

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

ЛИНЕЙНО-КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ ПОРТАТИВНЫМ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОМ УГ-2

Методические указания

Составители:

Е.В. Сальникова, Т.Ф. Тарасова, А.А. Юдин

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 04.03.01 Химия и специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

Оренбург
2021

УДК 546(075.8)
ББК 24.1я73
Л 59

Рецензент – кандидат биологических наук М.А. Булгакова

Л 59 **Линейно-колориметрическое определение вредных веществ в воздухе портативным газоанализатором УГ-2:** методические указания / составители Е. В. Сальникова, Т. Ф. Тарасова, А. А. Юдин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2021. - 31 с.

В издании приведены характеристика вредных веществ воздушной среды, их характеристика и пути проникновения в организм, описаны основные приемы работы в газоанализатором типа УГ-2. Описана техника подготовки индикаторных трубок для различных веществ и фильтрующих патронов. Предложены варианты выполнения заданий для лабораторных работ.

Последовательность изложения соответствуют требованиям программы подготовки обучающихся по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, специализация «Аналитическая химия» и направлению подготовки 04.03.01 Химия, профиль «Нефтехимия».

Издание предназначено для изучения дисциплин «Техногенные системы и экологический риск», «Химический анализ объектов окружающей среды», а также может быть полезно студентам, аспирантам, занимающимся вопросами анализа воздушных сред, а также слушателям курсов дополнительной квалификации «Лаборант химического анализа».

УДК 546(075.8)
ББК 24.1я73

© Сальникова Е. В.,
Тарасова Т. Ф.,
Юдин А. А., составление, 2021
© ОГУ, 2021

Содержание

Введение.....	4
1 Вредные вещества, их характеристика, пути проникновения в организм.....	5
2 Назначение универсального газоанализатора (УГ-2).....	8
3 Устройство и принцип работы газоанализатора УГ-2.....	13
3.1 Воздухозаборное устройство УГ-2.....	13
3.2 Принцип работы газоанализатора универсального УГ-2.....	14
3.3 Указание мер безопасности.....	15
4 Подготовка газоанализатора к работе.....	15
4.1 Изготовление индикаторных трубок.....	15
4.2 Изготовление поглотительной трубки на ацетон.....	17
4.3 Изготовление фильтрующего патрона на ацетилен.....	18
4.4 Изготовление фильтрующих патронов на бензин и углеводороды нефти.....	19
4.5 Изготовление фильтрующих патронов на бензол, толуол, ксилол.....	19
4.6 Изготовление фильтрующих патронов на окись углерода.....	20
4.7 Назначение и изготовление окислительной и окислительно-восстановительной трубок на окислы азота.....	20
4.8 Изготовление фильтрующего патрона на сернистый ангидрид.....	21
4.9 Изготовление фильтрующего патрона на этиловый эфир.....	21
4.10 Проверка герметичности воздухозаборного устройства УГ-2.....	22
5 Порядок работы.....	22
6 Варианты заданий для проведения лабораторных работ.....	27
7 Форма отчета по лабораторной работе.....	28
8 Контрольные вопросы.....	29
Список использованных источников.....	30
Приложение А (обязательное) Предельно-допустимые концентрации вредных газов в воздухе рабочей зоны.....	31

Введение

Атмосферный воздух относится к одним из самых жизненно важных элементов окружающей природной среды. Высокие темпы развития производства, рост городов, расширяющееся использование атмосферы и возрастающие масштабы воздействия человека на окружающую среду требуют повышения внимания к охране атмосферного воздуха.

Главными источниками загрязнения атмосферы являются выбросы промышленных предприятий, процессы испарения и сжигания топлива. Загрязняющие воздух вещества в результате метеорологических процессов распространяются в атмосфере на значительные расстояния, что в конечном итоге приводит к глобальному загрязнению воздуха.

Таким образом, проблема борьбы с загрязнением атмосферы приобретает первостепенное значение, особенно в промышленно развитых городах. Разумное использование природных объектов и охрана природы, создание государственных заповедников и национальных парков, увеличение количества зеленых насаждений, сокращение промышленных выбросов вредных химических веществ в атмосферу и развитие безотходной химической технологии – вот основные пути решения экологических проблем, целью которых в конечном итоге является благо всего человечества.

1 Вредные вещества, их характеристика, пути проникновения в организм

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76). В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на:

- химические вещества;
- производственную пыль.

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на 4 класса опасности: чрезвычайно опасные (концентрация менее $0,15 \text{ мг/м}^3$); высокоопасные (от $0,15$ до 1 мг/м^3); умеренно опасные (от 1 до 10 мг/м^3); малоопасные (более 10 мг/м^3).

Вредные вещества могут присутствовать в рабочей зоне в виде газов, паров, пыли, жидкости, твердых веществ. Возможными путями проникновения вредных веществ в организм являются органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и кожный покров. Чаще всего вредные вещества попадают в организм человека через органы дыхания – ингаляционный путь. Он является наиболее опасным. Через органы пищеварения токсичные вещества проникают в организм при еде, курении или с питьевой водой. Некоторые вещества, особенно те, которые хорошо растворяются в жирах и липоидах, могут проникать в организм через кожу (бензол, ксилол, толуол, дихлорэтан, цианиды и другие).

Действие вредных веществ на организм человека зависит от многих факторов: физико-химических свойств, концентрации, фазового состояния, пути проникновения в организм, состояния организма, условий работы,

продолжительности контакта. Из числа физико-химических свойств вещества в наибольшей степени на его токсичность влияют: химический состав, летучесть, растворимость, агрегатное состояние и дисперсность. Наиболее опасны паро- и газоопасные вещества, а также тонко измельчённая пыль, так как они легче проникают в организм и обладают более сильным биологическим воздействием.

