

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ПГУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Методические указания к лабораторным работам № 1-4
по курсу «Промышленная экология»

Составитель:
М.Я. Кордон

Под редакцией:
дт.н., профессора Н.Н. Вершинина

ПЕНЗА
2018

© Пензенский государственный
Университет, 2018

Лабораторная работа № 1-4

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Цель работы: получить навыки в проведении экспериментов и оценке эффективности очистки загрязненного воздуха методами адсорбции и абсорбции.

1. Задание на выполнение лабораторных работ

Изучить:

- правила техники безопасности при работе на установке, п.3.2;
- описание лабораторной установки, п.3.1;
- нормативные требования к качеству атмосферного воздуха и методы очистки газообразных выбросов, п.2;
- порядок выполнения опытов и методику обработки данных.

Выполнить:

- подготовить установку к работе;
- провести изменения характеристик, изложенных в п. 4.2;
- обработать опытные данные;
- оценить результаты опытов по эффективности очистки и путем сравнения с ПДК вредных веществ;
- оформить отчет, сформулировать выводы по результатам исследования.

2. Методы очистки газообразных выбросов и их нормирование

Для очистки выбросов от газообразных примесей применяют методы абсорбции, хемосорбции, адсорбции, каталитического и термического дожигания.

Метод абсорбции основан на поглощении одного или нескольких вредных веществ жидким поглотителем, называемым абсорбентом.

В качестве абсорбентов применяются вода, кислые, щелочные и другие растворы.

Например, для удаления аммиака, хлористого или фтористого водорода целесообразно применять в качестве растворителя воду, так как растворимость этих газов в воде составляет сотни граммов на 1 кг.

Для удаления ароматических углеводородов из коксового газа применяются вязкие масла.

В качестве абсорбентов могут использоваться мокрые скрубберы Вентури, центробежные скрубберы и др.

Метод адсорбции основан на селективным поглощении вредных газов и паров твердыми сорбентами, имеющими развитую микропористую структуру.

В качестве адсорбента чаще всего используется активированный уголь для очистки газов от органических паров, летучих растворителей, дурно пахнущих примесей, SO₂ и др. газов.

Применяется также силикагель, активированный глинозем, оксид алюминия, циометы и др.

Основной характеристикой загрязнения атмосферы является концентрация примесей, т.е. масса вредного вещества (мг) в единице объема воздуха (м³) при нормальных условиях.

Основой законодательства об охране атмосферного воздуха установлены **предельно допустимые концентрации** вредных веществ (ПДК).

ПДК – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при пери одическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия.

В настоящее время величины ПДК устанавливаются, главным образом, на основании изучения влияния на человеческий организм или на окружающую природу. Если вещество оказывает на окружающую природу вредное воздействие в меньших концентрациях, чем на организм, то при нормировании исходят из порога действия его на окружающую природу.

В отдельных случаях для особо опасных веществ величины ПДК устанавливаются с большим запасом по отношению к пороговой величине.

Для веществ, которые оказывают немедленное, но временное раздражающее действие, устанавливаются максимальные разовые ПДК_{м.р.} за 20-мин. период.

Для веществ, оказывающих вредное влияние при накоплении в организме, устанавливаются среднесуточные ПДК_{с.с.}. При этом имеются в виду среднесуточные концентрации за год, а не в отдельные сутки.

Для веществ, оказывающих немедленное раздражающее действие и обладающих свойствами накопления в организме с последующими патологическими изменениями, устанавливают ПДК_{м.р.} и ПДК_{с.с.}. Причем, если доза разового воздействия на организм больше среднесуточного воздействия, то для вещества устанавливаются различные величины ПДК_{м.р.} и ПДК_{с.с.}.

Нормативы ПДК едины для всей территории России.

На территории промышленных площадок ПДК не устанавливаются, но в соответствии с требованиями санитарных норм в местах воздухозаборов концентрация загрязнения не должна превышать 30% от ПДК рабочей зоны. Условно принимают эту величину за ПДК промышленной площадки.

