

Федеральное агентство по образованию  
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»



**В.С. Мушников, Е.Е. Барышев, И.Н. Фетисов**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ  
ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Учебное электронное текстовое издание  
Подготовлено кафедрой «Безопасность жизнедеятельности»  
Научный редактор: проф., д-р техн. наук Г.В. Тягунов

Методические указания к лабораторной работе №9  
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»  
для студентов всех форм обучения всех специальностей

Содержат методику оценки воздушной среды рабочей зоны  
по содержанию токсичных примесей, их классификацию и  
влияние на организм человека.

© ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2005

Екатеринбург  
2005

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Цель работы** – изучить методику и определить концентрацию вредных веществ в воздухе производственных помещений с помощью экспрессного газоанализатора УГ-2.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

1. Изучение вредного и опасного действия вредных веществ на организм человека.
2. Ознакомление с принципом определения предельно-допустимой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. Ознакомление с принципом линейно-колористического метода определения концентрации вредных веществ и устройством газоанализатора УГ-2.
4. Экспериментальное определение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

## **1. ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПУТИ ИХ 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  $1 \text{ мг/м}^3$ ); умеренно опасные (от  $1$  до  $10 \text{ мг/м}^3$ ); малоопасные (более  $10 \text{ мг/м}^3$ ).

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 др.).

## **2. ДЕЙСТВИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОРГАНИЗМ**

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, т. е. поражают преимущественно те или иные органы и системы человеческого организма. Например, ароматические углеводороды действуют на центральную нервную систему (наркотики);

хлорированные углеводороды поражают печень; окись углерода действует на кровь и т. д. По характеру действия на организм вредные вещества подразделяются на: токсические, раздражающие, сенсебилизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию (ГОСТ 12.0.003-74).

Большинство промышленных вредных веществ обладает общетоксическим действием, т.е. оказывают вредное действие на организм. Это ароматические углеводороды и их амидо- и нитропроизводные (бензол, толуол, анилин). Большая токсичность у ртуторганических соединений, тетраэтилена свинца, фосфорорганических веществ, хлорированных углеводородов.

Раздражающим действием, т. е. 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 сенсебилизирующим 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 т.д.

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

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 др., 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 пр.

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 ( $\text{мг/м}^3$ ), 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. В качестве примера в приложении 1 приведены ПДК некоторых веществ.

В зависимости от содержания *вредных химических* веществ в воздухе рабочей зоны условия труда относятся к тому или иному классу вредности и опасности. В табл.1, согласно Р.2.2.755-99, приведены классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных химических веществ, содержание которых определяется кратностью превышения ПДК.

Таблица 1

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ химической природы (превышение ПДК, раз)

Вредные вещества	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
		2	3.1	3.2	3.3	
Вредные вещества 1 – 2 классов опасности, за исключением следующих ниже	≤ ПДК	1,1 – 3,0	3,1 – 6,0	6,1 – 10,0	10,1 – 20,0	> 20,0
Вредные вещества 3 – 4 классов опасности, за исключением следующих ниже	≤ ПДК	1,1 – 3,0	3,1 – 10,0	> 10,0		
Вещества, опасные для развития острого отравления: с остронаправленным механизмом действия, раздражающего действия	≤ ПДК	1,1 – 2,0	2,1 – 4,0	4,1 – 6,0	6,1 – 10,0	>10,0
Канцерогены	≤ ПДК	1,1 – 3,0	3,1 – 6,0	6,1 – 10,0	> 10,0	
Аллергены	≤ ПДК		1,1 – 3,0	3,1 – 10,0	> 10,0	

ПДК содержания вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны определяется в соответствии с гигиеническими нормативами:

- ГН 2.2.5.686 – 98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и дополнения к нему;
- ГН 1.1.725 – 98 «Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека»;
- ГН 2.2.5.563 – 96 «Предельно допустимые уровни (ПДУ) загрязнения кожных покровов вредными веществами».

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны двух и более вредных веществ *разнонаправленного* действия класс вредности условий труда по химическому фактору устанавливается следующим образом:

- по веществу, концентрация которого соответствует наиболее высокому классу и степени вредности;
- присутствие любого числа веществ, уровни которых соответствуют классу 3.1, не увеличивает степень вредности условий труда;
- три и более веществ с уровнями класса 3.2 переводят условия труда в следующую степень вредности – 3.3;
- два и более вредных веществ класса 3.3 переводят условия труда в класс 3.4, аналогичным образом осуществляется перевод из класса 3.4 в 4 класс – опасные условия труда.