После проникновения в организм вредные вещества проявляют обычно избирательное (селективное) действие, то есть поражают преимущественно те или иные органы и системы человеческого организма. Например, ароматические углеводороды действуют на центральную нервную систему; хлорированные углеводороды поражают печень; окись углерода действует на кровь. По характеру действия на организм вредные вещества подразделяются на: токсические, раздражающие, сенсибилизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию (ГОСТ 12.0.003-74). Большинство промышленных вредных веществ обладает общетоксическим действием, то есть оказывают вредное действие на организм. Это ароматические углеводороды и их амидо- и нитропроизводные (бензол, толуол, анилин). Большая токсичность у ртутьорганических соединений, тетраэтилена свинца, фосфорорганических веществ, хлорированных углеводородов.

Раздражающим действием, то есть свойством вызывать у живых объектов изменения своего состояния или деятельности, обладают кислоты, щелочи, а также хлор-, фтор-, серо- и азотсодержащие соединения (фосген, аммиак, окислы серы, азота, сероводород).

К сенсибилизирующим относятся вещества, вызывающие повышенную чувствительность и при последующих контактах бурные реакции, чаще всего приводящие к кожным изменениям, астматическим явлениям, заболеваниям крови, снижению иммунитета (соединения ртути, альдегиды, платина, растворители, лаки).

Канцерогенные (бластомогенные) вещества вызывают развитие злокачественных опухолей (полициклические ароматические углеводороды,

7,12-диметилбенз(а)антрацен, 3,4-бенз(а)пирен, 1,2-бензантрацен, ароматические амины, пыль асбеста, хром, никель).

Мутагенные вещества влияют на генетический аппарат зародышевых и соматических клеток организма. Это может вызвать снижение общей сопротивляемости организма, раннее старение, в некоторых случаях тяжёлые заболевания. Воздействие мутагенных веществ может сказаться на потомстве (не всегда первого, а возможно второго и третьего поколений). Мутагенной активностью обладают свинец, марганец, радиоактивные вещества, формальдегид, иприт и прочие.

К веществам, влияющим на репродуктивную функцию (воспроизведение потомства), относят: бензол, сероуглерод, никотин, соединения ртути, свинец, сурьму, марганец, радиоактивные изотопы и другие.

Следует выделить для большой группы аэрозолей, не обладающих выраженной токсичностью, фиброгенный эффект действия на организм. К ним относятся аэрозоли кокса, угля, силикатсодержащие, кремнийсодержащие пыли и другие, действующие на органы дыхания. Профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей, пневмокониозы и пневмосклерозы, хронический пылевой бронхит занимают второе место по частоте профзаболеваний в России. Наиболее распространенной и тяжёлой формой пневмокониоза является силикоз; распространены также асбестоз, цементоз, талькоз, каолиноз и прочие.

Попадающие в организм вредные вещества приводят к нарушению здоровья лишь в том случае, если их количество в воздухе превышает определённую для каждого вещества величину. Поэтому для профилактики профессиональных заболеваний большое значение имеет установление предельно-допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны, которое осуществляется органами здравоохранения и приводится в ГОСТ 12.1.005-88.

Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м от уровня пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного

пребывания работающих.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$), которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или другой продолжительности (но не более 40 часов в неделю) во время всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений. При этом никакие защитные средства не используются.

2 Назначение универсального газоанализатора (УГ-2)

Универсальный газоанализатор марки УГ-2 предназначен для измерения концентраций газов и паров в воздушном пространстве рабочей зоны помещений.

Эксплуатировать газоанализатор следует при следующих условиях:

- 1) температура окружающего воздуха от $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в случае измерения концентрации сернистого ангидрида от $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $33\text{ }^{\circ}\text{C}$, ацетона с поглотительной трубкой от $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, без поглотительной трубки - от $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- 2) относительная влажность воздуха должна составлять не более 90 %;
- 3) атмосферное давление от 90 до 104 кПа (от 680 до 780 мм. рт. ст.);
- 4) массовая доля пыли не более $40\text{ мг}/\text{м}^3$.

Основная относительная погрешность измерения газоанализатора универсального УГ-2 при определении концентрации вредных веществ в воздухе до 1 ПДК не превышает $\pm 60\%$, в диапазоне от 1 до 2 ПДК $\pm 35\%$, свыше 2 ПДК $\pm 25\%$. Основные параметры работы газоанализатора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры работы газоанализатора УГ-2

Определяемый газ (пар)	Просасываемый объем воздуха, см ³	Пределы измерения, мг/м ³	Продолжительность хода штока до защелкивания, с	Общее время просасывания воздуха, с
Аммиак	200	2,5 – 30	30 – 60	120
	100	20 – 100	4 – 10	40
Ацетилен	300	50 – 1400	260 – 300	420
	100	1000 – 3000	20 – 60	180
Ацетон	300	100 – 2000	180 – 240	420
Бензин	300	50 – 1000	200 – 230	420
Бензол	400 × 3	2 – 25	180 – 240	360 × 3
Ксилол	300	25 – 500	100 – 132	240
Окислы азота	300	2,5 – 50	220 – 300	420
Окись углерода	200	5 – 120	180 – 240	420
Сернистый ангидрид	300	5 – 30	110 – 160	300
	100	20 – 120	15 - 45	60
Сероводород	300	5 – 30	140 – 200	300
	100	20 – 200	10 – 30	60
Толуол	300	25 – 500	200 – 230	420
Углеводороды нефти	300	100 – 1500	200 – 230	420
Хлор	300	0,5 – 15	150 – 240	300
Этиловый эфир	400	100 - 3000	405 - 435	600

Индикаторные порошки (ИП) для приготовления индикаторных трубок поставляются в специальных ампулах. Комплект ИП, как правило, содержит 10 ампул в упаковке, паспорт, ряд принадлежностей, а также индикаторную шкалу, откалиброванную специально для данной партии.