Некоторые вредные вещества, поступая в атмосферный воздух, превращаются в более токсичные соединения, что требует соответствующего пересчета.

Ряд нескольких вредных веществ обладают эффектом суммирующего действия. В этом случае сумма отношений их фактических концентраций к их ПДК должна удовлетворять условию:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Например, эффектом суммации обладают: ацетон, акролеин, фталевый ангидрид; ацетон фенол; ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол и др.

В табл. 1. приведены ПДК вредных веществ в мг/м³.

Таблица 1
ПДК веществ, используемых в лабораторных работах

Вещества	Для населенных мест		Для рабочей зоны ПДК _{р.з.}	Для мест воздухозабора
	ПДК _{м.р.}	ПДК _{с.с.}		
Аммиак	0,20	0,04	20	6,0
Ацетон	0,35	0,35	200	60,0
Уксусная кислота	0,20	-	-	-
Бензин (в пересчете на углерод)	5,00	15,0	-	-

В таблице 2 приведен список индикаторных трубок, предназначенных для контроля загрязняющих веществ в атмосфере.

Таблица 2
Индикаторные трубки

№ п/п.	Наименование	Концентрация мг/м ³
1.	Аммиак	5-40 10-100
2.	Аммиак	2-50 10-1000
3.	Арсин	0,05-3,0
4.	Ацетилен	30-1200
5.	Ацетилен	10-60
6.	Ацетон	60-1200
7.	Ацетон	20-4000
8.	Бензин	50-800
9.	Бензин	50-4000
10.	Бензол	2,0-40
11.	Бензол	10-1500
12.	Бромводород	2,5-500
13.	Бром (пары)	05,-8,0
14.	Бутанол Изобутанол	20-200
15.	Диоксид азота (IV)	1-20
16.	Диоксид азота (IV)	2,5-50
17.	Диоксид серы	5-80
18.	Диоксид серы	5-100 5-1400
19.	Диоксид углерода	0,01-0,5 об.%
20.	Диоксид углерода	0,25-30, об.%
21.	Диоксид углерода	0-2 об.%
22.	Диметиламин	10-350
23.	Диэтиламин	10-350
24.	Диэтиловый эфир	100-2500
25.	Керосин	50-2000
26.	Керосин	100-2000
27.	Кислород	1-25 об.%
28.	Ксилол	25-500
29.	Ксилол	20-1500
30.	Масло компрессорное (пары и аэрозоли)	100-1100

№ п/п.	Наименование	Концентрация мг/м ³
31.	Метанол	20-1000
32.	Метилмеркаптан	1,0-50
33.	Нитроглицерин	10-100
34.	Нитроэфиры	0.025-100
35.	Озон	0,1-2,0
36.	Озон	0,05-15,0
37.	Оксид углерода	5-50 5-100
38.	Оксид углерода	2,5-60 100-1000
39.	Оксид азота (II)	2,5-45,0
40.	Оксид азота сум.	2,5-45,0
41.	Оксид азота сум.	1-100
42.	Пропанол, изопропанол	20-200
43.	Ртуть	порог.
44.	Сероводород	5-50
45.	Сероводород	1-30 10-1500
46.	Стирол	10-3000
47.	Сумма углеводородов	100-1200
48.	Толуол	25-400
49.	Толуол	25-2000
50.	Трихлорэтилен	5-40
51.	Уайтспирит	100-2000
52.	Уксусная кислота	10-2000
53.	Уксусная кислота	2,5-35
54.	Фенол	5-250
55.	Формальдегид	5-100
56.	Формальдегид	0,5-800
57.	Фосфин	0,05-1,0
58.	Фторид водорода	2-1000
59.	Фурфурол	10-700
60.	Хлор	0,5-200
61.	Хлор	0.5-20
62.	Хлорид водорода	5-500
63.	Хлорид водорода	2,5-100
64.	Хлороформ	20-100
65.	Цианид водорода	0,3-10,0
66.	Этанол	50-1000

№ п/п.	Наименование	Концентрация мг/м ³
67.	Этанол	250-4000
68.	Этилмеркаптан	1-50

3. Описание лабораторной установки

3.1. Устройство и принцип работы установки

Внешний вид установки представлен на рисунке 1.

