятие №5

### Определение количества удаляемых в атмосферу продуктов сгорания. Расчет массы оксида серы

Суммарное количество оксидов серы  $M_{SO_2}$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами (г/с, т/год) при сжигании всех видов топлива, вычисляется по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02BS^r(1 - \eta'_{SO_2})(1 - \eta''_{SO_2}),$$

где В - расход натурального топлива, г/с (т/год);

$S^r$  - содержание серы в топливе на рабочую массу % ;

$\eta'_{SO_2}$  - доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;

ориентировочные значения  $\eta'_{SO_2}$  при сжигании различных видов топлива (таблица 5.1);

$\eta''_{SO_2}$  - доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц, при отсутствии золоуловителей принимается равной нулю.

Таблица 5.1 - Доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле, для различных видов топлив

Топливо	$\eta'_{SO_2}$
антрацит	0,02
уголь	0,1
мазут	0,02
газ	0

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 1116 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0,85) = 3,3 \text{ т/год}$$

#### Вопросы:

1. Как определяется суммарное количество оксидов серы ?
2. Чему равна доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле, для различных видов топлив?
3. Как определить содержание серы в топливе на рабочую массу?

## Практическое занятие №6

### Расчетное определение выбросов бензапирена в атмосферу

паровыми и водогрейными котлами

Выброс бензапирена, поступающего в атмосферу с дымовыми газами (г/с, т/год), рассчитывается по уравнению

$$M_{\text{бп}} = C_{\text{бп}}^i \cdot V_{\text{ср}} \cdot B_p \cdot k_{\text{п}} \quad (3.14)$$

где  $C_{\text{бп}}^i$  - массовая концентрация бензапирена в сухих дымовых газах при стандартном коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_o = 1,4$  и нормальных условиях<sup>1</sup>, мг/м<sup>3</sup>; верхний индекс концентраций  $C_{\text{бп}}^{\text{м}}$  и  $C_{\text{бп}}^{\text{г}}$  указывает на вид топлива (м – мазут, г – газ).

$V_{\text{ср}}$  - объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании 1 кг (1 м<sup>3</sup>) топлива, при  $\alpha_o = 1,4$ , м<sup>3</sup>/кг топлива (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> топлива). При расчетах использовать значение  $V_{\text{ср}}$ , равное 2 м<sup>3</sup>/кг топлива – для мазута.

$B_p$  - расчетный расход топлива; при определении выбросов в граммах в секунду  $B_p$  берется в т/ч (тыс.м<sup>3</sup>/ч); при определении выбросов в тоннах в год  $B_p$  берется в т/год (тыс. м<sup>3</sup>/год)

$k_{\text{п}}$  - коэффициент пересчета; при определении выбросов в граммах в секунду  $k_{\text{п}} = 0,278 \cdot 10^{-3}$ ; при определении выбросов в тоннах в год  $k_{\text{п}} = 10^{-6}$ .

$$M_{\text{бп}} = 0,0006 \cdot 2 \cdot 1116 \cdot 10^{-6} = 0,0000013 \text{ т/год}$$

Расчетный расход топлива  $B_p$ , т/ч (тыс. м<sup>3</sup>/ч) или т/год (тыс. м<sup>3</sup>/год), определяется по соотношению:

$$B_p = \left[ 1 - \frac{q_4}{100} \right] \cdot B,$$

где  $B$  - полный расход топлива на котел, т/ч (тыс. м<sup>3</sup>/ч) или т/год (тыс. м<sup>3</sup>/год),

$q_4$  - потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %

$$B_p = \left[ 1 - \frac{0,001}{100} \right] \cdot 1116 = 1116 \text{ тыс.м}^3/\text{год}$$

Концентрация бензапирена, мг/м<sup>3</sup>, в сухих продуктах сгорания мазута (с<sup>М<sub>бп</sub></sup>) на выходе из топочной зоны протеплоэнергетических котлов малой мощности определяется по формуле:

$$c_{ái}^i = 10^{-3} \cdot \frac{R(0,172 + 0,23 \cdot 10^{-3} q_v)}{e^{1,14(\alpha_T'' - 1)}} \hat{E}_{\hat{A}} \hat{E}_{\hat{D}} \hat{E}_{\hat{N}\hat{O}},$$

где R - коэффициент, учитывающий способ распыливания мазута = 1;

$\alpha_T''$  - коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания на выходе из топки, принимаем равным 1,4.

$q_v$  - теплонапряжение топочного объема, кВт/м<sup>3</sup>; при сжигании проектного топлива величина  $q_v$  берется из технической документации на котельное оборудование; при расчетах используется значение  $q_v = 300$  кВт/м<sup>3</sup>.