Окраска индикаторных порошков после воздействия газа (пара) указана в таблице 2.

Таблица 2 – Окраска индикаторных порошков, параметры фильтрующих патронов

Определяемый газ (пар)	Состав индикаторных порошков	Окраска ИП до воздействия определяемого компонента	Окраска ИП после воздействия определяемого газа (пара)	Газ (пар), улавливаемый фильтрующим патроном	Газ (пар), мешающий определению	Показатель обработки патрона
Аммиак	C_2H_5OH , бромфеноловый синий	Желтая	Синяя	-	Пары кислот, щелочей и аминов	-
Оксиды азота	CH_3COOH , <i>o</i> -дианизидин, C_2H_5OH	Белая	Красная	-	Галогены (хлор, бром, иод), озон в концентрациях свыше 10 ПДК	Окислительная и окислительная трубки пригодны для проведения только одного анализа
Оксид углерода	KIO_3 , H_2SO_4	Белая	Коричневая (кольцо)	Ацетилен, этилен, метан, смесь бутана и пропана, оксиды азота, хлор, сернистый ангидрид, водород, пары бензина, бензола и его гомологов, воды, ацетона, кислоты муравьиной, формальдегида, спиртов этилового и метилового, дихлорэтана, сероуглерода	Пары карбонил металлов	Изменение окраски поглотителя № 6 на длину до 5 мм; изменение окраски поглотителя № 4 на длину до 5 мм
Сернистый ангидрид	KI, I_2 , HgI_2 , крахмал	Темносерая	Белая	Сероводород, аммиак, двуокись азота, туман серной кислоты, пары воды	-	Изменение окраски поглотителя № 8 на длину до 5 мм
Сероводород	$Pb(CH_3COO)_2$, $BaCl_2$, CH_3COOH	Белая	Коричневая	-	Меркаптаны	-
Толуол	KIO_3 , H_2SO_4	Белая	Темнокоричневая	Пары воды	Пары углеводов жирного и ароматического рядов	Расплывающиеся от увлажнения зерна поглотителя № 1
Углеводороды нефти	KIO_3 , H_2SO_4	Белая	Светлокоричневая	Непредельные углеводороды, пары воды и ароматических углеводородов	-	Изменение окраски поглотителя № 2 на длину до 8 мм
Хлор	KBr, K_2CO_3 , KOH, флуоресцин	Желтая	Красная	-	Пары брома, иода, окислителей, хлорамин	-

Продолжение таблицы 2

Этиловый эфир	$\text{CrO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$	Желтая	Зеленая	Пары воды, этилового спирта, органических кислот, фенола	-	Расплывающиеся от увлажнения зерна поглотителя № 1, зеленое кольцо в начальной части индикаторной трубки
Бензол	$\text{KIO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$	Белая	Серо-зеленая	Пары воды	Углеводороды жирного и ароматического рядов	Расплывающиеся от увлажнения зерна поглотителя № 1
Ксилол	Параформальдегид, H_2SO_4	Белая	Красно-фиолетовая	Пары воды	Пары бензола и толуола	Расплывающиеся от увлажнения зерна поглотителя № 1
Бензин	$\text{KIO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$	Белая	Коричневая	Пары воды, углеводороды ароматического и непредельного рядов	-	Изменение окраски поглотителя № 2 на длину до 8 мм
Ацетилен	$\text{KIO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$	Белая	Светло-коричневая	Сероводород, фтористый водород, кремнистый водород, ацетон, аммиак, пары воды	-	Расплывающиеся от увлажнения зерна поглотителя № 1
Ацетон	$\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}, \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Синяя	Желтая	Пары уксусной кислоты, уксусного ангидрида, соляной кислоты, сернистый ангидрид в малых концентрациях	Кетоны, уксусный ангидрид, сернистый ангидрид, хлористый водород, уксусная кислота и пары сложных эфиров в концентрациях, превышающих предельно допустимые с 10 раз и более	Патрон используют не более трех раз
Хлористый водород	$\text{KBr}, \text{K}_2\text{CO}_3, \text{KOH}, \text{флуоресцеин}$	Желтая	Розовая	Пары воды	Галогены, галоидпроизводные углеводороды	Расплывающиеся от увлажнения зерна поглотителя № 1

Перечень поглотителей для каждого анализируемого компонента, а также необходимые в каждом анализе принадлежности представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность индикаторных средств (КИС) и необходимых для анализа принадлежностей

Наименование КИС	Наименование ампул поглотительным (окислительным) порошком	Принадлежности										
		Ампула УГ-2 (пустая)	Стержень	Штырек	Патрон	Трубка стеклянная, индикаторная	Воронка для пагронов	Воронка для индикаторных трубок	Заглушка 4 мм	Заглушка 8 мм	Трубка 10 3,0x1,3	Трубка 10 6,3x1,3
на аммиак	–	+	+	+	–	+	–	+	–	+	–	+
на ацетилен	поглотитель №4 поглотитель №1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
на ацетон	поглотитель №9	+	+	+	–	+	–	+	–	+	+	+
на бензин	поглотитель №2 поглотитель №3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
на бензол	поглотитель №1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
на ксилол	поглотитель №1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
на окислы азота	поглотитель №5 окислитель	+	+	+	–	+	–	+	–	+	+	+
на окись углерода	поглотитель №6 поглотитель №7 поглотитель №4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
на сернистый ангидрид	поглотитель №8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
на сероводород	–	+	+	+	–	+	–	+	–	+	–	+
на толуол	поглотитель №1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
на углеводороды нефти	поглотитель №2 поглотитель №3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
на хлор	–	+	+	+	–	+	–	+	–	+	–	+
на этиловый эфир	поглотитель №1 поглотитель №10 поглотитель №11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

3 Устройство и принцип работы газоанализатора УГ-2

Газоанализатор универсальный УГ-2 состоит из воздухозаборного устройства УГ-2 и комплектов индикаторных средств, представленных в таблице 3.