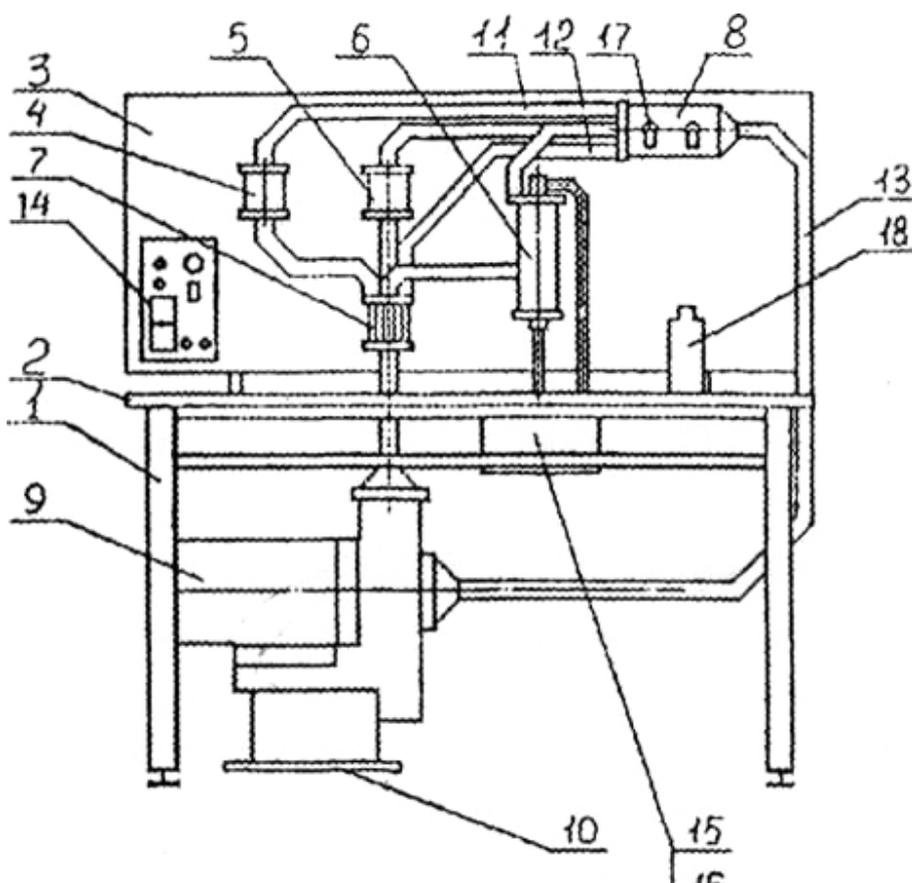


Рисунок 1.

Установка представляет собой стол 1 лабораторный оригинальной конструкции, выполненный в виде металлического сварного каркаса, на котором устанавливается столешница 2 и вертикальная панель 3.

На вертикальной панели 3 установлены устройства очистки: угольный адсорбер 4, силикагелевый адсорбер 5 и водяной абсорбер

Также на вертикальной панели 3 расположены многоканальный кран-распределитель 7 (далее – кран-распределитель) и универсальная камера-смеситель 8 (далее – кран-смеситель). В подстольной части установки расположен вентилятор 9, установленный на коврике 10.

С помощью вентилятора 9 создается воздушный поток в магистралях 11 очистки, соединенных с адсорберами и абсорбером, и свободной магистрали 12. Воздушный поток от вентилятора 9 поступает в кран 7, который обеспечивает возможность переключения магистралей. Далее по одной из магистралей воздушный поток попадает в камеру 8 и возвратной магистрали 13 поступает к вентилятору 9. Таким образом, пневмосистема установки является замкнутой.

На вертикальной панели 3 расположен блок 14 управления, на лицевой панели которого расположены тумблеры для включения установки, вентилятора 9 и насоса 16 гидросистемы абсорбера.