$K_R$  - коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов на концентрацию бензапирена в продуктах сгорания,

$K_D$  - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки котла на концентрацию бензапирена в продуктах сгорания,

$K_{СТ}$  - коэффициент, учитывающий влияние ступенчатого сжигания на концентрацию бензапирена в продуктах сгорания,

$$c_{ái}^i = 10^{-3} \cdot \frac{1 \cdot (0,172 + 0,23 \cdot 10^{-3} \cdot 300)}{1^{1,14(1,14-1)}} 2,6 \cdot 1,3 \cdot 2,4 = 0,0006 \text{ т/год}$$



## Практическое занятие №7

### Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов

На предприятиях железнодорожного транспорта в механическом цехе, для ремонта и изготовления различных деталей и изделий используется в основном следующее оборудование: токарные, фрезерные, заточные, сверлильные, шлифовальные станки.

При механической обработке хрупких металлов (чугун, цветные металлы и т.д.) выделяются твердые частицы – пыль металлическая. При обработке стали на шлифовальных и заточных станках также выделяется пыль металлическая (железа оксид) и пыль абразивная, в то время как на других станках – отходы только в виде стружки. При обработке цветных металлов на шлифовальных, токарных, заточных и других металлообрабатывающих станках в качестве пыли металлической выделяются в атмосферу окислы соответствующих металлов. Например, при обработке алюминия выделяются оксиды алюминия.

При применении смазочно-охлаждающих жидкостей в атмосферу выделяются аэрозоли минеральных масел и различных эмульсолов (СОЖ).

Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов в механическом цехе.

Количество загрязняющих веществ (пыли), выделяющихся при механической обработке металлов без применения СОЖ, определяется отдельно для каждого станка по формуле

$$\Pi_i^c = g_i^c \cdot n \cdot t \cdot 3600 \cdot 10^{-6},$$

где  $g_i^c$  - удельные выделения загрязняющих веществ при работе оборудования (станка) г/с;

$t$  – чистое время работы оборудования в день – время, которое идет на собственное изготовление детали или ее обработку без учета времени на ее установку и снятие, час;

$n$  – число дней работы станка в год.

Таблица 7.1 - Удельное выделение пыли ( $g^c$ , г/с) основным технологическим оборудованием при механической обработке металла без охлаждения (на единицу оборудования)

Оборудование	Определяющая характеристика оборудования	Загрязняющие вещества, $g^c$ , г/с	
		3	4
1	2	3	4
Круглошлифовальные станки	Диаметр шлифовального круга, мм	Пыль абразивная	Пыль металлическая
	150	0,013	0,020
	300	0,017	0,026
	350	0,018	0,029
	400	0,020	0,030
	600	0,026	0,039
	750	0,030	0,045
	900	0,034	0,052
Плоскошлифовальные станки	175	0,014	0,022
	250	0,016	0,026
	350	0,020	0,030
	400	0,022	0,033
	450	0,023	0,036
	500	0,025	0,04
Бесцентрошлифовальные станки	30, 100	0,005	0,008
	395, 495	0,006	0,013
	480, 600	0,009	0,016
Заточные станки	Диаметр шлифовального круга,		

	мм		
	100	0,004	0,006
	150	0,006	0,008
	200	0,008	0,012
	250	0,011	0,016
	300	0,013	0,021
	350	0,016	0,024
	400	0,019	0,029
	450	0,022	0,032
	500	0,024	0,036
	550	0,027	0,040

Таблица 7.2 - Удельное выделение пыли ( $g^c_i$ , г/с) при механической обработке чугуна, цветных металлов на станках без охлаждения

Вид обработки, оборудование	Выделяемое вещество	Количество, г/с ( $g^c_i$ )
Обработка чугуна резанием:		
токарные станки	Пыль чугунная (железа оксид)	0,0063
фрезерные станки	«	0,0139
сверлильные станки	«	0,0022
расточные станки	«	0,0021
Обработка резанием цветных металлов:		
токарные станки	Пыль цветных металлов	0,0025
фрезерные станки	«	0,0019
сверлильные станки	«	0,0004
расточные станки	«	0,0007

Валовый выброс  $i$ -загрязняющего вещества в атмосферу при механической обработке металлов для источника в целом  $\Pi_i$ , т/год определяется как сумма валовых выбросов всех станков по формуле:

$$\Pi_i = \sum \Pi^c_i, (3.18)$$

Максимально-разовый выброс  $i$ -загрязняющего вещества при механической обработке металлов для источника 0002 в целом  $M_i$  определяется как сумма максимально-разовых выбросов (удельных показателей)  $i$ -загрязняющего вещества всех станков по формуле:

$$M_i = \sum M_i^c = \sum g_i^c,$$

Валовый выброс  $i$ -загрязняющего вещества источником загрязнения атмосферы (ИЗА) в целом определяется как сумма выбросов этого ЗВ всеми станками (источниками выделения).