3.1 Воздухозаборное устройство УГ-2

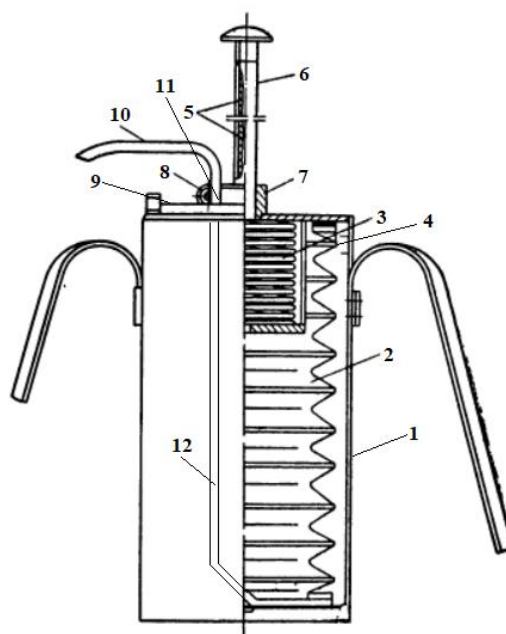
Воздухозаборное устройство УГ-2 (рисунок 1) состоит из резинового сильфона 2 с двумя фланцами, стакана с пружиной 3, находящихся внутри корпуса 1.

Во внутренних гофрах сильфона установлены распорные кольца для придания жесткости сильфону и сохранения постоянства объема.

На верхней плате имеется неподвижная втулка для направления штока при сжатии сильфона. На штуцер с внутренней стороны надета резиновая трубка, которая через нижний фланец соединяется с внутренней полостью сильфона. Свободный конец наружной трубки служит для присоединения индикаторной трубки при анализе.

На цилиндрической поверхности штока расположены четыре продольные канавки с двумя углублениями для фиксации двух положений штока фиксатором. Расстояние между углублениями на канавках подобрано таким образом, чтобы при ходе штока от одного углубления до другого сильфон забирал заданный объем исследуемого воздуха.

Внимание! На каждом штоке и каждом приборе имеются заводские номера. Не рекомендуется использовать шток с номером, отличающимся от номера, указанного на приборе.



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 УГ-2

3.2 Принцип работы газоанализатора универсального УГ-2

Принцип работы газоанализатора основан на изменении слоя окраски индикаторного порошка в индикаторной трубке после просасывания через нее воздухозаборным устройством УГ-2 исследуемого воздуха.

Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке пропорциональна концентрации анализируемого газа в воздухе и измеряется по шкале, градуированной в мг/м^3 .

3.3 Указание мер безопасности

При работе с газоанализатором универсальным УГ-2 необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные при работе с определенным газом или паром.

Необходимо соблюдать осторожность при работе со стеклом, не допускать попадания порошков на кожу и в глаза. Работы с индикаторными порошками проводить в защитной одежде, резиновых перчатках. По окончании работы и перед приемом пищи необходимо тщательно вымыть руки с мылом.

4 Подготовка газоанализатора к работе

Перед началом работы необходимо изготовить индикаторные трубки, фильтрующие патроны, проверить герметичность воздухозаборного устройства УГ-2.

4.1 Изготовление индикаторных трубок

Для изготовления индикаторных трубок необходимы следующие принадлежности: трубки стеклянные индикаторные, ампула с индикаторным порошком, вата медицинская гигроскопическая, без комочков, стержень, штырек, воронка, смесь парафина с полиэтиленом в соотношении 3:1, чашка для плавления герметизирующего материала, плитка электрическая, штатив, ампулы УГ-2, эксикатор с хлористым кальцием.

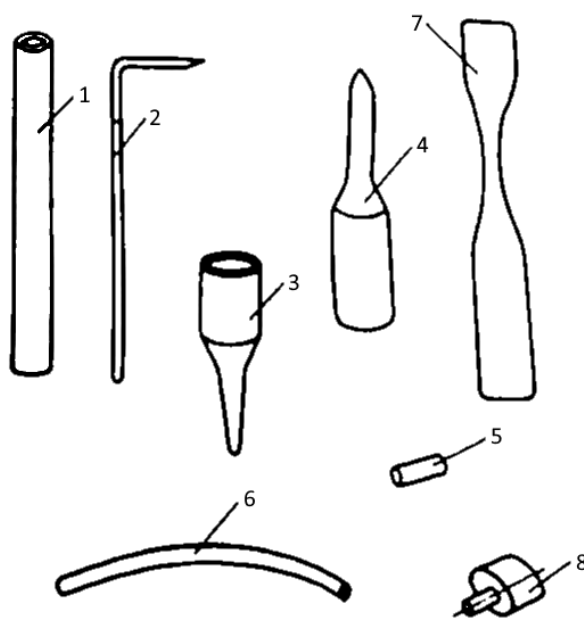
Перед изготовлением стеклянные индикаторные трубки моют хромовой смесью, водопроводной водой, дистиллированной водой и сушат при

температуре от 120 °С до 130 °С. Высушенные трубки должны храниться в эксикаторе.