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 6 представляет собой цилиндрическую емкость из прозрачного материала, внутри которого имеется разбрызгиватель с решеткой для создания мелкодисперсной водяной среды.

Под столешницей 2 расположена насосная станция 15, представляющая собой прямоугольную емкость с водой, на дне которой установлен погружной насос 16. Вода подается по напорной трубке в разбрызгиватель абсорбера 6 и сливается по возвратной трубке в емкость с водой. Таким образом, гидросистема абсорбера является замкнутой.

Камера 8 представляет собой цилиндрическую металлическую емкость со стеклянными кранами 17 и служит для внесения в воздушный поток пневмосистемы веществ-загрязнителей, отбора проб загрязненного и очищенного воздуха, обеспечения дополнительного объема воздуха и перемешивания воздуха с веществами-загрязнителями. Внесение веществ-загрязнителей и отбор проб осуществляется с помощью стеклянных кранов 17.

Склянки 18 для хранения веществ-загрязнителей размещены на столешнице 2. На каждой склянке нанесено наименование вещества-загрязнителя.

3.2. Указание мер безопасности

1. К работе с установкой допускаются лица, ознакомленные с ее устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.

2. Запрещается включать насос гидросистемы абсорбера, когда воздушный поток не проходит через абсорбер.

3. Концентрация используемых в процессе проведения лабораторной работы веществ-загрязнителей должна строго соответствовать указанной в п. 4.1.лабораторной работы №1.

4. Перед эксплуатацией установки подключить заземляющий болт на блоке управления и заземляющие болты на вентиляторе, обозначенные \oplus , к контуру заземления лаборатории.

5. Лабораторную работу необходимо проводить в хорошо проветриваемом и вентилируемом помещении.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ АММИАКА

4. Методика проведения опытов

4.1. Подготовка лабораторной работы

1. В склянку с надписью «Аммиак» влить содержимое трех ампул нашатырного спирта вместимостью 1 мл и плотно закрыть резиновой пробкой горлышко склянки.
2. Залить в насосную станцию абсорбера 2,5 л воды.
3. Залить воду в насос через напорный штуцер насосной станции, предварительно сняв с него соединительную трубку. Надеть соединительную трубку на напорный штуцер.
4. Подсоединить блок управления установки к сети переменного тока.
5. Многоканальный распределитель 7 перевести в положение, при котором воздушный поток от вентилятора 9 будет проходить по свободной магистрали 12.

4.2. Порядок проведения опытов на лабораторной установке

1. Из склянки с надписью «Аммиак» отобрать 200 мл загрязненного воздуха и ввести в камеру-смеситель 8. Для этого шприц вместимостью 250 мл подсоединить к крану склянки, открыть кран склянки, немного приоткрыть верхнее горлышко склянки и втянуть в шприц 100 мл загрязненного воздуха из склянки. Закрыть верхнее горлышко и кран склянки.
2. Подсоединить шприц к правому крану камеры смесителя, открыть кран и вытолкнуть загрязненный воздух из шприца в камеру-смеситель 8. Закрыть кран камеры.
3. П.п. 1.2 повторить еще один раз.
4. Кран-распределитель установить в положение, при котором воздушный поток будет проходить по свободной магистрали. С помощью тумблера на блоке управления 14 включить вентилятор и в течение 1 минуты дать возможность загрязненному воздуху перемешаться с воздухом пневмосистемы. Время засекают с помощью секундомера «Слава».

5. Выключить вентилятор, взять аспиратор АМ5 (рисунок 2), индикаторную трубку, открыть левый кран камеры-смесителя 8 и прокачать с помощью аспиратора 500 мл (пять сжатий аспиратора) загрязненного воздуха через индикаторную трубку и закрыть кран камеры.