При наличии устройств, улавливающих загрязняющие вещества, количество уловленных загрязняющих веществ  $\Pi_i^o$  т/год определяется эффективностью ГОУ ( $\eta$ , в долях единицы):

$$\Pi_i^o = \sum \Pi_i^c \cdot \eta,$$

В этом случае при наличии очистного сооружения валовый выброс ЗВ т/год в атмосферу будет определяться по формуле:

$$\Pi_i = \sum \Pi_i^c - \Pi_i^o,$$

Максимально-разовый выброс ЗВ г/с при наличии очистного сооружения равен:

$$M_i = \sum M_i^c (1 - \eta) = \sum g_i^c (1 - \eta),$$

Применение смазочно-охлаждающих жидкостей значительно уменьшает выделение пыли. При обработке металлов на шлифовальных станках выбросы пыли при использовании СОЖ составляют 10 % от количества пыли при сухой обработке (таблица 3.6). В этом случае количество загрязняющих веществ (пыли), выделяющихся при механической обработке металлов с применением СОЖ, определяется отдельно для каждого станка по формуле

$$\Pi_i^c = g_i^c \cdot n \cdot t \cdot K_{\text{мш}} \cdot 3600 \cdot 10^{-6},$$

$$M_i = \sum M_i^c \cdot K_{\text{мш}} = \sum g_i^c \cdot K_{\text{мш}},$$

$K_{\text{мш}} = 0,1$  – коэффициент, учитывающий снижение выбросов пыли при использовании СОЖ.

Таблица 7.3 - Удельное выделение пыли ( $g^c_i$ , г/с) основным технологическим оборудованием при механической обработке металла без охлаждения (на единицу оборудования)

Оборудование	Определяющая характеристика оборудования	Загрязняющие вещества, $g^c_i$ , г/с	
	Диаметр шлифовального круга, мм	Пыль абразивная	Пыль металлическая
Безцентрошлифовальные станки	495	0,006	0,013
Заточный станок	450	0,022	0,032

Максимально-разовый выброс ЗВ г/с с использованием СОЖ при наличии очистного сооружения равен:

$$M_i = \sum M^c_i \cdot K_{\text{мш}}(1-\eta) = \sum g^c_i \cdot K_{\text{мш}}(1-\eta),$$

Валовый выброс загрязняющих веществ источником в целом с использованием СОЖ при наличии очистного сооружения равен:

$$P_i = \sum P^c_i - P^o_i = \sum P^c_i - \sum P^c_i \cdot \eta,$$

При использовании СОЖ при обработке металлов образуется мелкодисперсный аэрозоль СОЖ (масла или эмульсола), выбросы в атмосферу которой составляют:

$$P^c_{\text{сож}} = g^c_{\text{сож}} \cdot n \cdot t \cdot N \cdot 3600 \cdot 10^{-6},$$

$$M_{\text{сож}} = \sum M^c_{\text{сож}} = \sum (g^c_{\text{сож}} \cdot N),$$

где  $g^c_{\text{сож}}$  - удельные выделения СОЖ при обработке металла с использованием СОЖ, г/с·кВт, приведены в таблице 3.7;

$N$  – мощность электромотора  $i$ -станка, кВт.

Таблица 7.4 - Удельные выделения (г/с) аэрозолей масла и эмульсола при механической обработке металлов с охлаждением

Наименование технологического процесса, вид оборудования	Количество выделяющегося в атмосферу СОЖ, (г/с) на
--	--

	1 кВт мощности станка
Обработка металлов на шлифовальных станках:	
С охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола менее 3%	$1,04 \cdot 10^{-6}$

Количество загрязняющих веществ (пыли), выделяющихся при механической обработке металлов без применения СОЖ, определяется отдельно для каждого станка по формуле

Для бесцентрошлифовального станка: (пыль абразивная)

$$P_i^c = 0,006 \cdot 195 \cdot 5,2 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,022 \text{ т/год};$$

Для заточного станка: (пыль абразивная)

$$P_i^c = 0,022 \cdot 187 \cdot 2,9 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,043 \text{ т/год};$$

Для бесцентрошлифовального станка: (пыль металлическая)

$$P_i^c = 0,013 \cdot 195 \cdot 5,2 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,047 \text{ т/год};$$

Для заточного станка: (пыль металлическая)

$$P_i^c = 0,032 \cdot 187 \cdot 2,9 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,062 \text{ т/год}$$

Валовый выброс  $i$ -загрязняющего вещества в атмосферу при механической обработке металлов для источника в целом определяем как сумму валовых выбросов всех станков по формуле:

(пыль абразивная)

$$P_i = \sum P_i^c = 0,022 + 0,043 = 0,065 \text{ т/год};$$

(пыль металлическая)

$$P_i = \sum P_i^c = 0,047 + 0,062 = 0,109 \text{ т/год}$$

Максимально-разовый выброс загрязняющего вещества при механической обработке металлов для источника 0002 в целом определяется как сумма максимально-разовых выбросов (удельных показателей)  $i$ -загрязняющего вещества всех станков по формуле:

(пыль абразивная)

$$M_i = \sum M_i^c = \sum g_i^c = 0,006 + 0,022 = 0,028 \text{ г/с};$$

(пыль металлическая)

$$M_i = \sum M_i^c = \sum g_i^c = 0,013 + 0,032 = 0,045 \text{ г/с};$$

Валовый выброс загрязняющих веществ источником выделения в целом определяется как сумма выбросов ЗВ всех станков источника.