В один конец трубки стеклянной индикаторной (рисунок 2) вставляют стержень, в противоположный конец трубки вкладывают тампон из ваты и штырек, уплотняют вату с помощью стержня до двух-трех мм. Вынимают стержень. Через воронку в индикаторную трубку насыпают до края индикаторный порошок из ампулы, вскрытой перед употреблением.

Ампулу с оставшимся индикаторным порошком сразу же закрывают заглушкой с помощью резиновой трубки длиной 25 мм или оставшийся в ампуле индикаторный порошок пересыпают в пустую ампулу и запаивают.

Постукивая по стенке трубки, удерживаемой вертикально стержнем, уплотняют столбик индикаторного порошка и вкладывают второй тампон толщиной 2-3 мм. Длина уплотненного столбика индикаторного порошка контролируется длиной стержня от конца до нанесенной на нем отметки.



1 – трубка стеклянная индикаторная; 2 – стержень; 3 – воронка; 4 – ампула с индикаторным порошком; 5 – заглушка; 6 – трубка резиновая; 7 – ампула УГ-2; 8 – штырек

Рисунок 2 – Принадлежности для изготовления индикаторных трубок

Недостаточное уплотнение индикаторного порошка приводит к увеличению длины окрашенного столбика и размытости его границы.

Правильность уплотнения индикаторного порошка в трубке контролируется продолжительностью хода штока до защелкивания. Если продолжительность хода штока до защелкивания меньше указанной на шкале, то индикаторный порошок уплотнен в трубке слабо и наоборот.

Изготовленные индикаторные трубки герметизируют колпачками из смеси парафина с полиэтиленом, опуская поочередно концы трубок в расплавленную смесь на 3-7 мм и укладывают на штатив.

Изготовление индикаторных трубок проводится в сухом, незагазованном, хорошо вентилируемом помещении.

Во избежание длительного соприкосновения индикаторного порошка с воздухом, трубки готовят партиями не более 10 штук.

Из отработанных трубок с помощью стержня извлекают тампоны и высыпают индикаторный порошок.

Трубки моют и сушат для повторного использования, как указано выше.

Принадлежности для приготовления индикаторных трубок должны использоваться строго по назначению, во избежание загрязнения индикаторного порошка и получения недостоверных результатов анализа воздуха.

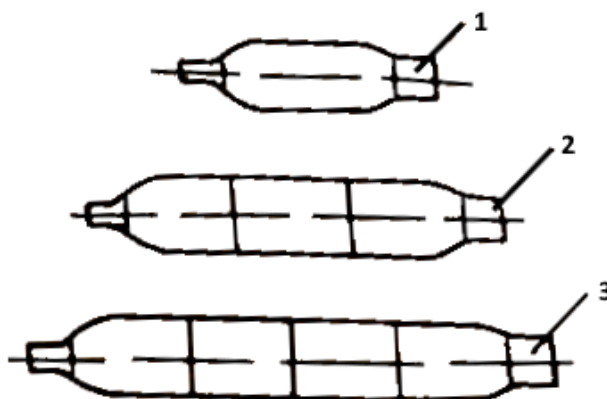
4.2 Изготовление поглотительной трубки на ацетон

В один конец стеклянной индикаторной трубки вкладывают тампон из ваты и уплотняют его до 2-3 мм. При помощи воронки всыпают из ампулы поглотитель № 9 слоем 9-11 мм. Слой уплотняют до 8-10 мм, постукивая по трубке стержнем. Вкладывают из ваты тампон, уплотняют его до 2-3 мм. Трубки герметизируют по пункту 4.1 и хранят в эксикаторе с хлористым кальцием.

4.3 Изготовление фильтрующего патрона на ацетилен

В узкий конец патрона с двумя метками (рисунок 3) вкладывают тампон из ваты и уплотняют его до 4-5 мм.

При помощи воронки насыпают через широкий конец патрона, при легком и постоянном постукивании стержня о стенки патрона, поглотитель № 4 до второй метки, затем поглотитель № 1. Вкладывают тампон из ваты, уплотняют его до 4-5 мм.



1 – патрон; 2 – патрон с двумя метками; 3 – патрон с тремя метками

Рисунок 3 – Фильтрующие патроны

Оба конца фильтрующего патрона немедленно закрывают заглушками с помощью резиновой трубки длиной 15-20 мм и хранят в эксикаторе с кальцием хлористым.

4.4 Изготовление фильтрующих патронов на бензин и углеводороды нефти

В узкий конец патрона с двумя метками закладывают тампон из ваты и уплотняют его до 4-5 мм.

При помощи воронки через широкий конец патрона, при легком и постоянном постукивании стержня о стенки патрона, насыпают поглотитель № 3 до второй метки, затем поглотитель № 2. Вкладывают тампон из ваты, уплотняют до 4-5 мм.

Оба конца фильтрующего патрона немедленно закрывают заглушками с помощью резиновой трубки длиной 15-20 мм и хранят в эксикаторе с хлористым кальцием.

4.5 Изготовление фильтрующих патронов на бензол, толуол, ксилол

В узкий конец патрона вкладывают тампон из ваты и уплотняют его до четырех-пяти мм.

При помощи воронки через широкий конец патрона, при легком постукивании стержня о стенки патрона, насыпают поглотитель № 1. Вкладывают тампон из ваты, уплотняют его до 4-5 мм. Оба конца фильтрующего патрона немедленно закрывают заглушками с помощью резиновой трубки длиной 15-20 мм и хранят в эксикаторе с хлористым кальцием.