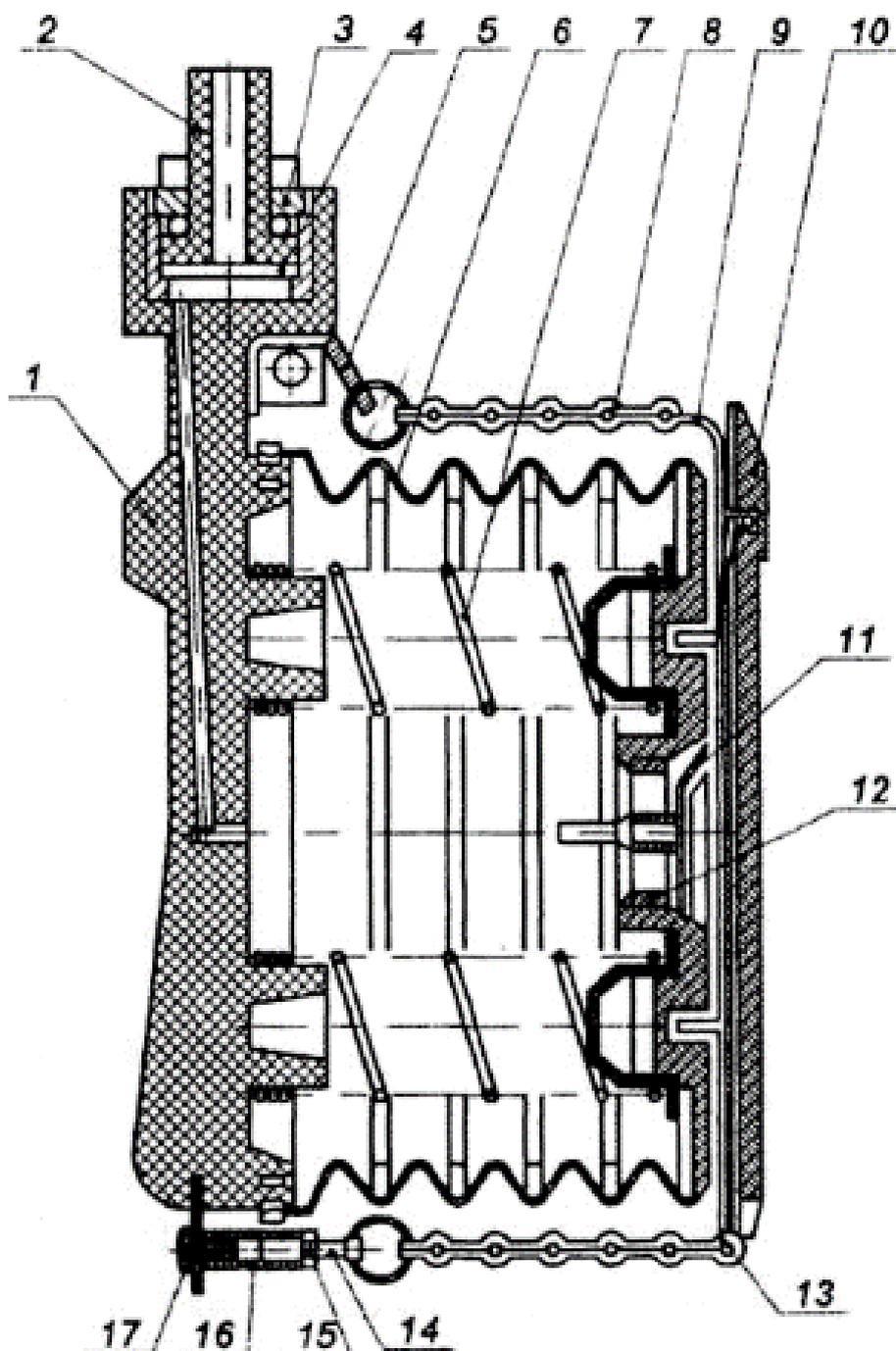


Рисунок 2. Аспиратор в разрезе:

1 – крышка; 2 – труба; 3 – штуцер; 4 – фильтр; 5 – подвеска; 6 – сильфон; 7 – пружина; 8,13 – цепочки; 9 – рычаг; 10 – дно; 11 – клапан; 12 – седло клапана; 14 – финт; 15 – контргайка; 16 – втулка; 17 – винт

6. По шкале на упаковочной коробке индикаторных трубок определить концентрацию аммиака в воздухе пневмосистемы.

