

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Цель работы - изучить приборы и правила измерения ими концентрации вредных веществ в воздухе.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать устройство и принцип действия приборов для определения состава воздуха;

уметь производить измерения концентрации вредных веществ в воздухе.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Чистый атмосферный воздух, свободный от влаги, содержит (по объему) 20,96% кислорода, 0,04% углекислоты, около 79,0% других компонентов, к числу которых относятся азот, незначительное количество водорода и разных редких газов. При выполнении некоторых технологических процессов могут изменяться химический состав и физико-химические свойства атмосферного воздуха, что проявляется в уменьшении в нем кислорода, повышении содержания вредных веществ.

Согласно ДСТУ 2293-99, вредным называется вещество, которое, контактируя с организмом человека, может вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья как во время воздействия вещества, так и в дальнейший период жизни настоящего и последующего поколений.

По характеру действия на организм человека вредные вещества подразделяются на пять групп:

раздражающие - оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей (аммиак, хлор, хлороводород и др.);

удушающие - вызывают нарушение газообмена в организме (углекислый газ, азот, оксид углерода и др.);

летучие наркотики и им подобные - оказывают наркотическое действие на организм без серьезных повреждений внутренних органов (ацетилен, предельные углеводороды, хладоны, эфиры и др.);

соматические яды - вызывают органические поражения внутренних органов, кровеносной и нервной систем (бензин, метиловый спирт, мышьяк, нафталин и др.);

пыль - токсическая, вызывающая фиброзы (асбест, кремний и др.), и нетоксическая, но раздражающая кожу, слизистые поверхности (мука, сахар и др.).

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса опасности: I - чрезвычайно опасные; II - высокоопасные; III - умеренно опасные; IV - малоопасные.

В соответствии с ДСТУ 2293-99, предельно допустимое значение вредного (производственного) фактора – это предельное значение величины вредного производственного фактора, воздействие которого на человека при

ежедневной регламентированной продолжительности не приводит к снижению трудоспособности и заболеванию в период трудовой деятельности и в последующий период жизни, а также не оказывает неблагоприятного влияния на здоровье потомства.

Для исключения профессиональных отравлений и заболеваний в нашей стране утверждены (ГОСТ 12.1.005-88) предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

ПДК некоторых веществ с указанием их агрегатного состояния (а - аэрозоли, п - пары и (или) газы, "+" – опасно при проникновении в организм через кожу) приведены в табл. 1 по данным ГОСТ 21.1.005-88.

Таблица 1

Вещество	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Акролеин	0,2	2	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Кислота серная	1	2	п
Кислота соляная	5	2	п
Нафталин	20	4	п
Оксид углерода	20	4	п
Сода кальцинированная	2+	3	а
Уксусная кислота	5	3	п
Пыль растительного и животного происхождения с примесью диоксида кремния: более 10% (лубяная, хлопковая, хлопчатобумажная); от 2 до 10%; менее 2% (мучная, древесная и др.)	2	4	а
	4	4	а
	6	4	а

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций (C_1, C_2, \dots, C_n) каждого из них в воздухе рабочей зоны к их ПДК ($ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$) не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1.$$

Изменение состава и свойств воздуха может вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья человека. В связи с этим необходимо контролировать состав и степень запыленности воздуха в производственных помещениях.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ИНДИКАТОРНЫМИ ТРУБКАМИ

2.1.1. Общие сведения об аппарате и методике измерений

Концентрацию вредных веществ в воздухе можно определить индикаторными трубками согласно ГОСТ 12.1.014-84 "ССБТ. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентрации вредных веществ индикаторными трубками".

Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводят при следующих параметрах:

- барометрическое давление - от 90 до 104 кПа (680...780 мм рт.ст);
- относительная влажность - 30... 80%;
- температура - от 288 до 303 К.

Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом (газом или паром) в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку. Измерение концентрации вредного вещества производится по длине изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка в трубке (линейно-колористическая индикаторная трубка) или по интенсивности изменения его окраски (калометрическая индикаторная трубка). Концентрацию вредного вещества в воздухе рабочей зоны измеряют в мг/м³. Однако в обращении имеются индикаторные трубки для измерения концентрации различных газов в процентах. Характеристики некоторых выпускаемых индикаторных порошков для снаряжения индикаторных трубок приведены в таблице 2.

Таблица 2

Определяемый газ (пар)	Просасываемый объем, см ³	Диапазон показаний мг/м ³	Общее время просасывания, с	Газы (пары), улавливаемые фильтрующим патроном	Газы (пары), мешающие определению
Азота оксиды	300	0...50	420	-	Галогены (хлор, йод, бром), озон в концентрациях, превышающих предельно допустимые в 10 и более раз
Аммиак	200	0...30	120	-	Кислоты, щелочи и амины
Ангидрид сернистый	300 100	0...30 0...120	300 60	Сероводород, аммиак, диоксид азота, туман серной кислоты, вода	

Продолжение таблицы 2

Определяемый газ (пар)	Просасываемый объем, см ³	Диапазон показаний мг/м ³	Общее время просасывания, с	Газы (пары), улавливаемые фильтрующим патроном	Газы (пары), мешающие определению
Ацетилен	300	0...1400	420	Сероводород, фосфористый водород, ацетон, аммиак, вода, кремнистый водород	
Сероводород	300 100	0...30 0...200	300 60	-	Меркаптаны
Углерода оксид	200	0...120	420	Ацетилен, этилен, бензин, бензол и его гомологи, спирты, ацетон, соединения серы, хлор, оксиды азота, дихлорэтан, сероуглерод	Карбонилы металлов

Для просасывания воздуха через индикаторные трубки используется воздухозаборное устройство - насос, сиффон и т.п.

На практике измерение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны производят, например, химическими газоопределителями типа ГХ. Химический газоопределитель представляет собой портативный прибор ручного действия и состоит из аспиратора и индикаторных трубок.

Аспиратор (рис.1) представляет собой сиффонный насос ручного действия, работающий на всасывание воздуха через мундштук 2 на корпусе 1 за счет разжатия пружинами 3 предварительно сжатого резинового сиффона 4 и на выброс воздуха из него через клапан 6 при последующем сжатии меха. За полный ход меха, ограничиваемый при разжатии сиффона натяжением цепочек 7, которые с помощью рычага 5 открывают клапан 6, прокачивается объем воздуха 100 мл.

На каждый анализируемый газ к прибору прилагается свой комплект индикаторных трубок. На трубках краской нанесены кольца для регистрации концентрации газа и стрелка, указывающая направление движения в них исследуемого воздуха. Цвет краски, принятый для маркировки индикаторных трубок, совпадает с цветом продуктов реакции, образующихся при взаимодействии анализируемого газа с наполнителем.

Перед началом измерений необходимо проверить степень герметичности аспиратора путем кратковременной выдержки сжатого до упора аспиратора со вставленной в гнездо мундштука невскрытой индикаторной трубкой. Аспиратор считается герметичным, если по истечении 5 минут высота сжатого сиффона визуально не изменится – при отсутствии внешнего воздействия на него.

На точность анализа влияет продолжительность прокачивания воздуха, поэтому необходимо проверить также время раскрытия самого меха без трубки, которое не должно превышать 1-2 секунды.