4.6 Изготовление фильтрующих патронов на окись углерода

В узкий конец патрона с тремя метками вкладывают тампон из ваты и уплотняют до 4-5 мм.

При помощи воронки через широкий конец патрона, при легком и постоянном постукивании о стенки патрона, насыпают поглотитель № 4 до первой метки, поглотитель № 7 до третьей метки, затем поглотитель № 6.

Вкладывают тампон из ваты, уплотняют его до 4-5 мм.

Оба конца фильтрующего патрона немедленно закрывают заглушками с помощью резиновых трубок длиной 15-20 мм и хранят в эксикаторе с хлористым кальцием.

4.7 Назначение и изготовление окислительной и окислительно-восстановительной трубок на окислы азота

Окислительная трубка предназначена для окисления окиси азота в двуокись азота при определении концентрации суммы окиси и двуокиси азота, так как индикаторный порошок чувствителен только к двуокиси азота.

В один конец трубки стеклянной индикаторной вкладывают тампон из ваты и уплотняют его до 2-3 мм. При помощи воронки насыпают окислитель слоем 17-19 мм. Слой уплотняют до 15-18 мм, постукивая по трубке стержнем. Вкладывают патрон из ваты, уплотняют его до 2-3 мм. Трубку герметизируют по пункту 4.1 и хранят в эксикаторе с хлористым кальцием.

Поглотительно-окислительная трубка предназначена для поглощения двуокиси азота и окисления окиси азота в двуокись при определении концентрации окиси азота.

В один конец трубки стеклянной индикаторной вкладывают тампон из

ваты и уплотняют его до 2-3 мм. При помощи воронки насыпают окислитель слоем 17-20 мм, слой уплотняют до 15-18 мм, постукивая по трубке стержнем. Вкладывают тампон из ваты, уплотняют его до 2-3 мм. Насыпают поглотитель № 5 слоем 10-12 мм, уплотняют до 9-11 мм, постукивая по трубке стержнем.

Вкладывают тампон из ваты, уплотняют до 2-3 мм. Трубки герметизируют по пункту 4.1 и хранят в эксикаторе с хлористым кальцием.

4.8 Изготовление фильтрующего патрона на сернистый ангидрид

В узкий конец патрона вкладывают тампон из ваты и уплотняют его до 4-5 мм.

При помощи воронки через широкий конец патрона, при легком и постепенном постукивании стержня о стенки патрона, насыпают поглотитель № 8. Вкладывают тампон из ваты и уплотняют его до 4-5 мм. Оба конца фильтрующего патрона немедленно закрывают заглушками с помощью резиновых трубок длиной 15-20 мм и хранят в эксикаторе с хлористым кальцием.

4.9 Изготовление фильтрующего патрона на этиловый эфир

В узкий конец патрона с тремя метками вкладывают тампон из ваты и уплотняют его до 4-5 мм.

При помощи воронки насыпают через широкий конец патрона, при легком и постоянном постукивании о стенки патрона, поглотитель № 1 до первой метки, поглотитель № 10 до третьей метки, затем до половины последней расширенной части патрона насыпают поглотитель № 11 и поглотитель № 1 до

суженной части патрона. Вкладывают тампон из ваты и уплотняют его до 4-5 мм.

Оба конца фильтрующего патрона немедленно закрывают заглушками с помощью резиновых трубок длиной 15-20 мм и хранят в эксикаторе с хлористым кальцием.

4.10 Проверка герметичности воздухозаборного устройства УГ-2

Сжимают сильфон штоком до верхнего отверстия на объеме 400 см³ и фиксируют это положение фиксатором. Резиновую трубку перегибают и зажимают зажимом.

Отводят фиксатор и после первоначального рывка штока его отпускают. Воздухозаборное устройство УГ-2 считают герметичным, если в течение (10 ± 2) минут не наблюдается заметного перемещения штока.

5 Порядок работы

Перед началом работы индикаторные трубки необходимо выдержать в течение 30 минут для принятия температуры окружающей среды на месте проведения анализа.

Для определения концентрации определяемого газа (пара) открывают крышку воздухозаборного устройства УГ-2 и проверяют соответствие номера штока номеру воздухозаборного устройства УГ-2, отводят фиксатор, берут из гнезда шток и вставляют его в направляющую втулку так, чтобы наконечник фиксатора скользил по канавке штока, над которой указан просасываемый объем воздуха по таблице 1.

Давлением руки (осторожно) на головку штока сильфон сжимают до тех пор, пока конец фиксатора попадет в верхнее углубление в канавке штока. При этом конец резиновой трубки оставляют свободным. Трубку не пережимают.

Берут индикаторную трубку, освобождают от герметизирующих колпачков, избегая засорения ее герметизирующим материалом.

Постукивая стержнем о стенки 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 УГ-2 и располагают в месте измерения.

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

Измерение следует начинать не позднее одной минуты после разгерметизации трубок.

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 4.

Индикаторный порошок после воздействия определяемого газа (пара) меняет окраску согласно таблице 2. Концентрацию определяемого газа (пара) находят, совмещая нижнюю границу столбика окрашенного порошка индикаторной трубки с нулевой отметкой измерительной шкалы этикетки.



Рисунок 4 – Определение концентрации сернистого ангидрида

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

При размытости границы раздела окрасок слоев исходного и прореагировавшего индикаторного порошка отсчет концентрации определяемого компонента проводят по шкале по нижней и верхней частям границы. За результат принимают среднее значение.

