

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОТДЕЛ ПО РАЗРАБОТКЕ КОНТРОЛЬНО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ВСЕСОЮЗНОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОГО
ДЕЛА

П. П. ЦЕЙСЛЕР, И. И. ЖАРИКОВ

РУКОВОДСТВО ПО РЕМОНТУ ШАХТНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ



МОСКВА «НЕДРА» 1977

Цейслер П. П., Жариков И. И. Руководство по ремонту шахтных интерферометров. М., «Недра», 1977. 80 с. (М-во угольной пром-сти СССР. Днепропетровский отдел по разраб. контрольно-измерительной аппаратуры Всесоюз. науч.-исслед. ин-та горноспасательного дела).

В руководстве приведены расчеты оптических схем шахтных интерферометров, описаны различные конструкции, даны необходимые сведения по организации ремонта и юстировке интерферометров.

Руководство предназначено для работников, занимающихся ремонтом шахтных интерферометров, а также может быть полезным инженерно-техническим работникам шахт, горным мастерам, взрывникам и другому персоналу, ведущему контроль за составом рудничной атмосферы.

Табл. 3, ил. 50, список лит. — 13 назв.

Ц 30708—560
043(01)—77

© Издательство «Недра», 1977

ИБ № 2368

ПЕТР ПЕТРОВИЧ ЦЕЙСЛЕР, ИВАН ИВАНОВИЧ ЖАРИКОВ
РУКОВОДСТВО ПО РЕМОНТУ ШАХТНЫХ
ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Редактор издательства И. М. Покровская

Обложка художника С. А. Смирновой

Художественный редактор О. Н. Зайцева

Технические редакторы Л. Г. Лаврентьева, А. Е. Матвеева

Корректор Н. А. Громова

Слано в набор 20/V 1977 г. Подписано в печать 21/X 1977 г. Т-15579
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага № 2 Печ. л. 2,5 Усл. п. л. 4,20 Уч.-изд. л. 5,23
Тираж 6000 экз. Заказ 864/6910-13 Цена 25 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19
Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном
комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Безопасное ведение горных работ в угольной промышленности требует повседневного контроля за рудничной атмосферой.

Содержание компонентов рудничной атмосферы должно соответствовать нормам, предусмотренным действующими «Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах». При несоответствии состава рудничного воздуха в выработках установленным нормам работы в этих выработках должны быть остановлены и люди выведены на свежую струю.

В угольной промышленности длительное время для определения концентраций метана и углекислого газа в горных выработках применялась бензиновая предохранительная лампа, которая представляет собой примитивный индикатор метана и углекислого газа.

Лабораторный способ определения концентраций газов в рудничном воздухе трудоемкий и занимает много времени. Он требует набора проб рудничного воздуха в бутылки или мешки, доставки проб в газоаналитические лаборатории и их анализа. Результаты анализа этих проб поступают на шахту примерно через сутки с момента набора проб. Состав рудничного воздуха за это время может значительно измениться, и по данным анализов не всегда можно выбрать правильный режим проветривания горных выработок. Поэтому как в СССР, так и за рубежом разработаны газоанализаторы, которые обеспечивают быстрое и точное определение концентраций газов непосредственно в горных выработках.

В СССР для контроля за составом шахтного воздуха непосредственно в горных выработках шахт применяются стационарные автоматические газоанализаторы непрерывного действия АМТ-3 и АМТ-3М, полуавтоматические переносные типа СМП-1 и СШ-2, а периодический контроль осуществляется с помощью переносных шахтных интерферометров типа ШИ-3, ШИ-5, ИГА (ШИ-6), ШИ-7 и ШИ-10.

Кроме угольной промышленности шахтные интерферометры получили широкое применение в газовой, химической, нефтяной и других отраслях промышленности.

В настоящее время находится в эксплуатации на шахтах и других отраслях промышленности более 200 тыс. штук шахтных интерферометров различных типов.

Отсутствие руководства по ремонту шахтных интерферометров приводит к нарушению правил их эксплуатации и преждевременному необоснованному списанию и затрудняет подготовку кадров по эксплуатации и ремонту интерферометров.