Максимально-разовый выброс ЗВ при наличии очистного сооружения равен:

(пыль абразивная)

$$M_i = \sum M_i^c (1 - \eta) = \sum g_i^c (1 - \eta) = 0,006 + 0,022 \cdot (1 - 0) = 0,028 \text{ г/с};$$

(пыль металлическая)

$$M_i = \sum M_i^c (1 - \eta) = \sum g_i^c (1 - \eta) = 0,013 + 0,032 \cdot (1 - 0) = 0,045 \text{ г/с};$$

Для бесцентрошлифовального станка:

(пыль абразивная)

$$P_i^c = g_i^c \cdot n \cdot t \cdot K_{\text{мш}} \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,006 \cdot 195 \cdot 5,2 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,0022 \text{ т/год};$$

(пыль металлическая)

$$P_i^c = g_i^c \cdot n \cdot t \cdot K_{\text{мш}} \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,013 \cdot 195 \cdot 2,9 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,0026 \text{ т/год};$$

$$M_i = \sum M_i^c \cdot K_{\text{мш}} = \sum g_i^c \cdot K_{\text{мш}} = 0,028 \cdot 0,1 = 0,0028 \text{ г/с};$$

Для заточного станка:

(пыль абразивная)

$$P_i^c = g_i^c \cdot n \cdot t \cdot K_{\text{мш}} \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,022 \cdot 187 \cdot 2,9 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,0043 \text{ т/год};$$

(пыль металлическая)

$$P_i^c = g_i^c \cdot n \cdot t \cdot K_{\text{мш}} \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,032 \cdot 187 \cdot 2,9 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,0062 \text{ т/год}$$

$$M_i = \sum M_i^c \cdot K_{\text{мш}} = \sum g_i^c \cdot K_{\text{мш}} = 0,045 \cdot 0,1 = 0,0045 \text{ г/с};$$

При использовании СОЖ при обработке металлов образуется мелкодисперсная аэрозоль, выбросы в атмосферу которой составляют:

Для бесцентрошлифовального станка:

$$P_{\text{сож}}^c = g_{\text{сож}}^c \cdot n \cdot t \cdot N \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 1,04 \cdot 10^{-6} \cdot 195 \cdot 5,2 \cdot 5,5 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0,00002 \text{ т/год};$$

$$M_{\text{сож}} = \sum M_{\text{сож}}^c = \sum (g_{\text{сож}}^c \cdot N) = 1,04 \cdot 10^{-6} + 0 \cdot 11,5 = 0,00001 \text{ г/с}$$

### 3.3 Участки сварочные

Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от сварочных постов производственных цехов (корпус С, источник 0005) при дуговой и газовой сварке проводится согласно по формуле:

$$P_i = q_i \cdot V_r \cdot 10^{-6} \cdot (1-\eta), \quad (3.29)$$

где  $q_i$  - удельные выделения загрязняющих веществ, г/кг, = 11,0 где марганца и его соединений 1,10, оксида железа 9,90;

$V_r$  - расход применяемых сырья и материалов (электродов, газа) за год, кг =300;

$\eta$  – эффективность очистки воздуха = 0,99.

$$P_i = 11 \cdot 300 \cdot 10^{-6} \cdot (1-0,99)=0,00003 \text{ т/Год}$$

Максимально-разовый выброс ЗВ в атмосферу от сварочных постов г/с определяется по формуле:

$$M_i = q_i \cdot V_{\text{ч}} / 3600 \cdot (1-\eta), \quad (3.30)$$

$V_{\text{ч}}$  – максимальный расход применяемых сырья и материалов (электродов, газа) в час, кг =1,2;

$q_i$  – удельные выделения  $i$ -го загрязняющего веществ в атмосферу, г/кг используемого электрода (газа) = 22.

$$M_i = 22 \cdot 1,2 / 3600 \cdot (1-0,99)=0,00007 \text{ г/с}$$

Таблица 7.5 - Удельные выделения загрязняющих веществ при ручной электродуговой сварке и наплавке штучными электродами

		Количество выделяющихся загрязняющих веществ, г/кг расходуемых сварочных или наплавочных материалов ( $g^c_i$ )							
Технологическая операция, сварочный или наплавочный материал и его марка	Сварочная аэрозоль	твердая составляющая сварочного аэрозоля				газообразная составляющая сварочного аэрозоля			
		марганец и его соедин.	железа оксид	пыль неорганическая, содержащая SiO <sub>2</sub> (20-70%)	прочие		фтористый водород	азотиды	углерод оксид
1	2	3	4	5	наименование	количество	8	9	10
Ручная дуговая сварка сталей штучными электродами									