### **3. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА УГ-2 И УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ВОЗДУХЕ**

Универсальный переносной газоанализатор УГ-2 (рис. 1) состоит из воздухозаборного устройства, общего для всех определяемых паров и газов, комплекта стеклянных трубок и набора индикаторных порошков, предназначенных для определения концентрации веществ, на которые калиброван прибор и на которые имеются стандартные шкалы.

Воздухозаборное устройство представляет собой размещённый в металлическом корпусе 1 резиновый мех 2 (сильфон), который растягивается стальной пружиной 3, находящейся в металлическом стакане с флянцами. Для сжатия сильфона через втулку в верхней части прибора в стакан вставляется шток 4 и путём надавливания на него рукой пружина растягивается. Необходимая степень сжатия сильфона определяется выбором штока и глубиной его погружения, что обеспечивается специальным фиксатором 5. При оттягивании фиксатора шток освобождается, сильфон под действием пружины разжимается и засасывает через трубку определённый объём воздуха.

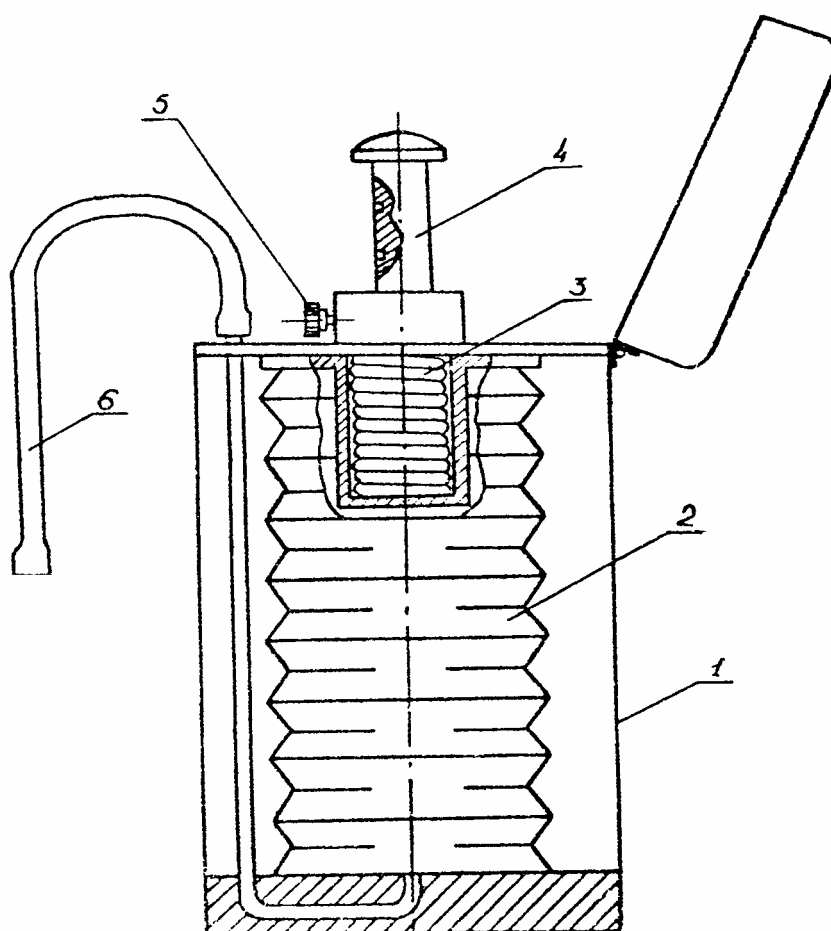


Рис.1. Схема газоанализатора УГ-2:  
1 – корпус; 2 – резиновый мех (сильфон); 3 – пружина; 4 – шток;  
5 – фиксатор; 6 – резиновая трубка.



Прилагаемые к прибору индикаторные порошки, находящиеся в стеклянных ампулах, дают возможность определять содержание в воздухе аммиака, ацетона, окиси углерода, сероводорода, этилового эфира, окислов азота, хлора, бензина, бензола, ксилола, толуола, углеводов.

Определение концентрации вредного вещества в воздухе с использованием газоанализатора УГ-2 производится линейно – колористическим методом, основанным на применении индикаторных трубок.