После окончания работы патрон отсоединяют от индикаторной трубки, немедленно закрывают заглушками и укладывают на хранение в эксикатор с хлористым кальцием.

Измерения проводят не менее двух-трех раз, каждый раз новой индикаторной трубкой. За результат измерения принимают среднее арифметическое значение.

Результат измерения концентрации определяемого компонента приводят в нормальных условиях (н.у.): температура 293 К, атмосферное давление 101,3 кПа (760 мм. рт. ст.), относительная влажность 60 %.

Концентрацию (C_n) при нормальных условиях в мг/м^3 вычисляют по формуле:

$$C_n = C_{t, \varphi, p} \frac{(273+t) \cdot 101,3 \cdot K}{293 \cdot p},$$

где $C_{t, \varphi, p}$ – результат концентрации определяемого газа (пара) при температуре окружающего воздуха t °С, относительной влажности φ % и атмосферном давлении p кПа, мг/м³;

K – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающего воздуха на показания индикаторных трубок.

При определении концентрации аммиака поправочный коэффициент находят по графику, изображенному на рисунке 5.

При определении концентрации паров углеводородов нефти поправочный коэффициент находят по таблице 4.

Таблица 4 – Определение поправочного коэффициента K при определении концентрации паров углеводородов нефти

Температура, °С	Поправочный коэффициент, K
10	1,22
15	1,14
20	1,00
30	0,95

При определении концентрации остальных газов поправочный коэффициент не учитывается.

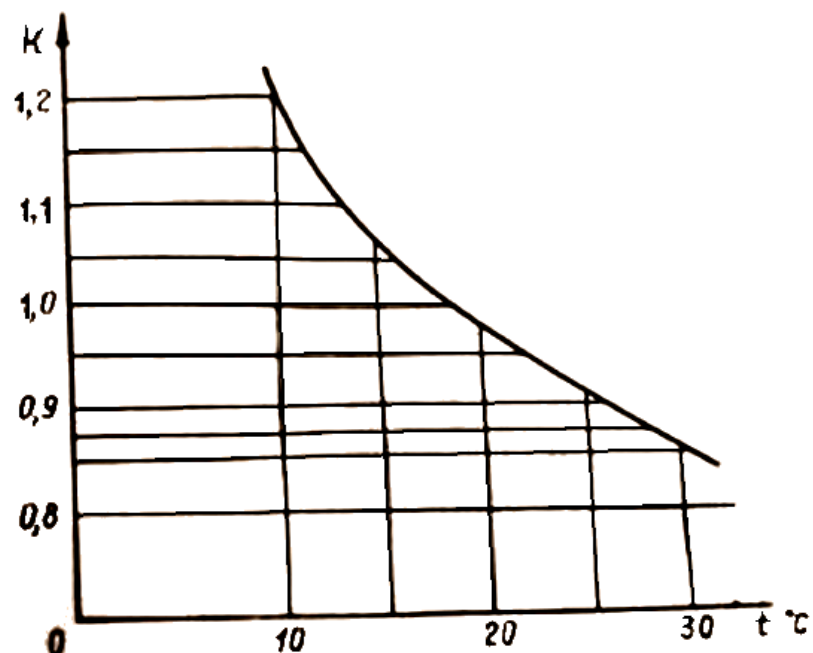


Рисунок 5 – Определение поправочного коэффициента K при измерении концентрации аммиака

Определение концентрации окиси азота проводится индикаторной и поглотительно-окислительной трубками. Поглотительно-окислительную трубку присоединяют к индикаторной трубке концом, который содержит темно-фиолетовый порошок.

Определение концентрации двуокиси азота проводится только индикаторной трубкой. Определение концентрации суммы окиси и двуокиси азота – индикаторной и окислительной трубками.

Определение концентрации ацетона в присутствии кислых газов и паров проводится индикаторной и поглотительной трубками, а при их отсутствии – индикаторной.

6 Варианты заданий для проведения лабораторных работ

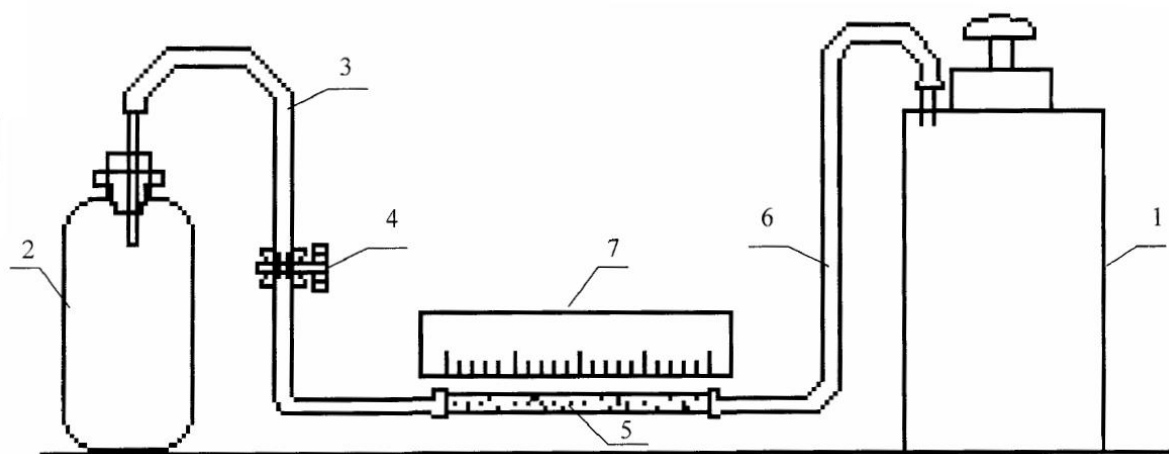
Целью лабораторных работ является изучение методики и определение концентрации вредных веществ в воздухе с помощью экспрессного газоанализатора УГ-2.