Электроды									
УОНИ 13/45	18,0	0,9 2	10,6 9	1,40	Фториды в пересчете на F	3,4	0,75	1,5 0	13,3
УОНИ 13/55	18,0	1,0 9	14,9 0	1,00	то же	-	0,93	2,7 0	13,3
УОНИ 13/65	7,5	1,4 1	4,49	0,80	"	0,80	1,17	-	-
УОНИ 13/80	11,2	0,7 8	8,32	1,05	"	1,05	1,14	-	-
УОНИ 13/85	13,0	0,6 0	9,80	1,30	"	1,30	1,10	-	-
АНО-1	9,6	0,4 3	9,17	-	-	-	2,13	-	-
АНО-3	17,0	1,5 8	15,4 2	-	-	-	-	-	-
АНО-4	17,8	1,6 6	15,7 3	0,41	-	-	-	-	-
АНО-5	14,4	1,8 7	12,5 3	-	-	-	-	-	-
АНО-6	16,7	1,7 3	14,9 7	-	-	-	-	-	-
АНО-7	12,4	1,7 7	8,53	1,10	фториды	1,00	0,40	0,3 5	4,5
ОЗС-3	15,3	0,4 2	14,8 8	-	-	-	-	-	-
ОЗС-4	10,9	1,2 7	9,63	-	-	-	-	-	-
ОЭС-6	14,0	0,8 6	12,9 4	-	-	-	1,53	-	-
ЭА-981/15	10,3	0,7 4	8,75	-	хром шестивален тный	0,81	0,80	-	-
МР-3	11,5	1,7 3	9,77	-	-	-	0,40	-	-
МР-4	11,0	1,1 0	9,90	-	-	-	0,40	-	-

Таблица 7.6 - Удельные выделения загрязняющих веществ при газосварочных работах

Технологическая операция	Выделяемое загрязняющее вещество		
	наименование	количественные характеристики выделения	
		единица измерения	количество
Газовая сварка стали ацетилено-кислородным пламенем	азота диоксид	г/кг ацетилена	22,0
Газовая сварка стали с использованием пропан-бутановой смеси	азота диоксид	г/кг смеси	15,0

**Вопросы:**

1. Какое оборудование используется на предприятиях железнодорожного транспорта в механическом цехе, для ремонта и изготовления различных деталей и изделий?
2. Какие частицы выделяются при механической обработке хрупких металлов?
3. Что выделяется в атмосферу при применении смазочно-охлаждающих жидкостей?
4. Как рассчитываются валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от сварочных постов производственных цехов?

## Литература:

2. Безопасность труда в химической промышленности: учеб. пособие: / Под ред. Л.К.Марининой.- М.: Академия, 2012. ISBN 978-5-7695-4291-6
- 2.Федеральный закон "Об охране окружающей среды" 10 января 2002
3. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономорев. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда); Уч. Пособие.- М.: Высшая школа, 2001.-318с.
4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)
  - 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
  - 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
  - 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
  - 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
  - 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование
  - 6 <http://ecograde.bio.msu.ru> – Информационная система «Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования»

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **Методические указания**

по выполнению самостоятельной работы

по дисциплине «Контроль состояния окружающей среды на предприятиях  
отрасли»

для студентов направления подготовки 18.03.01 Химическая технология,  
направленность (профиль) Химическая технология неорганических веществ

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины.....	5
2 План-график выполнения самостоятельной работы.....	7
3 Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	8
4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	8
5 Тематический план дисциплины.....	9
6 Вопросы для собеседования.....	10
7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	11
8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.....	12
9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции.....	12
10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.....	13

## Введение

Настоящее пособие разработано на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (далее ФГОС ВО);
- нормативно-методических документов Минобрнауки России;
- Устава ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;
- Приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 N 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» (Зарегистрировано в Минюсте России 13.08.2021 N 64644);
- локальных нормативных актов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

На современном рынке труда конкурентоспособным может стать только квалифицированный работник соответствующего уровня и профиля, компетентный, свободно владеющей своей профессией и ориентированный в смежных областях деятельности, способный к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов и готовый к постоянному профессиональному росту.

Самостоятельная работа студента направлена на достижение целей подготовки специалистов-профессионалов, активное включение обучаемых в сознательное освоение содержания образования, обеспечение мотивации, творческое овладение основными способами будущей профессиональной деятельности. Чтобы подготовить и обучить такого профессионала, высшим учебным заведениям необходимо скорректировать свой подход к планированию и организации учебно-воспитательной работы. Это в равной степени относится к изменению содержания и характера учебного процесса. В современных реалиях задача преподавателя высшей школы заключается в организации и направлении познавательной деятельности студентов, эффективность которой во многом зависит от их самостоятельной работы. В свою очередь, самостоятельная работа студентов должна представлять собой не просто самоцель, а средство достижения прочных и глубоких знаний, инструмент формирования активности и самостоятельности студентов.

В связи с введением в образовательный процесс новых образовательных стандартов, с уменьшением количества аудиторных занятий по дисциплинам возрастает роль самостоятельной работы студентов. Возникает необходимость оптимизации самостоятельной работы студентов (далее - СРС). Появляется необходимость модернизации технологий обучения, что существенно меняет подходы к учебно-методическому и организационно-техническому обеспечению учебного процесса.

Данная методическая разработка содержит рекомендации по организации, управлению и обеспечению эффективности самостоятельной работы студентов в процессе обучения в целях формирования необходимых компетенций.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом учебного процесса для каждого студента и определяется учебным планом. Виды самостоятельной работы студентов определяются при разработке рабочих программ и учебных методических комплексов дисциплин содержанием учебной дисциплины. При определении содержания самостоятельной работы студентов следует учитывать их уровень самостоятельности и требования к уровню самостоятельности выпускников для того, чтобы за период обучения искомый уровень был достигнут. Так, удельный вес самостоятельной работы при обучении в очной форме составляет до 50% от количества

аудиторных часов, отведённых на изучение дисциплины, в заочной форме - количество часов, отведенных на освоение дисциплины, увеличивается до 90%.