Схема установки для определения содержания токсичных примесей в воздухе приведена на рис. 2. В качестве имитатора воздуха рабочей зоны производственного помещения используется стеклянный баллон (2) с парами соответствующего вредного вещества (аммиак, ацетон, др.), снабжённый резиновой трубкой (3), имеющей зажим (4). Между резиновыми трубками стеклянного баллона (3) и газоанализатора УГ-2 (6) (рис. 1) устанавливается индикаторная трубка (5), в которую засыпается соответствующий индикаторный порошок. При протягивании воздуха, содержащего токсические примеси, из стеклянного баллона (2) с помощью газоанализатора (1) в индикаторной трубке (5) происходит реакция между определяемым вредным веществом и реактивом индикаторного порошка, изменяющим свой цвет на определённую длину трубки. Длина окрашенного слоя порошка пропорциональна количеству вредного вещества в воздухе, протянутого через индикаторную трубку.

#### **4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Ознакомьтесь с прибором УГ-2, принципом его работы, убедитесь в его исправности.
2. Получите задание преподавателя и выясните, какие вредные вещества должны быть обнаружены в имеющихся ёмкостях с анализируемым воздухом.

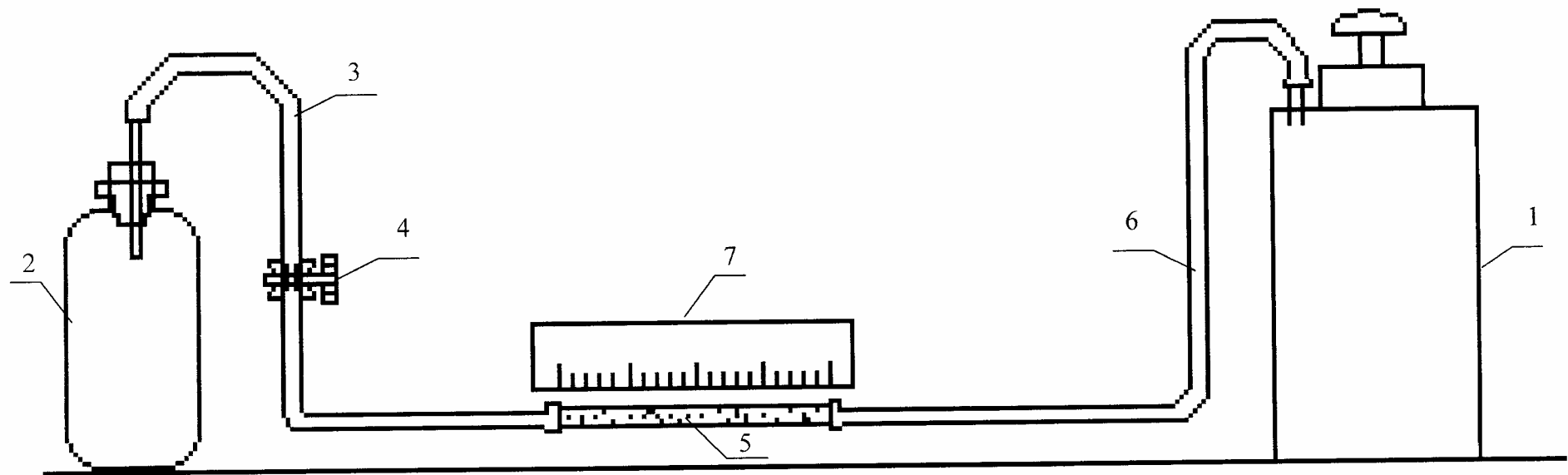


Рис.2. Схема установки для определения содержания опасных веществ в воздухе рабочей зоны:  
1 – газоанализатор УГ-2; 2 – стеклянный баллон с парами токсичного вещества; 3 – резиновая трубка баллона;  
4 – зажим; 5 – индикаторная трубка; 6 – резиновая трубка газоанализатора УГ-2;  
7 стандартная шкала на токсичное вещество.

3. Приготовьте для каждой определяемой примеси воздуха соответствующие индикаторные трубки (заполнив стеклянные трубки соответствующим индикаторным порошком, который удерживается в них ватными тампончиками с обеих сторон).

4. Во втулку газоанализатора вставьте соответствующий по расходу протягиваемого воздуха стандартной шкале на вредное вещество (например, 150 мл.) шток (4) так, чтобы фиксатор (5) скользил по канавке штока (4) (рис. 1).

(1). Давлением руки сверху на шток (4) сожмите сильфон (2) до тех пор, пока стопор не войдет в верхнее углубление канавки штока.

(2). Соедините один конец индикаторной трубки (5) с резиновой трубкой (6) прибора УГ-2, а другой конец с резиновой трубкой (3) стеклянного баллона (2) (рис. 2).

