

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

И.В. ЕФРЕМОВ, Л.А. БЫКОВА

# **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 502.3 (07)  
ББК 20.1 я 73  
Е 92

Рецензент

кандидат технических наук, доцент В.А. Василенко

**Е 92**      **Ефремов, И.В.**  
**Методы и средства защиты воздушной среды от газообразных загрязнений: методические указания к лабораторным работам / И.В. Ефремов, Л.А. Быкова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 18 с.**

Методические указания содержат цель лабораторных работ, теоретические сведения о способах и аппаратах очистки вентиляционных и технологических выбросов в атмосферу от газообразных примесей, необходимые материалы и оборудование, ход выполнения работы и контрольные вопросы.

Проведение данных лабораторных работ предполагает учебное моделирование загрязнений воздуха, а также анализ воздушной среды с помощью индикаторных трубок на входе и выходе с очистных модулей лабораторной установки.

Методические указания рекомендованы для обучения студентов технических специальностей, изучающих дисциплину «Системы защиты среды обитания».

ББК 20.1 я 73

© Ефремов И.В.,  
Быкова Л.А., 2009  
© ГОУ ОГУ, 2009

## Содержание

1 Цель работ.....	4
2 Основные положения.....	4
3 Экспериментальная часть.....	7
3.1 Материалы и оборудование.....	7
3.2 Устройство и принцип работы лабораторной установки.....	8
3.3 Особенности методов и средств контроля оцениваемых параметров....	10
3.4 Указания мер безопасности.....	10
3.5 Ход выполнения работ.....	11
3.6 Порядок применения индикаторных трубок при анализе воздушных смесей.....	13
3.7 Обработка результатов измерений.....	16
3.8 Возможные неисправности и способы их устранения.....	16
4 Контрольные вопросы.....	17
Список использованных источников.....	18

## 1 Цель работ

1.1 Ознакомление с методами очистки вентиляционных и технологических выбросов в атмосферу от газообразных примесей.

1.2 Моделирование загрязнений воздуха.

1.3 Анализ воздушной среды с помощью индикаторных трубок на входе и выходе с очистных модулей лабораторной установки.

1.4 Сравнительная оценка эффективности очистки воздушной среды от газообразных загрязнений при использовании различных способов.

## 2 Основные положения

В тех случаях, когда реальные выбросы превышают ПДВ, необходимо в системе выброса использовать аппараты для очистки газов от примесей.

Аппараты очистки вентиляционных и технологических выбросов в атмосферу делятся на: пылеуловители (сухие, электрические, фильтры, мокрые); туманоуловители (низкоскоростные и высокоскоростные); аппараты для улавливания паров и газов (абсорбционные, хемосорбционные, адсорбционные и нейтрализаторы); аппараты многоступенчатой очистки (уловители пыли и газов, уловители туманов и твердых примесей, многоступенчатые пылеуловители).

Рассмотрим методы очистки выбросов в атмосферу от газообразных примесей и аппараты, используемые при этом.

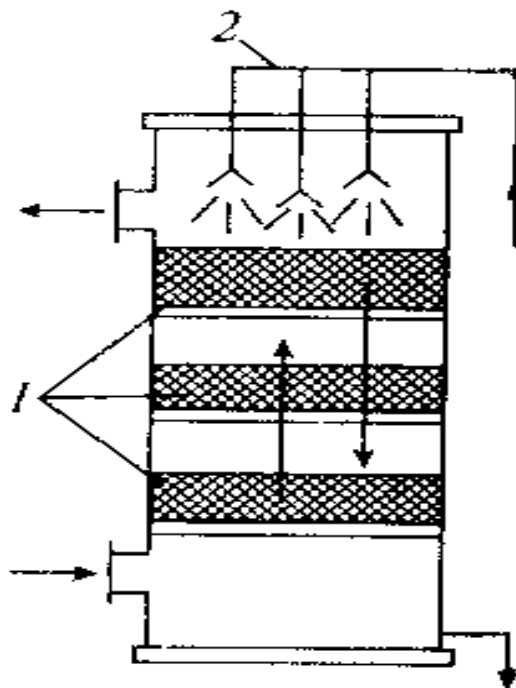
Метод *адсорбции* основан на способности некоторых тонкодисперсных твердых тел селективно извлекать и концентрировать на поверхности отдельные компоненты газовой смеси. Для этого метода используют *адсорбенты*. В качестве адсорбентов, или поглотителей, применяют вещества, имеющие большую площадь поверхности на единицу массы. Так, удельная поверхность активированных углей достигает от  $10^5$  до  $10^6$  м<sup>2</sup>/кг. Их применяют для очистки газов от органических паров, удаления неприятных запахов и газообразных примесей, содержащихся в незначительных количествах в промышленных выбросах, а также летучих растворителей и целого ряда других газов. В качестве адсорбентов применяют также простые и комплексные оксиды (активированный глинозем, силикагель, активированный оксид алюминия, синтетические цеолиты или молекулярные сита), которые обладают большей селективной способностью, чем активированные угли.