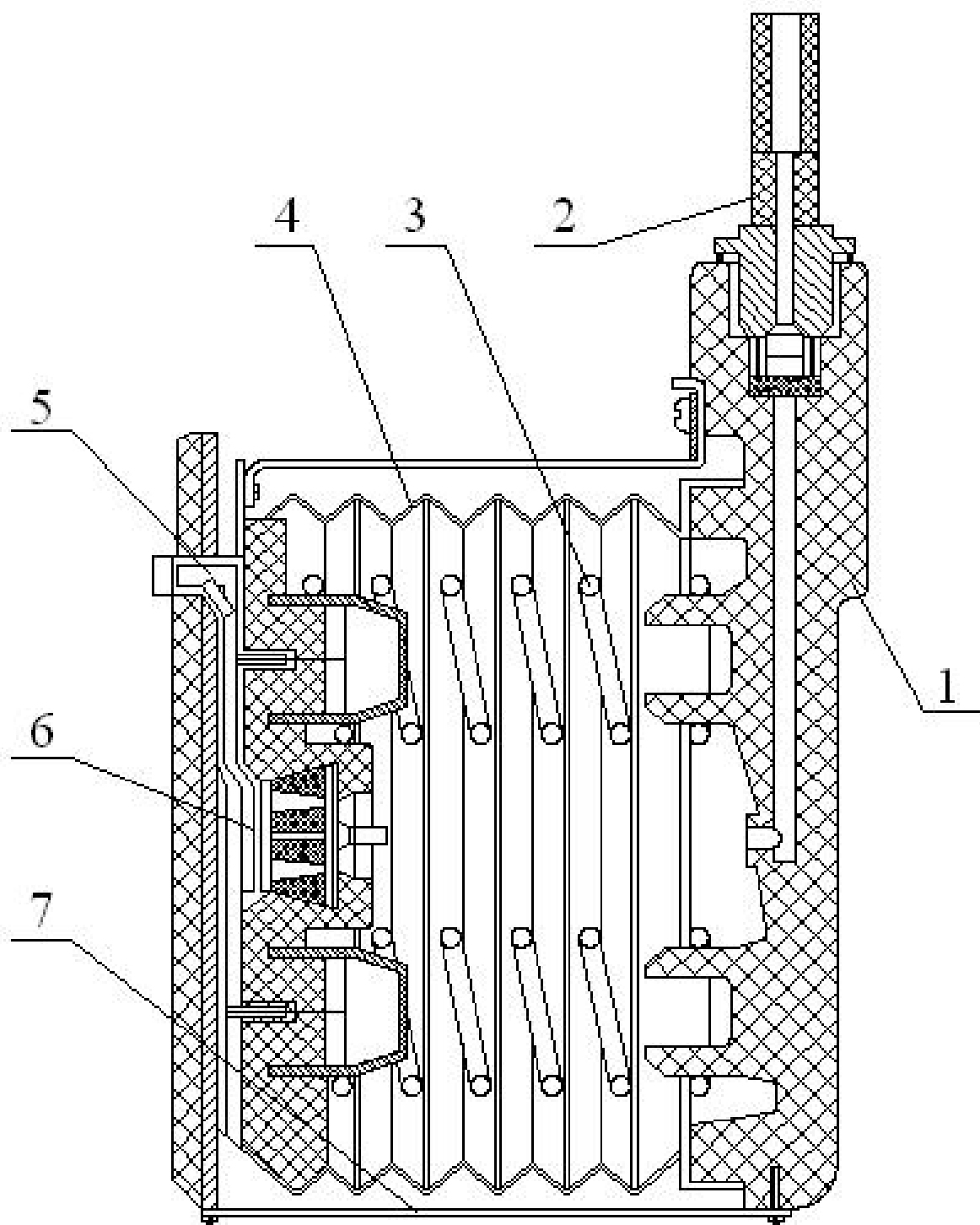


Рис.1 - Аспиратор

Перед производством анализа воздуха на тот или иной газ вскрывают соответствующую индикаторную трубку путем отламывания оттянутых ее концов в проушине аспиратора. Согласно ГОСТ 12.1.014-84, измерение следует начинать не позднее 1 мин после разгерметизации трубки. Трубку плотно вставляют в мундштук таким образом, чтобы стрелка показывала направление к аспиратору, затем сжимают сильфон аспиратора рукой до упора и отпускают его. Если изменение окраски реактивного порошка индикаторной трубки при измерении концентрации ядовитых газов достигло или превысило первое деление, то анализ на этом следует прекратить и выйти из помещения, так как концентрация любого из определяемых газов превышает предельно допустимые нормы. Если окраска порошка после одного хода меха не изменилась или изменилась, но не достигла первого деления, то делают еще девять прокачиваний с интервалами 3 секунды. Трубку вынимают из мундштука аспиратора и прикладывают к шкале на коробке с индикаторными трубками так, чтобы кольца трубки совпадали с делениями шкалы, а начало окрашенного столбика порошка совпадало с нулевым делением ее. По длине слоя порошка в трубке, изменившего окраску, определяют на шкале концентрацию исследуемого газа.

Результат измерения концентрации вредного вещества необходимо привести к нормальным условиям (C_H): температура 293 К, атмосферное давление 101,3 кПа (760 мм рт.ст.), относительная влажность воздуха 60%.

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

$$C_H = \bar{C}_{t,j,p} \frac{(273 + t) \times 101,3}{293 \times p} \times K_e,$$

где $\bar{C}_{t,j,p}$ - результат измерения концентрации вредного вещества (мг/м^3) при температуре окружающего воздуха $t^\circ\text{C}$, относительной влажности его j % и атмосферном давлении p кПа;

K_e - коэффициент, учитывающий влияние температуры и влажности окружающего воздуха на показания индикаторных трубок: нормируется в виде графика или таблицы.

Относительная погрешность измерения (d) не должна превышать $\pm 35\%$ в диапазоне от 0,5 до 2,0 предельно допустимых концентраций (ПДК) и $\pm 25\%$ для концентраций выше 2,0 ПДК при установленных стандартом барометрическом давлении, относительной влажности и температуре воздуха. В диапазоне от 0,5 до 1,0 ПДК допускается увеличение погрешности до 60%.