Варианты заданий для проведения лабораторных работ подразделяются на три типа:

1. Определение концентрации одного из представленных в таблице 1 веществ в воздухе учебного помещения (на улице).

2. Определение одного из представленных в таблице 1 веществ в воздухе, находящегося в закрытой емкости (моделирование загрязнения воздуха, рисунок 5).

3. Определение эффективности работы вытяжного шкафа: для этого в выключенный закрытый вытяжной шкаф помещают чашку Петри с жидким растворителем (нефрас, ацетон, бензин, нефть, толуол, ксилол) или поджигается кусочек серы (в случае определения сернистого ангидрида), или, путем взаимодействия меди с концентрированной азотной кислотой, получают окислы азота, или, путем взаимодействия парафина с серой, при нагревании, получают сероводород. Проводят замеры концентрации исследуемого вещества в вытяжном шкафу, путем подведения индикаторной трубки к щели между вытяжным шкафом и его защитным стеклом. После чего включают вытяжной шкаф на 5 секунд, заново проводят измерения с новой индикаторной трубкой. После время включения шкафа увеличивают до 15 секунд, 30 секунд, одной минуты, двух, трех, пяти, десяти минут. Строят график зависимости концентрации исследуемого компонента от общего времени работы вытяжного шкафа.



1 – газоанализатор УГ-2; 2 – стеклянный сосуд с парами токсичного вещества, объемом не менее трех литров; 3 – резиновая трубка; 4 – зажим; 5 – индикаторная трубка; 6 – резиновая трубка газоанализатора; 7 – шкала для определения концентрации токсичного вещества

Рисунок 5 – Схема установки для определения опасных веществ в воздухе

7 Форма отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист с названием работы, ФИО студента и преподавателя, дату выполнения работы. Содержание отчета включает в себя краткое описание цели работы, схему лабораторной установки, таблицу с результатами измерений (пример указан в таблице 5), пересчет концентрации газа на нормальные условия, выводы о допустимости концентраций, обнаруженных вредных веществ в воздухе и о мероприятиях по их устранению. В конце отчета по лабораторной работе необходимо определить класс вредности условий труда по вредным веществам.

Таблица 5 – Пример оформления результатов измерений концентрации газов

№ измерения	Давление воздуха, Па	Температура воздуха, °С	Исследуемый газ (пар)	Концентрация газа (пара), мг/м ³		ПДК, мг/м ³
1	98800	25,4	Углеводороды нефти (нефрас)	410	407,3 ± 2,5	300,0
2	98800	25		405		
3	98800	25,4		407		

Вывод: было проведено измерение концентрации исследуемого вещества (углеводороды нефти, нефрас) в учебной аудитории № ____ при помощи газоанализатора УГ-2. Полученное значение концентрации углеводородов нефти (407,3 ± 2,5 мг/м³) превышает значение ПДК (300 мг/м³). Данное вещество относится к 4 классу опасности (малоопасные).

8 Контрольные вопросы

1. Дать определение вредного вещества.
2. Назовите пути проникновения вредных веществ в организм.
3. Приведите классификацию вредных веществ по характеру воздействия на организм и по степени опасности.
4. Дайте определение предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
5. Изложите суть линейно-колориметрического метода определения концентрации вредных веществ в воздухе.
6. Опишите принцип действия и устройство газоанализатора УГ-2.

Список использованных источников

- 1 Практикум по неорганической химии [Текст] : учеб. пособие для вузов / [В. А. Алешин и др.]; под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : Академия, 2004. - 384 с. - (Высшее профессиональное образование). - Авт. указаны на обороте тит. л. - Библиогр.: с. 378. - ISBN 5-7695-1568-6.
- 2 Воскресенский, П. И. Техника лабораторных работ [Текст] / П. И. Воскресенский.- 10-е изд., стер. - М. : Химия, 1973. - 288 с. : ил.
- 3 Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп [Текст] : справочник / под ред. В. А. Филова . - Л. : Химия, 1988. - 512 с. - Прил.: с. 456-499. - Библиогр.: с. 500-501.
- 4 Перегуд, Е. А. Быстрые методы определения вредных веществ в воздухе / Е. А. Перегуд, М. С. Быховская, Е. В. Гернет. – Москва: Химия, 1970. – 358 с.
- 5 Мушников, В. С. Определение концентрации опасных веществ в воздухе производственных помещений / В. С. Мушников, Е. Е. Барышев, И. Н. Фетисов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. – 17 с.
- 6 ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введ. 1977-01-01. – Москва : Стандартиформ, 2007. – 7 с
- 7 ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Введ. – 1976-01-01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 4 с.
- 8 ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введ. 1989-01-01. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 48 с.

Приложение А

(обязательное)

Предельно-допустимые концентрации вредных газов в воздухе рабочей зоны

Таблица А.1 – Предельно-допустимые концентрации вредных газов в воздухе рабочей зоны (в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88)

Вещество	Величина ПДК, мг/м ³
Азота окислы	5
Аммиак	20
Ацетон	200
Бензин (в пересчете на углерод)	300
Бензол	20
Керосин (в пересчете на углерод)	300
Сернистый ангидрид	10
Сероводород	10
Серовуглерод	10
Скипидар (в пересчете на углерод)	300
Хлор	1
Метиловый спирт	50
Этиловый спирт	1000
Толуол	50
Окись углерода	20
Фенол	5
Щелочи (аэрозоль)	0,5