Поэтому необходимо дать описание конструкций шахтных интерферометров типа ШИ, принцип их действия, а также расчеты оптических и газовых схем, организацию ремонта интерферометров. Отличительной особенностью приведенных сведений является их практическая направленность.

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ ШАХТНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ РАЗНОСТИ ХОДА ЛУЧЕЙ

Оптические схемы шахтных интерферометров типа ШИ представляют собой весьма оригинальные видоизменения схемы двухлучевого интерферометра Жамена.

Для того чтобы разобраться в механизме образования разности хода, развернем прямоугольную отражательную призму P_1 (рис. 1) в прямоугольную пластину. Всякая призма при условии точного изготовления ее углов развертывается в плоскопараллельную пластину. Соблюдение этого условия позволяет рассматривать действие призмы как действие плоскопараллельной пластины, толщина которой равна длине хода луча в развертке.

Световой пучок, падая на зеркало M , разделяется на два интерферирующих луча. Оба луча света, отразившись от верхней и нижней граней зеркала, попадают на призму P_1 . Отразившись от катетных граней и призмы P_1 , лучи света вновь попадают на зеркало M и, отразившись от его верхней и нижней граней, сходятся в один световой пучок. Призма P_1 играет роль отражающего зеркала, дающего изображение зеркала M в качестве пластины и элемента, образующего угол между зеркалом и его отражением, который необходим для регулирования требуемой ширины интерференционных полос. Таким образом, исключается необходимость изготовления двух идентичных по толщине и показателю преломления пластин.

Раздвоенные в зеркале M когерентные лучи возвращаются призмой га то же зеркало, чем выполняется условие равенства толщин и показателей преломления.

На рис. 2 приведена развертка призмы P_1 . Примем условие, что призма P_1 имеет прямой угол, равный 90° . Погрешность острых углов призмы в случае двукратного отражения в ней проходящих лучей не влияет на направление лучей, вышедших из призмы.

Оптическая схема интерферометра, состоящая из плоскопараллельной пластины M и прямоугольной призмы P_1 , развернулась в соответствующую ей схему интерферометра Жамена. Она состоит из двух параллельных между собой плоскопараллельных пластин M

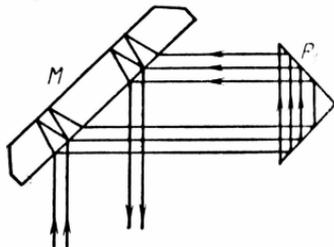


Рис. 1. Оптическая схема интерферометра

M и M_1 , составляющих угол 45° к линии, соединяющей их середины, с той лишь разницей, что между этими пластинами стоит еще третья плоскопараллельная пластина, т. е. развертка призмы P_1 . Так как плоскопараллельная пластина, стоящая между взаимно параллельными пластинами интерферометра нормально к линии, соединяющей середины этих пластин, вносит в оба пучка

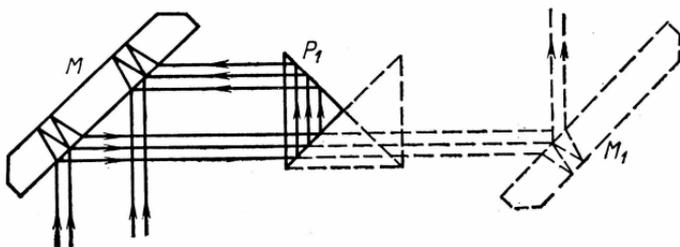


Рис. 2. Развертка призмы с углом, равным 90°

одинаковую разность хода и обе пластины интерферометра, установленные между собой параллельно, не создают разности хода, в данном случае интерференционных полос Брюстера наблюдаться не будет.

Если предположить, что прямой угол призмы P_1 имеет погрешность и равен не 90° , а $90^\circ + \gamma$ (рис. 3), то призма P_1 развернется не в плоскопараллельную пластину, а в клин, угол которого будет равен 2γ .