Конструктивно адсорберы выполняют в виде емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Адсорберы применяют для очистки воздуха от паров растворителей, эфира, ацетона, различных углеводородов и т. п.

Адсорберы нашли широкое применение в респираторах и противогазах. Патроны с адсорбентом следует использовать строго в соответствии с условием эксплуатации, указанным в паспорте респиратора или противогаза.

Метод *абсорбции* - очистка газовых выбросов от газов и паров - основан на поглощении последних жидкостью. Для этого используют *абсорберы*. Решающим условием для применения метода абсорбции является растворимость паров или газов в абсорбенте. Так, для удаления из технологических выбросов аммиака, хлоро- или фтороводорода целесообразно применять в качестве абсорбента воду. Для высокоэффективного протекания процесса абсорбции необходимы специальные конструктивные решения. Они реализуются в виде насадочных башен (рисунок 1), форсуночных барботажно-пенных и других скрубберов.

Работа *хемосорберов* основана на поглощении газов и паров жидкими или твердыми поглотителями с образованием малорастворимых или малолетучих химических соединений. Основными аппаратами для реализации процесса являются насадочные башни, барботажно-пенные аппараты, скрубберы Вентури и т. п. Хемосорбция - один из распространенных методов очистки отходящих газов от оксидов азота и паров кислот. Эффективность очистки от оксидов азота составляет от 0,17 до 0,86 и от паров кислот - 0,95.



1 – насадка; 2 – разбрызгиватель.

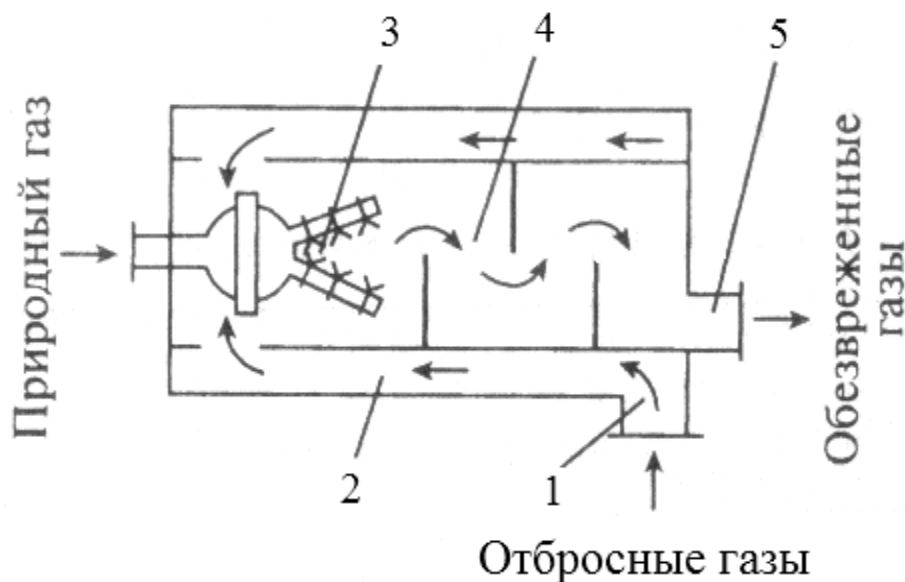
Рисунок 1 – Схема насадочной башни

*Термическая нейтрализация* основана на способности горючих газов и паров, входящих в состав вентиляционных или технологических выбросов, сгорать с образованием менее токсичных веществ. Для этого метода используют нейтрализаторы. Различают три схемы термической нейтрализации: прямое сжигание; термическое окисление; каталитическое дожигание.

Прямое сжигание используют в тех случаях, когда очищаемые газы обладают значительной энергией, достаточной для поддержания горения. Примером такого процесса является факельное сжигание горючих отходов. Так нейтрализуют циановодород в вертикально направленных факелах на нефтехимических заводах. Разработаны схемы камерного сжигания отходов. Такие дожигатели можно использовать для нейтрализации паров токсичных горючих или окислителей при их сдувах из емкостей.

Термическое окисление находит применение в тех случаях, когда очищаемые газы имеют высокую температуру, но не содержат достаточно кислорода или когда концентрация горючих веществ незначительна и недостаточна для поддержания пламени.

В первом случае процесс термического окисления проводят в камере с подачей свежего воздуха (дожигание оксида углерода и углеводородов), а во втором - при подаче дополнительно природного газа. Схема устройства для термического окисления выбросов показана на рисунке 2.



1 - входной патрубок; 2 – теплообменник; 3 - горелка; 4 - камера; 5 - выходной патрубок.