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем.

Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

На основании компетентного подхода к реализации профессиональных образовательных программ, видами заданий для самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и информационно-телекоммуникационной сети Интернет и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей), повторная работа над учебным материалом, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др.), завершение аудиторных практических работ и оформление отчётов по ним, подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), материалов-презентаций, подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа проводится в виде упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

1. готовность студентов к самостоятельному труду;

2. наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;

3. консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа способствует формированию компетенций, тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и ответственность.

### 1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Дисциплина «Контроль состояния окружающей среды на предприятиях отрасли» относится к дисциплине базовой части. Она направлена на формирование профессиональных компетенций обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Наименование компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен организовать контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса	ИД-1 ПК-1 анализирует качество сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий на соответствие требованиям нормативной документации	<p><b>Пороговый уровень</b>  <b>Понимает:</b> основные методы планирования, проведения и обработки результатов эксперимента; современные инженерные методы защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия; основы методов математического анализа и моделирования</p> <p><b>Повышенный уровень</b>  <b>Понимает:</b> понятия, концепции, принципы и методы анализа и оценки надёжности; современные методы и способы обеспечения безопасности человека от воздействия негативных факторов в техносфере; понятия, концепции, принципы и методы системного анализа, принципы управления рисками</p>
	ИД-2 ПК-1 осуществляет внедрение новых методов и средств технического контроля	<p><b>Пороговый уровень</b>  <b>Понимает:</b> осуществлять корректный выбор типа эксперимента, методики его проведения и обработки результатов; выбирать и применять современные методы защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия; использовать</p>



		<p>компьютерные средства и методы математического анализа и моделирования при создании моделей систем защиты человека и среды обитания</p> <p><b>уровень</b>  <b>Умеет:</b> пользоваться современными математическими и машинными методами моделирования при анализе и оценке надёжности объектов и технологического оборудования; выбирать и применять современные методы и способы обеспечения безопасности человека от воздействия негативных факторов в техносфере; использовать современные математические методы системного анализа, современные программные продукты в области предупреждения риска</p>
	<p>ИД-3 ПК-1 осуществляет проведение испытаний новых и модернизированных образцов продукции</p>	<p><b>Пороговый уровень</b>  <b>Применяет:</b> навыками применения методов планирования, проведения и обработки результатов эксперимента при создании новых систем защиты человека и среды обитания; навыками выбора и применения современных методов защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия на человека и среду обитания; навыками, приемами и технологиями использования компьютерных средств и методов математического анализа и моделирования при создании моделей систем защиты человека и среды обитания</p> <p><b>Повышенный уровень</b>  <b>Владеет:</b> навыками применения методологии анализа и оценки надёжности объектов и технологического оборудования; навыками выбора и применения современных методов и способов обеспечения безопасности человека от воздействия негативных факторов в техносфере; методологией анализа риска аварии на опасных объектах и методиками прогнозирования последствий, использованием современных программных продуктов в области предупреждения риска</p>

В рамках курса дисциплины «Контроль состояния окружающей среды на предприятиях отрасли» самостоятельная работа студентов находит активное применение и включает в себя различные виды деятельности:

- подготовка к практическим занятиям, в том числе работа с методическими указаниями, средствами массовой информации;
- подготовка к лекциям, в том числе самостоятельное углубленное изучение теоретического курса по рекомендованной литературе;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к лекциям заключается в получении новых знаний, приобретенных при более глубоком изучении литературы по дисциплине.

Задачи:

- доработка и повторение конспектов лекции;
- осмысление содержания лекции, логической структуры, выводов.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к практическим занятиям заключается в углублении, расширении, детализировании знаний, полученных на лекциях в обобщенной форме.

Задачи:

- развить способность применять полученные знания на практике при решении конкретных задач;
- проверить знания студентов, полученные на лекциях и при самостоятельном изучении литературы.

## 2 План-график выполнения самостоятельной работы

Таблица 1 – Виды самостоятельной работы для очной формы обучения

Коды реализуемых компетенций, индикатора (ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
9 семестр					
ПК-1 ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3	Подготовка к практическим занятиям	Собеседование	3,42	0,18	3,6
	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	0,684	0,036	0,72
	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	64,296	3,384	67,68
Итого за 9 семестр			68,4	3,6	72