7. Перевести кран-распределитель 7 в положение, при котором воздух будет проходить через адсорбер 4 с активированным углем, и повторить опыты в соответствии с п.п. 1,2,3,.

8. Выключить вентилятор и произвести отбор пробы очищенного воздуха в соответствии с п.п.5, 6.

9. Определить эффективность очистки воздуха по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{K_3 - K_0}{K_3} \cdot 100\%,$$

где K_3 – концентрация вещества-загрязнителя в загрязненном воздухе, г/м³; K_0 – концентрация вещества-загрязнителя в очищенном воздухе, г/м³.

10. Вынуть пробку с краном из камеры-смесителя 8, включить вентилятор и в течение 2 минут продуть магистрали пневмосистемы.

11. Каждую магистраль необходимо продувать в течение 30 секунд, переключая кран-распределитель 7 через указанный интервал времени. После завершения продувки выключить вентилятор.

12. Перевести кран-распределитель 7 в положение свободной магистрали и выполнить опыты по п.п.1-6.

13. Перевести кран-распределитель 7 в положение адсорбера 5 с силикагелем и повторить опыты в соответствии с п.п. 1-3.

14. Включить вентилятор и продуть воздух через адсорбер в течение 5 минут.

15. Выключить вентилятор и произвести отбор пробы очищенного воздуха в соответствии с п.п. 5 – 6 и оценить эффективность очистки по формуле [1],

16. Продуть магистраль пневмосистемы в соответствии с п.11

17. Перевести кран-распределитель 7 в положение свободной магистрали и выполнить опыты по п.п. 1-6.

18. Перевести кран-распределитель 7 в положение абсорбера 6 и повторить опыты в соответствии с п.п. 1-3.

19. С помощью тумблера на блоке управления включить насос гидросистемы абсорбера, при этом заработает распылитель абсорбера.

20. Включить вентилятор и прогнать загрязненный воздух через абсорбер в течении 5 минут.

21. Выключить насос гидросистемы абсорбера и произвести продувку магистралей в соответствии с п. 11. Выключить установку и проверить закрытие пробками всех склянок, кранов на склянках и кранов на камере-смесителе.

22. Полученные опытные концентрации загрязняющих веществ сравнить с ПДК табл. 1.

Лабораторная работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ БЕНЗИНА

Порядок выполнения работы в полном объеме соответствует лабораторной работе № 1.

Отличие состоит в следующем:

1. Объем загрязненного воздуха, вносимого из склянки в камеру-смеситель δ , составляет 450мл.

2. Объем прокачиваемого через соответствующую индикаторную трубку воздуха составляет 1500 мл.

Лабораторная работа №3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ АЦЕТОНА

Порядок выполнения работы в полном объеме соответствует лабораторной работе № 1.

Отличие состоит в следующем:

1. Объем загрязненного воздуха, вносимого из склянки в камеру-смеситель δ , составляет 200 мл.

2. Объем прокачиваемого через соответствующую индикаторную трубку воздуха составляет 1000 мл.

Лабораторная работа №4

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Порядок выполнения работы в полном объеме соответствует лабораторной работе № 1.

Отличие состоит в следующем:

1. Объем загрязненного воздуха, вносимого из склянки в камеру-смеситель δ , составляет 200 мл.
2. Объем прокачиваемого через соответствующую индикаторную трубку воздуха составляет 300 мл.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Какие методы применяются для очистки выбросов от газообразных примесей?
2. Раскройте сущность метода абсорбции.
3. Какие вещества применяются для очистки воздуха в методе абсорбции?
4. Раскройте сущность метода адсорбции.
5. Какие вещества применяются для очистки воздуха в методе адсорбции?
6. Что такое предельно-допустимая концентрация вещества в воздухе (ПДК)?
7. Каким образом устанавливаются величины ПДК для загрязняющих веществ?
8. Какие ПДК и в каких случаях устанавливаются нормативными требованиями?