Рисунок 2 - Схема установки для термического окисления

Каталитическое дожигание используют для превращения токсичных компонентов, содержащихся в отходящих газах, в нетоксичные или менее токсичные путем их контакта с катализаторами. Для реализации процесса необходимо кроме катализаторов поддержание таких параметров газового потока, как температура и скорость газов.

В качестве катализаторов используют платину, палладий, медь и др. Температуры начала каталитических реакций газов и паров изменяются в широких пределах – от 200 до 400 °С. Объемные скорости процесса каталитического дожигания обычно устанавливают в пределах от 2000 до 6000 ч<sup>-1</sup> (объемная скорость - отношение скорости движения газов к объему катализаторной массы).

Каталитические нейтрализаторы применяют для обезвреживания оксида углерода, летучих углеводородов, растворителей, отработавших газов и т. п.

Термокаталитические реакторы с электроподогревом типа ТКРВ разработаны Дзержинским филиалом НИИОГАЗа. Они предназначены для очистки газовых выбросов сушильных камер окрасочных линий от органических веществ и других технологических производств.

Каталитическая нейтрализация отработавших газов ДВС на поверхности твердого катализатора происходит за счет химических превращений (реакции окисления или восстановления), в результате которых образуются безвредные или менее вредные для окружающей среды и здоровья человека соединения.

### **3 Экспериментальная часть**

#### **3.1 Материалы и оборудование**

Для проведения лабораторных работ необходимы:

- стенд лабораторный «Методы и средства защиты воздушной среды от газообразных загрязнений БЖС 7», в том числе стол лабораторный, 1 шт.;
- набор химико-аналитических средств «НХС – воздух-1», в том числе:
  - загрязнители воздуха:
    - ацетон,  $V = 20$  мл;
    - бензин БР-1 «Галоша»,  $V = 20$  мл;
    - толуол,  $V = 20$  мл;
    - этанол (этиловый спирт),  $V = 20$  мл;
  - индикаторные трубки для контроля загрязненности воздуха ГХПВ-1 ТУ:
    - ацетоном, 60 шт.;
    - бензином БР-1 «Галоша», 60 шт.;
    - толуолом, 60 шт.;
    - этанолом, 60 шт.;
  - пипетка-капельница, 5 шт.;
  - зажимы, 2 шт.;
  - насос-пробоотборник НП-3М КРМФ.418311.002 ТУ, 1 шт.;
  - насосная станция, в том числе:
    - помпа «Нова», 1 шт.;
    - емкость с крышкой (на 3 л), 1 шт.;
  - мини-кейс (для укладки составных частей набора «НХС – воздух-1», 1 шт.;
  - удлинитель электрический (на 3 розетки), 1 шт.;
  - руководство по применению набора «НХС – воздух-1», 1 экз.;
  - трубка 25 мм, 1 шт.

### 3.2 Устройство и принцип работы лабораторной установки

Внешний вид лабораторного стенда представлен на рисунке 3.

Стенд представляет собой стол лабораторный сборно-разборной конструкции, выполненный в виде сварных металлических рам со столешницей 1 и полкой 2; металлических опорных рам 3 и вертикальной панели 4.

На вертикальной панели установлены устройства очистки: адсорбер угольный 5, адсорбер силикагелевый 6, абсорбер водяной 7.

Также на вертикальной панели расположены камера-смеситель 8 и элементы пневмо- и гидросистем.

Адсорбер представляет собой прозрачную цилиндрическую емкость, имеющую верхнюю и нижнюю крышки с ниппелями и заполненную веществом-адсорбентом. Один адсорбер заполнен активированным углем, другой - силикагелем.

Абсорбер 7 представляет собой прозрачную цилиндрическую емкость, внутри которой имеются разбрызгиватель с решеткой для создания мелкодисперсной водяной среды.

Камера-смеситель 8 (далее - камера) служит для внесения в воздушный поток пневмосистемы веществ-загрязнителей. Внесение веществ-загрязнителей производится с помощью пипетки-капельницы 9. Отбор проб загрязненного и очищенного воздуха осуществляется через штуцеры соответственно отбора пробы «до очистки» 10 и отбора пробы «после очистки» 11, расположенных в нижней части свободной магистрали.

Камера 8 представляет собой стеклянный баллон («паук») с тремя отводами (центральный и два крайних).

Центральный отвод используется для ввода загрязнителя воздуха; крайние отводы используются для присоединения к пневмосистеме.

Пневмосистема является замкнутой и включает в себя три магистрали очистки воздуха, а также «свободную» магистраль 12, которая позволяет производить необходимые манипуляции по загрязнению и перемешиванию воздуха.

Каждая магистраль снабжена шаровым краном 13.

Воздушный поток в магистралях очистки и свободной магистрали создается насосом 14, снабженным двумя насадками: нагнетания 15 и входной 16, расположенными на вертикальной панели стенда.