### 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

### 4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Уровни сформированности и компетенции(ий), индикатора (ов)	Дескрипторы			
	Минимальный уровень не достигнут (Неудовлетворительно) 2 балла	Минимальный уровень (удовлетворительно) 3 балла	Средний уровень (хорошо) 4 балла	Высокий уровень (отлично) 5 баллов
<i>Компетенция: ПК-1 Способен организовать контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса</i>				
ИД-1 ПК-1 анализирует качество сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий на соответствие требованиям нормативной документации	не в достаточном объеме понимает основные методы планирования, проведения и обработки результатов эксперимента; современные инженерные методы защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия; основы методов математического анализа и моделирования	имеет общее представление основные методы планирования, проведения и обработки результатов эксперимента; современные инженерные методы защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия; основы методов математического анализа и моделирования	Знает основные методы планирования, проведения и обработки результатов эксперимента; современные инженерные методы защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия; основы методов математического анализа и моделирования	Понимает понятия, концепции, принципы и методы анализа и оценки надёжности; современные методы и способы обеспечения безопасности человека от воздействия негативных факторов в техносфере; понятия, принципы и методы системного анализа, принципы управления рисками
ИД-2 ПК-1 осуществляет внедрение новых методов и средств технического контроля	Не в достаточном объеме знает корректный выбор типа эксперимента, методики его проведения и обработки результатов; выбирать и применять современные методы защиты окружающей	Имеет общее представление о навыках осуществлять корректный выбор типа эксперимента, методики его проведения и обработки результатов; выбирать и	Знает навыки разработки осуществлять корректный выбор типа эксперимента, методики его проведения и обработки результатов; выбирать и	Умеет пользоваться современными математическими и машинными методами моделирования при анализе и оценке надёжности объектов и

		<p>среды, обеспечивающие минимизацию воздействия; использовать компьютерные средства и методы математического анализа и моделирования при создании моделей систем защиты человека и среды обитания</p>	<p>применять современные методы защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия; использовать компьютерные средства и методы математического анализа и моделирования при создании моделей систем защиты человека и среды обитания</p>	<p>применять современные методы защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия; использовать компьютерные средства и методы математического анализа и моделирования при создании моделей систем защиты человека и среды обитания</p>	<p>технологического оборудования; выбирать и применять современные методы и способы обеспечения безопасности человека от воздействия негативных факторов в техносфере; использовать современные математические методы системного анализа, современные программные продукты в области предупреждения риска</p>
ИД-3	ПК-1	<p>Не в достаточном объеме владеет навыками применения методов планирования, проведения и обработки результатов эксперимента при создании новых систем защиты человека и среды обитания; навыками выбора и применения современных методов защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия на человека и среду обитания; навыками, приемами и технологиями использования компьютерных средств и методов математического анализа и моделирования при создании моделей</p>	<p>Имеет общее представление навыками применения методов планирования, проведения и обработки результатов эксперимента при создании новых систем защиты человека и среды обитания; навыками выбора и применения современных методов защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия на человека и среду обитания; приемами и технологиями использования компьютерных</p>	<p>Знает навыками применения методов планирования, проведения и обработки результатов эксперимента при создании новых систем защиты человека и среды обитания; навыками выбора и применения современных методов защиты окружающей среды, обеспечивающие минимизацию воздействия на человека и среду обитания; приемами и технологиями использования компьютерных</p>	<p>Владеет навыками применения методологии анализа и оценки надёжности объектов и технологического оборудования; навыками выбора и применения современных методов и способов обеспечения безопасности человека от воздействия негативных факторов в техносфере; методологией анализа риска аварии на опасных объектах и методиками прогнозирования последствий,</p>

	систем защиты человека и среды обитания	средств и методов математического анализа и моделирования при создании моделей систем защиты человека и среды обитания	средств и методов математического анализа и моделирования при создании моделей систем защиты человека и среды обитания	использованием современных программных продуктов в области предупреждения риска
--	---	--	--	---

### 5 Тематический план ДИСЦИПЛИНЫ

№	Раздел (тема) дисциплины	Реализуемые компетенции, индикаторы	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часов				Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Групповые консультации	
9 семестр							
1	Предмет и задачи дисциплины.	ПК-1 ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3	1,5		1,5		36
2	Контроль за выбросами в атмосферу.	ПК-1 ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3	1,5	3,0	1,5		36
	ИТОГО за 9 семестр		3,0	3,0	3,0		72

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
1	Предмет и задачи дисциплины. 1. Федеральный закон "Об охране окружающей среды". 2. Правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, принципы охраны окружающей среды. 3. Система природоохранных нормативов допустимого воздействия на окружающую среду, установление лимитов на выбросы и сбросы. 4. Основные понятия и определения в области охраны окружающей среды.	<b>1,5</b>	
2	Контроль за выбросами в атмосферу. 1. Необходимость контроля над выбросами в атмосферу, понятие ПДК, ПДВ.	<b>1,5</b>	

	2. Виды контроля промышленных выбросов. 3. Руководящая документация, по организации контроля над выбросами в атмосферу. 4. Организация работ по контролю выбросов на предприятии. 5. Определение основных параметров, системы контроля промышленных источников выбросов в атмосферу.		
	Итого за 9 семестр	<b>30</b>	
	Итого	<b>3,0</b>	