Результат измерения необходимо представить в виде: $(C_H \pm D)$ мг/м^3 при доверительной вероятности 0,95.

Величину абсолютной погрешности (D) вычисляют по формуле

$$D = C_H \times d / 100 .$$

2.1.2. Проведение измерений

Студентам необходимо измерить индикаторными трубками значения концентрации кислорода в атмосферном воздухе учебной лаборатории, сернистого газа в непосредственной близости от вспыхивающей головки спички, углекислого газа в раструбе специального баллона с частично открытым вентиляем. Измерения следует выполнять под руководством преподавателя в соответствии с изложенной выше методикой. Концентрацию кислорода определяют в установленном преподавателем месте лаборатории на высоте от уровня пола до 2 м. Концентрацию сернистого газа студенты должны измерять группами по 2 человека: один зажигает спички, другой, располагая открытым концом индикаторной трубки в месте вспышки, приводит в действие в тот же момент времени аспиратор. Содержание углекислого газа определяет каждый студент в раструбе специального баллона, открывая на 3...5с его вентиль не более чем на 1/4 оборота.

Результаты всех измерений необходимо представить в отчете.

2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ВОЗДУХЕ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Концентрация газов метанового ряда и углекислого газа в воздухе может быть определена при помощи переносных интерферометров, например, ШИ-11.

Оптическая схема и принцип действия всех интерферометров аналогичны.

При включении прибора с помощью его светооптической системы выделяются два когерентных пучка света, один из которых проходит через воздушные полости, заполненные чистым атмосферным воздухом, другой - дважды через полость, заполненную исследуемым воздухом. Оба пучка света сходятся в фокальной плоскости объектива, где находится отчетная шкала прибора, и создают интерференционную картину, которую можно наблюдать в окуляр прибора. Принцип действия всех интерферометров основан на смещении интерференционной картины относительно неподвижной шкалы вследствие разности показателей преломления чистого воздуха и воздуха, содержащего примеси газов метанового ряда или углекислого газа. По величине смещения интерференционной картины можно определить процентное содержание этих газов.