На столешнице 1 расположена насосная станция, представляющая собой прямоугольную емкость 17 с водой, на дне которой установлен погружной насос 18. Вода подается по напорной трубке 19, снабженной струбциной 25, предназначенной для регулирования объёмного расхода воды, в разбрызгиватель абсорбера и сливается по возвратной трубке 20 в емкость с водой. Таким образом, гидросистема абсорбера является замкнутой.

На столешнице также размещены элементы из набора химико-аналитических средств («НХС-воздух-1»), в том числе: загрязнители воздуха 21, трубки индикаторные 22, пробоотборник 23, пипетки-капельницы 9 и удлинитель 24.



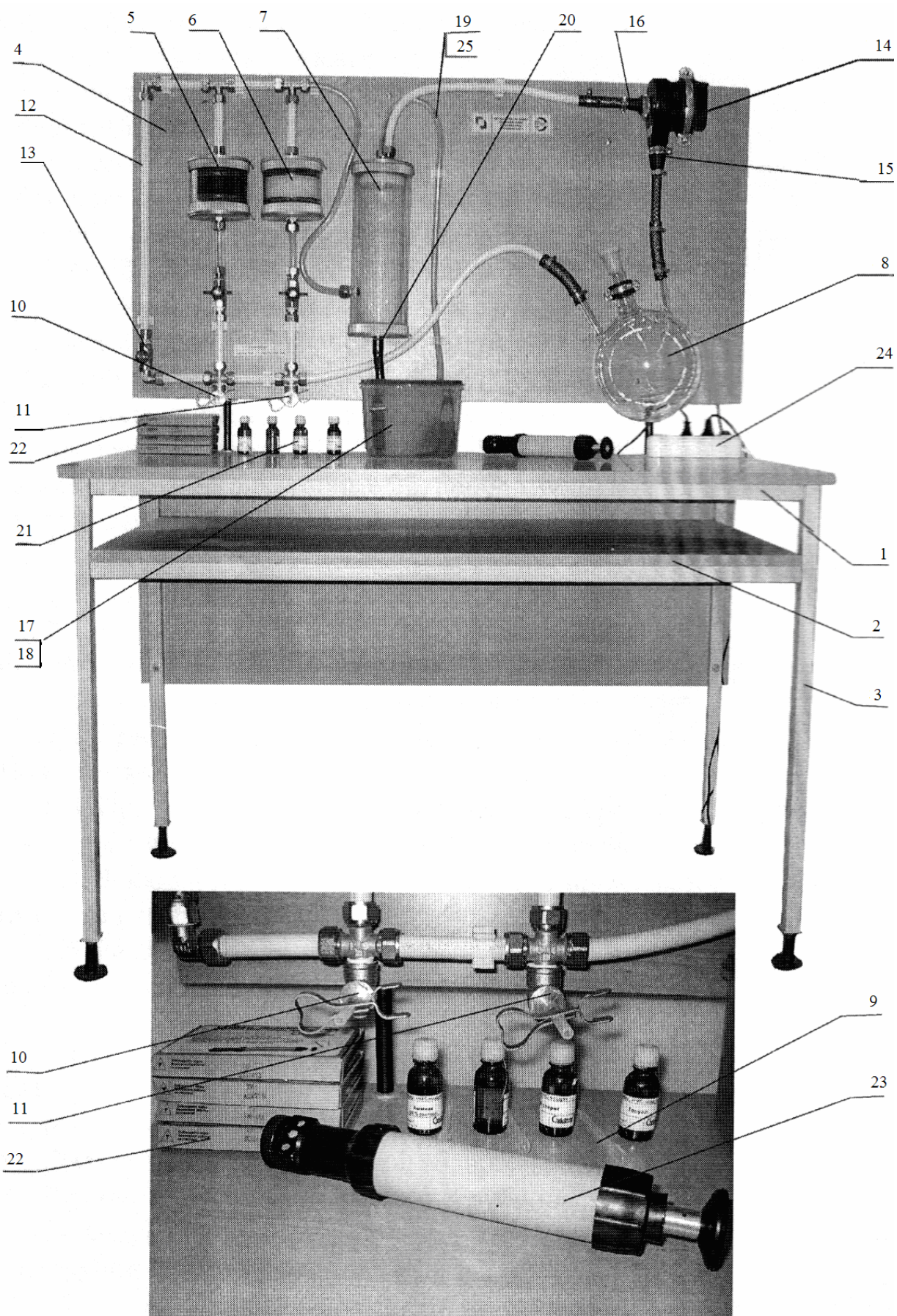


Рисунок 3 – Общий вид лабораторного стенда

### **3.3 Особенности методов и средств контроля оцениваемых параметров**

Входящие в состав набора химико-аналитических средств «НХС-воздух-1» индикаторные трубки для экспресс-анализа загрязненности воздуха, являются современными, наиболее дешевыми, портативными, простыми в применении и наглядными средствами быстрого («экспрессного») количественного определения концентрации химических веществ в воздухе. Индикаторные трубки обладают достаточной чувствительностью и точностью анализа. Согласно требованиям к методам определения химических веществ в воздухе рабочей зоны суммарная погрешность измерения при содержании вредных веществ в воздухе от 1 ПДК и выше не превышает 25 % с учетом влияния неконтролируемых факторов в сравнительно широких диапазонах температуры, давления и влажности воздуха.