## 6 Вопросы для собеседования

1. Предмет и задачи дисциплины.
2. Федеральный закон “Об охране окружающей среды”.
3. Правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, принципы охраны окружающей среды.
4. Контроль за выбросами в атмосферу. Понятие ПДК и ПДВ.
5. Определение основных параметров системы контроля промышленных источников выбросов в атмосферу.
6. Организация работ по контролю выбросов на предприятии. Виды контроля промышленных выбросов.
7. Контроль газоочистного оборудования.
8. Правила отбора газовых проб – максимальные разовые и среднесуточные значения.
9. Оценка соблюдения параметров при контроле выбросов промышленного предприятия.
10. Выбор адекватного способа отбора проб в зависимости от агрегатного состояния вещества и физико-химических свойств.
11. Контроль качества сточных вод. Пункты контроля качества водоемов, категории пунктов контроля.
12. Характеристика сточных вод. Классификация сточных вод. Качество и состав загрязняющих веществ.
13. Методы обработки и очистки сточных вод. Правила отбора проб воды в водоемах и водотоках.
14. Аналитический контроль качества сточных вод (ККСВ).
15. Методы анализа природных вод.
16. Методы контроля применяемые для определения состава сточных вод, лабораторное оборудование используемое для анализа.
17. Предотвращение загрязнения почвы. Основные законодательные акты и правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации.
18. Основные законодательные акты и правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации.
19. Правовые основы обращения с отходами в целях предотвращения вредного воздействия на окружающую среду.
20. Основные классы опасности по степени воздействия вредных веществ на организм человека.
21. Экологические требования по обращению с отходами производства и потребления
22. Порядок сбора, накопления и хранения промышленных отходов.
23. Предельно допустимый (нормативный) объем образования отходов и предельно допустимый объем временного накопления отходов.

24. Порядок учета промышленных отходов.
25. Контроль соблюдения санитарных требований транспортировки отходов.
26. Защита окружающей среды от загрязнения твердыми отходами

## **7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала**

Самостоятельная работа студента в ходе **лекционных занятий** включает изучение вопросов теории, вынесенных на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой дисциплины, проработку лекционных материалов для подготовки к контролю знаний на лекционных занятиях (опрос) и подготовку вопросов для обсуждения при консультации с преподавателем.

Работа с лекционным материалом не завершается по окончании лекции. На 2 часа лекции необходимо затратить около часа на работу с конспектом. За это время необходимо перечитать записи, пополнить их данными, которые удалось запомнить из речи преподавателя, но не удалось записать. Работая с конспектом, нужно отметить непонятные вопросы для выяснения которые у преподавателя на консультации. Отдельно следует выделить связанные с темой лекции вопросы, которые преподаватель поручил проработать самостоятельно.

Активно проработанный в течение семестра конспект лекций в дальнейшем служит основой для подготовки к экзамену.

Вопросы для самостоятельного изучения представлены в п. 5.

Самостоятельная работа в ходе **практикума** включает выполнение заданий к практическим занятиям, в частности решение задач различного уровня сложности. Задачи приведены в методических указаниях к практическим занятиям и фондах оценочных средств.

Зная тему практического занятия, необходимо готовиться к нему заблаговременно. Для эффективной подготовки к практическому занятию необходимо иметь методическое руководство к практическому занятию.

Критерии оценивания практических занятий представлен в фонде оценочных средств.

При проверке практического задания, оцениваются: последовательность и рациональность изложения материала; полнота и достаточный объем ответа; научность в оперировании основными понятиями; использование и изучение дополнительных литературных источников

Критерии оценивания результатов самостоятельной работы: вопросы для собеседования и экзамена приведены Фонде оценочных средств по дисциплине

## **8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине осуществляется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику изучаемой учебной дисциплины, индивидуальные особенности обучающегося.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

1. самоконтроль и самооценка обучающегося;
2. контроль и оценка со стороны преподавателя.



## **9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции**

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании работ.

## **10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Практическое занятие – один из самых эффективных видов учебных занятий, на которых студенты учатся творчески работать, аргументировать и отстаивать свою позицию, правильно и доходчиво излагать свои мысли перед аудиторией. Основное в подготовке и проведении практических занятий – это самостоятельная работа студента над изучением темы. Студент обязан точно знать план занятия либо конкретное задание к нему. На занятии обсуждаются узловые вопросы темы, однако там могут быть и такие, которые не были предметом рассмотрения на лекции. Могут быть и специальные задания к той или иной теме.

Готовиться к лабораторному занятию следует заранее. Необходимо внимательно ознакомиться с планом и другими материалами, уяснить вопросы, выносимые на обсуждение. Затем нужно подобрать литературу и другой необходимый, в т.ч. рекомендованный, материал (через библиотеку, учебно-методический кабинет кафедры и др.). Но прежде всего, следует обратиться к своим конспектам лекций и соответствующему разделу учебника. Изучение всех источников должно идти под углом зрения поиска ответов на выносимые на практико-ориентированные занятия вопросы.

Завершающий этап подготовки к занятиям состоит в выполнении индивидуальных заданий.

В случае пропуска занятия студент обязан подготовить материал и отчитаться по нему перед преподавателем в обусловленное время. Может быть предложено отдельным бакалаврам, ввиду их слабой подготовки, более глубоко освоить материал и прийти на индивидуальное собеседование.

Студент не допускается к зачету, если у него есть задолженность по практическим занятиям.