Прибор ШИ-11 (рис.2) помещен в плоскую металлическую коробку, на внешней стороне которой размещены :

- штуцер 1 для засасывания в прибор воздуха;
- распределительный кран 2 для переключений на измерение концентрации газа метанового ряда и суммарного содержания этого газа и диоксида углерода;

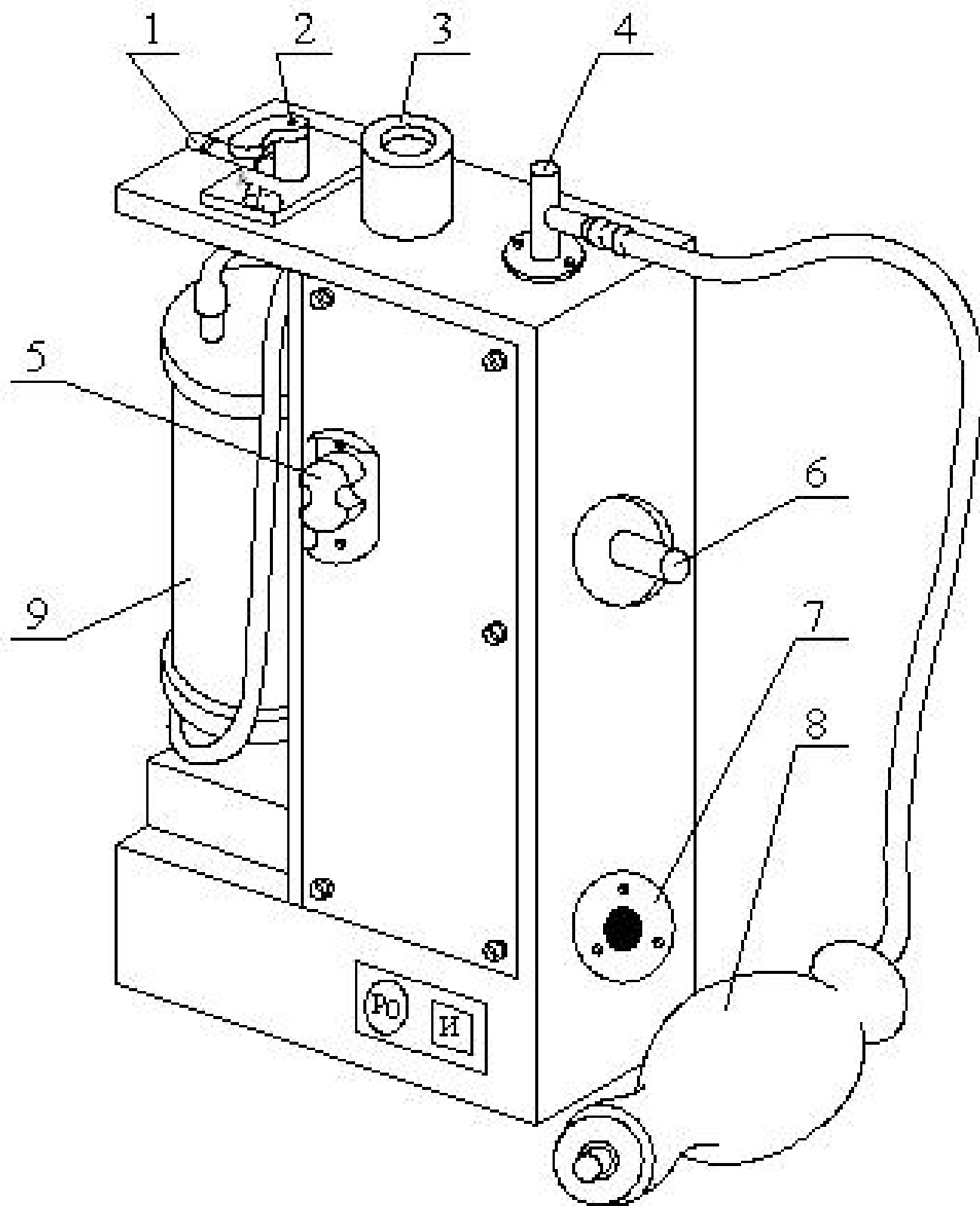


Рис. 2 – Общий вид прибора ШИ-11

окуляр 3;
штуцер 4 с фильтром для удаления газо-воздушной смеси из прибора;
маховичок 5 для установления интерференционной картины в нулевое положение;
кнопка 6 для перемещения газовой камеры в положение "К" - контроль;
кнопка 7 включения лампочки накаливания – источника когерентных лучей света;
резиновая груша 8 для засасывания воздуха в прибор с клапаном выброса воздуха;
поглощающий патрон 9.

Установка прибора на нуль производится (при необходимости) перед началом измерений путем совмещения левой черной полосы интерференционной картины с нулевой отметкой шкалы поворотом маховика в нужную сторону. При нажатии кнопки 6 интерференционная картина смещается.

Для измерения концентрации газов метанового ряда в воздухе необходимо поставить распределительный кран 2 в положение " CH_4 " и сделать 5...10 прокачиваний газовой линии прибора грушей 8. Затем, глядя в окуляр 3, нажимают кнопку 7 включения лампочки накаливания.

При наличии указанных газов интерференционная картина смещается вправо. Число делений шкалы, на которое сместится левая черная полоса от нулевого положения, соответствует концентрации газа в воздухе в процентах. Для определения концентрации углекислого газа в воздухе того же помещения необходимо повернуть распределительный кран 2 в положение " CO_2 " и произвести три прокачивания газовой линии прибора грушей. Измерение в этом случае даст суммарное содержание газа метанового ряда и углекислого газа. Концентрация углекислого газа равна разности результатов последнего и предыдущего замеров.

При выполнении лабораторной работы студентам необходимо определить концентрацию метана и углекислого газа в специальной камере.