Указанные достоинства индикаторных трубок способствовали их широкому внедрению в различные области хозяйственной деятельности - при эксплуатации энергетических, технологических, судовых машин и установок; санитарно-химическом и специальном контроле, контроле газовых выбросов и т.п., а также при учебно-исследовательской работе по оценке состояния окружающей среды.

Отличительными особенностями индикаторных трубок как *средства измерения* является то, что они не заменяют лабораторных методов с использованием дорогостоящих приборов, а благодаря своим отличительным качествам удачно дополняют их.

Индикаторные трубки являются одноразовыми газоанализаторами линейно-колористического типа. Принцип действия индикаторных трубок основан на фильтрации через индикаторный порошок загрязненного воздуха при просасывании его с помощью насоса-пробоотборника. При этом происходит поглощение из воздуха компонента-загрязнителя, сопровождающееся избирательной химической реакцией этого компонента с нанесенным на индикаторный порошок аналитическим реагентом (индикатором). В результате химической реакции происходит образование окрашенных продуктов и, соответственно, изменение окраски индикационного порошка (индикационный эффект). Длина изменившего окраску слоя является мерой концентрации определяемого компонента в анализируемом воздухе. Определение состава воздуха с помощью индикаторных трубок носит количественный характер, а сами трубки являются средствами измерений.

### **3.4 Указания мер безопасности**

3.4.1 К работе со стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.

3.4.2 Применение оборудования студентами может происходить только под контролем преподавателя (руководителя работ).

3.4.3 При включенном воздушном насосе один из кранов пневмосистемы должен быть открыт.

3.4.4 Для моделирования загрязненности воздуха используются такие вещества, как ацетон, бензин, толуол, этанол, которые опасны при попадании на слизистые оболочки и в дыхательные пути, вызывают раздражение и отек слизистых оболочек при вдыхании, поэтому запрещено нюхать указанные реактивы.

3.4.5 При появлении запаха одного из загрязнителей следует прекратить проведение лабораторной работы до устранения неисправности.

3.4.6 Лабораторные работы необходимо проводить в хорошо проветриваемом помещении.

3.4.7 Проводящий эксперимент должен использовать средства индивидуальной защиты – защитные очки, резиновые перчатки, а при необходимости – халат.

3.4.8 Рекомендуется использовать в лаборатории воздухоочиститель гигиенический лабораторный АМ-4 ТУ 0101-01-2004.

### **3.5 Ход выполнения работ**

3.5.1 Соединить входную трубку абсорбера с напорным штуцером насоса. Залить в насосную станцию абсорбера 2,5 л воды.

Включить насос и с помощью струбины на трубке подачи добиться уровня воды в абсорбере 20 - 40 мм, выключить насос. Зажимами пережать трубки отбора проб.

3.5.2 Порядок проведения работ по внесению загрязнения воздуха в систему стенда одним из компонентов (ацетон, бензин БР-1 «Галоша», толуол, этанол).

3.5.2.1 С помощью пипетки-капельницы (далее - пипетка) внести в центральную горловину камеры 0,2 мл загрязнителя и незамедлительно закрыть камеру.

3.5.2.2 Закрывать краны очистных магистралей, а кран свободной магистрали открыть.

3.5.2.3 Включить воздушный насос и не выключать его до полного (ориентировочно 2 - 3 мин) испарения загрязнителя (контроль визуальный).

3.5.2.4 Выключить насос, взять насос-пробоотборник (далее - пробоотборник), вставить в него соответствующую индикаторную трубку со вскрытыми концами и соединить с трубкой-штуцером отбора пробы «до очистки». Снять зажим. Отобрать с помощью пробоотборника 100 мл загрязненного воздуха. Установить зажим. С помощью шкалы на упаковочной коробке индикаторных трубок определить концентрацию загрязнителя в воздухе пневмосистемы.

3.5.3 Порядок проведения работ с адсорберами (активированный уголь или силикагель).

3.5.3.1 Закрыть кран свободной магистрали 13 и кран очистной магистрали адсорбера с силикагелем, открыть кран очистной магистрали адсорбера с активированным углем.

3.5.3.2 Включить насос и прогнать загрязненный воздух через адсорбер в течение двух минут.

Выключить насос и произвести отбор пробы очищенного воздуха через штуцер 11 в соответствии с п.3.5.2.4.

3.5.3.3 Определить эффективность очистки воздуха по формуле:

$$\Theta = \frac{K_3 - K_0}{K_3} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $K_3$  - концентрация вещества-загрязнителя в загрязненном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

$K_0$  - концентрация вещества-загрязнителя в очищенном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

3.5.3.4 Открыть краны адсорберов и закрыть кран свободной магистрали. Включить насос. Произвести доочистку пневмосистемы в течение 5 минут.