(3). Ослабьте зажим (4) на резиновой трубке стеклянного баллона (3) (рис. 2), давая возможность протяжки воздуха с парами вредного вещества через индикаторную трубку.

(4). Придерживая одной рукой шток (4), другой рукой отведите фиксатор (5) (рис.1), позволяя штоку подниматься под действием пружины в течение оговоренного на стандартной шкале периода времени до тех пор, пока стопор не войдет в нижнее углубление в канавке штока. При этом через индикаторную трубку пройдет в течение оговоренного времени определённый объём воздуха (например, 150 мл).

(5). Перекройте зажим (4) на стеклянном баллоне (2), освободите индикаторную трубку (5) от резиновых трубок (3) и (6) (рис. 2).

(6). Приложите индикаторную трубку (5) к стандартной шкале (7) (рис. 2) и по длине изменившегося цвет индикаторного порошка определите концентрацию вредного вещества в исследуемом воздухе.

(7). Сравните фактическую концентрацию вредного вещества с ПДК (приложение 1), результаты занесите в таблицу.

(8). Оформите отчёт по работе, сделайте выводы о допустимости обнаруженных концентраций вредных паров в воздухе производственных помещений, определите класс вредности условий труда по вредным веществам.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте 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 сущность линейно-колористического метода определения концентраций вредных веществ в воздухе.
6. Опишите принцип действия и устройство газоанализатора УГ-2.

## 6. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Титульный лист:
  - номер и название работы;
  - Ф.И.О. студента, подпись;
  - Ф.И.О. преподавателя;
  - дата выполнения работы.
2. Содержание отчета:
  - кратко опишите цель работы;
  - приведите схему лабораторной установки (см. рис. 2);
  - заполните таблицу с результатами измерений (см. прил. 2).
3. Сформулируйте выводы о допустимости концентраций обнаруженных вредных веществ в воздухе производственных помещений и о мероприятиях по их устранению.
4. Определите класс вредности условий труда по вредным веществам.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисенко Г.Ф. **Охрана труда : учебн. пособие для вузов.** М. : Высшая школа, 1985. 319 с.
2. **Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов** / под общ. ред. С.В.Белова. М. : Высшая школа, 1999. 448 с.
3. **ГОСТ ССБТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.** М. : Издательство стандартов, 1988. 75 с.
4. **ГОСТ ССБТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.** М. : Издательство стандартов, 1999. 6 с.
5. **Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса: Руководство.** М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 192 с.

## Приложение 1

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ  
в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1. 005 – 88).

№	Вещества	Величина предельно-допустимой концентрации, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние*
1	Азота окислы	5	2	п
2	Аммиак	20	4	п
3	Ацетон	200	4	п
4	Бензин растворитель (в пересчёте на С)	300	4	п
5	Бензол	5	2	п
6	Керосин (в пересчёте на С)	300	4	п
7	Сернистый ангидрид	10	3	п
8	Сероводород	10	2	п
9	Серовуглерод	1	2	п
10	Скипидар (в пересчёте на С) Соляная кислота	300	4	п
11	Спирт метиловый (метанол)	5	2	п
12	Спирт этиловый Толуол	5	3	п
13	Углерода окись	1000	4	п
14	Фенол	50	3	п
15	Щёлочи едкие (растворы)	20	4	п
16		0,3	2	п
17		0,5	2	а

\* п - пары и/или газы;  
а – аэрозоль.

Приложение 2

Таблица результатов измерений

№ опыта	Вредное вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Длина трубки, мм	Калибровка стандартной трубки	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
1. Характеристика и классификация вредных веществ, пути проникновения их в организм	2
2. Действие вредных веществ на организм	3
3. Описание конструкции газоанализатора УГ-2 и установки для определения содержания токсичных примесей в воздухе	7
4. Порядок выполнения работы	9
6. Контрольные вопросы	12
7. Форма отчета	12
Библиографический список	14
Приложения № 1	15
Приложение № 2	16



**Учебное электронное текстовое издание**

Мушников Валерий Сергеевич  
Барышев Евгений Евгеньевич  
Фетисов Иван Николаевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ  
ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Редактор  
Компьютерная верстка

*К.Б. Позднякова  
Н.В. Лутова*

Рекомендовано РИС ГОУ ВПО УГТУ-УПИ  
Разрешен к публикации 16.12.05.  
Электронный формат – PDF  
Формат 60x90 1/8

Издательство ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ  
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19  
e-mail: sh@uchdep.ustu.ru

Информационный портал  
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ  
<http://www.ustu.ru>