2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Запыленность воздуха может быть определена с помощью фотопылемеров.

Фотопылемер имеет оптическую и электрическую схемы, смонтированные в корпусе, на внешней стороне которого расположены гальванометр, рукоятки переключения пределов измерения ($0...1,5 \text{ мг/м}^3$ или $0...15 \text{ мг/м}^3$) и регулирования сопротивления, кнопка контроля напряжения.

При включении прибора световой поток от лампочки накаливания проходит через конденсорные линзы и светофильтр, попадает в камеру с исследуемым (запыленным) воздухом, на стенке которой расположено зеркало. Лучи света, отражаясь от зеркала, совершают обратный ход через

камеру и поступают на фотосопротивление, включенное в одно из плеч мостовой электрической схемы прибора. При изменении светового потока, проходящего через запыленный воздух, меняется фотосопротивление и происходит разбаланс в электрической схеме. Ток разбаланса регистрируется микроамперметром, стрелка которого перед началом работы должна быть установлена на нуль путем регулирования напряжения источника питания и балансирования моста. Стрелка микроамперметра перемещается вдоль шкалы, проградуированной в мг/м^3 .

При производстве замеров необходимо повернуть прибор широкой гранью перпендикулярно направлению движения запыленного воздуха и через 10...15 секунд взять отсчет концентрации пыли по шкале микроамперметра.

Студенты должны ознакомиться с конструкцией фотопылемера и правилами измерения запыленности воздуха.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

По результатам выполненной работы каждый студент должен составить отчет, в котором необходимо:

- кратко изложить основное содержание ГОСТ 12.1.007-76;
- описать методику измерения концентрации вредных веществ индикаторными трубками согласно ГОСТ 12.1.014-84;
- привести результаты измерений концентраций вредных веществ индикаторными трубками и интерферометрами;
- представить схемы аспиратора и интерферометра.