3.5.3.5 Для проведения работы с адсорбером, заполненным силикагелем, повторить п.п. 3.5.3.1 - 3.5.3.4. В п. 3.5.3.1 закрыть кран свободной магистрали 13 и кран очистной магистрали адсорбера с активированным углем, открыть кран очистной магистрали адсорбера с силикагелем.

3.5.4 Порядок проведения работ с абсорбером.

3.5.4.1 Произвести действия в соответствии с п.п.3.5.2.1 - 3.5.2.4.

3.5.4.2 Открыть кран на абсорбер и на свободную магистраль 13, на адсорберы - закрыть.

3.5.4.3 Включить водяной насос. Произвести прокачку воздуха через абсорбер в течение двух минут.

3.5.4.4 Включить воздушный насос.

3.5.4.5 Выключить водяной насос.

3.5.4.6 Выключить воздушный насос.

3.5.4.7 Произвести отбор пробы очищенного воздуха в соответствии с п.3.5.2.4.

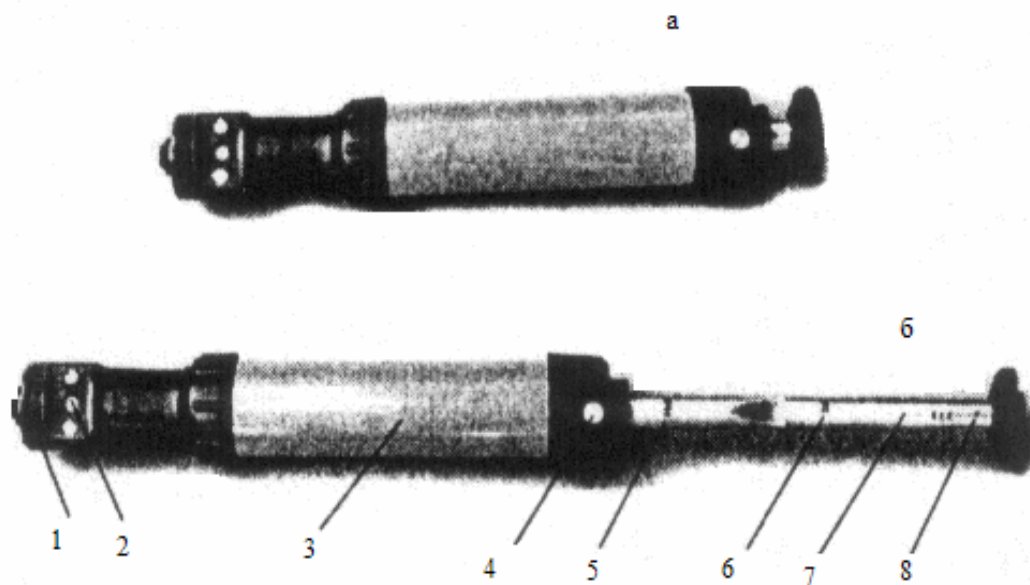
3.5.4.8 Произвести расчет эффективности очистки воздуха в соответствии с п.3.5.3.3.

3.5.5 Объем прокачиваемого через соответствующую индикаторную трубку воздуха для ацетона, бензина БР-1 «Галоша», толуола, этанола – 100 мл.

3.5.6 После завершения лабораторной работы выключить установку и проверить, закрыты ли краны магистралей, камеры. Проветрить помещение.

### 3.6 Порядок применения индикаторных трубок при анализе воздушных смесей

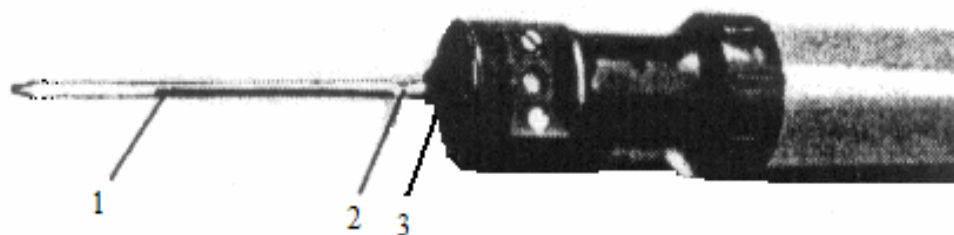
Перед работой с индикаторными трубками необходимо предварительно ознакомиться с соответствующими краткими инструкциями по их использованию на этикетках упаковок индикаторных трубок, а также освоить приемы прокачивания через трубки воздуха с помощью насоса-пробоотборника. Насос-пробоотборник типа НП-3 и элементы его конструкции показаны на рисунках 4 и 5.



а – с втянутым штоком; б – с вытянутым штоком:

1 – насадка; 2 – индикатор завершения цикла прокачивания; 3 – корпус;  
4 – метка «1»; 5 – метка «100»; 6 – метка «50»; 7 – шток; 8 – метка «2».

Рисунок 4 - Насос-пробоотборник НП-3М



1 – индикаторная трубка; 2 – перетяжка; 3 – резиновая втулка.

Рисунок 5 – Индикаторная трубка, вставленная в насос-пробоотборник НП-3М

В процессе применения индикаторных трубок необходимо выполнить следующие операции.

3.6.1 Выньте индикаторную трубку из упаковки.

3.6.2 Вскройте индикаторную трубку с обоих концов, осторожно надломив как изображено на рисунке 6 (для вскрывания стеклянного корпуса удобно использовать отверстие в корпусе насоса).

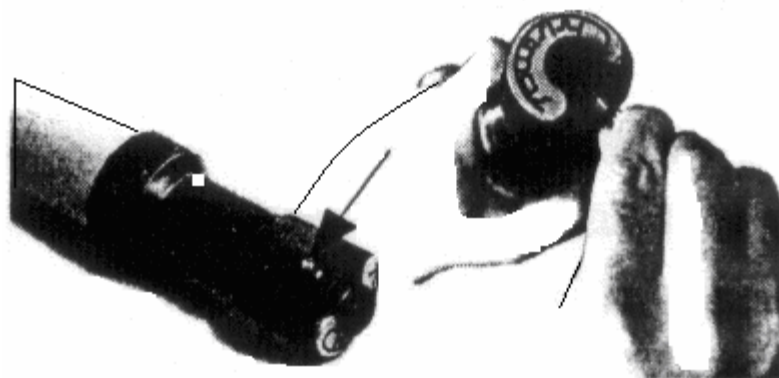


Рисунок 6 - Вскривание индикаторных трубок (отверстие для вскрывания на корпусе насоса отмечено стрелкой на левом рисунке)

3.6.3 Присоедините индикаторную трубку к резиновой втулке насоса со стороны выхода воздуха (перетяжки).

3.6.4 Проверьте герметичность соединения трубки с насосом. Для этого проведите внешний осмотр, а также пробное прокачивание воздуха, заглушив отверстие входа воздуха каким-либо способом - например, невскрытой индикаторной трубкой. (Пробное прокачивание воздуха выполняется аналогично рабочему). О герметичности соединения трубки свидетельствует возвращение поршня насоса в исходное положение после его вытягивания из корпуса примерно на  $1/3$  длины штока.

3.6.5 Подсоедините насос с индикаторной трубкой к специальному штуцеру для отбора пробы воздуха на установке БЖС-7.

3.6.6 Прокачайте через индикаторную трубку указанный на этикетке объем анализируемого воздуха с помощью насоса-пробоотборника, для чего выполните следующие операции:

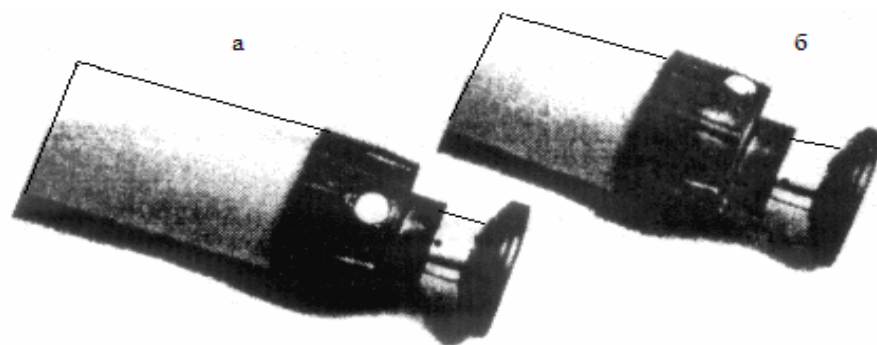
1) поверните шток насоса по оси вращения так, чтобы метка «1» на направляющей втулке корпуса насоса не совпала с меткой «2» на штоке на четверть оборота, т.е. около  $90^\circ$  (рисунок 7). При том фиксатор на крышке насоса выйдет из зацепления с пазами на штоке;

2) введите шток целиком в корпус насоса (рисунок 4а). При этом имеющийся в рабочем пространстве насоса воздух выйдет через клапан обратного хода;

3) поверните шток по оси вращения так, чтобы метка «1» (на направляющей втулке корпуса насоса) совпала с меткой «2» (на штоке рисунок 7б). При этом фиксатор на корпусе займет положение, соответствующее пазу на штоке;

4) оттяните шток насоса на себя с усилием до второго щелчка фиксатора (до метки «100» на штоке), что соответствует одному полному ходу поршня объемом в  $100 \text{ см}^3$  (рисунок 4б). При этом фиксатор войдет в зацепление с па-

зом на штоке, маркированным меткой «100», и начнется просасывание воздуха до тех пор, пока давление в рабочем пространстве насоса не сравняется с атмосферным;



а - метки «1» и «2» совмещены; б - метки «1» и «2» разнесены.

Рисунок 7 - Положение меток на штоке насоса-пробоотборника

5) выдержите поршень в зафиксированном положении в течение 1 мин или иного времени, необходимого для завершения цикла прокачивания (указано на упаковке индикаторных трубок). Момент окончания прокачивания контролируйте по индикатору завершения цикла просасывания (рисунок 4). Об окончании цикла просасывания свидетельствует появление четкого изображения точки в окошке индикатора.

При завершении просасывания ранее указанного времени через индикаторную трубку может просасываться количество воздуха, меньшее необходимого по техническим данным, что приведет к неправильным результатам анализа.

При необходимости прокачивания через индикаторную трубку большего объема анализируемого воздуха описанные выше операции с насосом повторяют соответствующее число раз, не вынимая индикаторной трубки из резиновой втулки насоса.

3.6.7 Извлеките индикаторную трубку из резиновой втулки насоса, определите концентрацию анализируемого компонента по границе изменения окраски наполнителя на контрольной шкале индикаторной трубки. Длина изменения окраски на наполнителе является мерой концентрации контролируемого компонента.

Во всех индикаторных трубках индикационный эффект определяется визуально по изменению окраски наполнителя.

3.6.8 Рассчитайте концентрацию анализируемого компонента в воздушной среде, приведенную к нормальным условиям, т.е. к температуре 20 °С и атмосферному давлению 760 мм рт.ст., ( $C_n$ ) в мг/м<sup>3</sup>, по формуле:

$$c_n = c_{t.p} \cdot \frac{(273 + t) \cdot 760}{293 \cdot P}, \quad (2)$$

где  $C_{t,p}$  - результат измерения концентрации с помощью индикаторной трубки при температуре  $t$  и давлении  $P$ , мг/м<sup>3</sup>;  
 $t$  и  $P$  - температура окружающего воздуха (°C) и атмосферное давление (кПа) соответственно, в момент анализа;  
293 и 101,3 - температура (K) и давление (кПа), соответствующие нормальным условиям измерений (ГОСТ 12.1.014).

### 3.7 Обработка результатов измерений

3.7.1 Определение среднего арифметического значения измерений производится по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3)$$

где  $x_i$  -  $i$ -е значение;  
 $n$  – число измерений.

3.7.2 Абсолютная ошибка измерений рассчитывается по формуле:

$$\Delta x = \sigma t, \quad (4)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение;  
 $t$  – коэффициент Стьюдента (при доверительной вероятности 95 %  $t = 3,3$ ).

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{np.} + \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (5)$$

где  $\sigma_{np.}$  – приборная ошибка (паспортные данные), равная 0,25.

### 3.8 Возможные неисправности и способы их устранения

Перечень наиболее часто встречающихся и возможных неисправностей приведен в таблице 1.



Таблица 1 - Перечень возможных неисправностей

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
Не работает разбрызгиватель абсорбера	Нарушена цепь электропитания насоса гидросистемы, а также недостаточное количество воды в емкости с насосом	Проверить монтаж электрической цепи питания, а также наличие воды в емкости и устранить неисправность
Нарушена герметичность пневмосистемы	Нарушена герметичность стыков пневмосистемы	Выявить негерметичность и устранить
Протечка гидросистемы абсорбера	Нарушена герметичность стыков гидросистемы	Выявить негерметичность и устранить
Не происходит очистка воздуха пневмосистемы с помощью адсорберов	Выработан ресурс адсорбентов	Разобрать адсорберы и заменить адсорбенты

#### 4 Контрольные вопросы

- 4.1 Назовите основные типы газоочистного оборудования.
- 4.2 На чем основан метод адсорбции?
- 4.3 Какие вещества применяют в качестве адсорбентов?
- 4.4 Какие загрязняющие вещества позволяют извлекать из воздушной среды адсорберы?
- 4.5 На чем основан метод абсорбции?
- 4.6 Какие конструктивные решения необходимы для высокоэффективного протекания процесса абсорбции?
- 4.7 В чем заключается сущность работы хемосорберов?
- 4.8 Для очистки воздушной среды от каких газообразных примесей эффективно применение хемосорберов?
- 4.9 На чем основана термическая нейтрализация?
- 4.10 Какие существуют схемы термической нейтрализации? Охарактеризуйте каждую из них.

## Список использованных источников

1 Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / под общ. ред. С.В. Белова. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.

2 Охрана окружающей среды: учеб. для вузов / под ред. С.В. Белова. - М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

3 **Штокман, Е.А.** Очистка воздуха: учеб. пособие для вузов / Е.А. Штокман. – М.: Изд-во АСВ, 1999. - 320 с.

4 Инженерная экология: учеб. для вузов / под ред. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.