Вследствие того что в данном случае пучок лучей, выходящих из плоскопараллельной пластины, падает на грань клина под прямым углом, а преломляющий угол клина мал, величина угла G отклонения луча от первоначального направления может быть определена по формуле

$$G = 2\gamma(n - 1),$$

где γ — величина отступления противоположащего гипотенузной грани угла от 90° ; 2γ — угол клина; n — показатель преломления призмы P_1 .

Отражение M_1 пластины M в призме P_1 будет повернуто к вершине клина относительно первоначального направления лучей, идущих от пластины M в призму P_1 , на угол, равный 2γ . Как следует из построения рис. 3, полная величина отклонения лучей, прошедших клин и как бы падающих на вторую пластину M_1 , поставленную под углом 2γ к первоначальному направлению лучей, будет

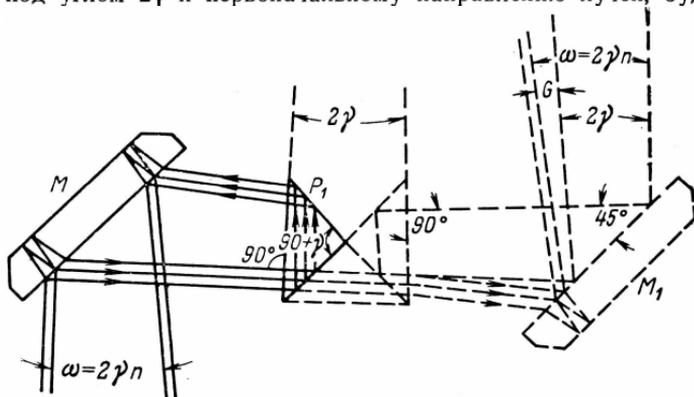


Рис. 3. Развертка призмы с углом, равным $90^\circ + \gamma$

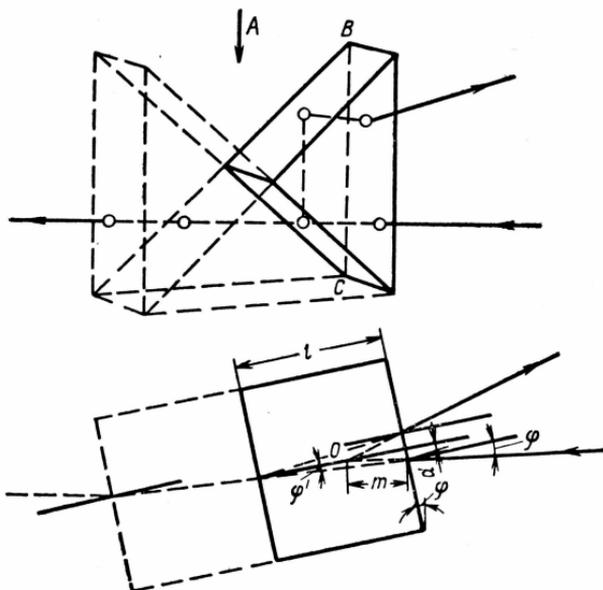


Рис. 4. Ход луча в призме

$$\omega = G + 2\gamma = 2\gamma(n - 1) + 2\gamma = 2\gamma n.$$

Следовательно, комбинация плоскопараллельной пластины с призмой в данном случае эквивалентна двум пластинам, помещенным по обе стороны клина таким образом, что их нормали составляют с нормальными к граням клина углы, равные 45° .

Для того чтобы получить интерференционные полосы низких порядков, ориентированных параллельно плоскости падения лучей (так как только в таком положении будет наблюдаться центральная белая полоса), необходимо при помощи призмы P_1 создать расхождение между пучками лучей, вошедшими в эту призму и вышедшими из нее, в плоскости, перпендикулярной плоскости падения лучей. Последнее достигается незначительным наклоном прямоугольной призмы P_1 с точным прямым углом в плоскости, перпендикулярной к плоскости падения лучей (рис. 4), путем поворота ее вокруг большого ребра BC гипотенузной грани. Произведя развертку призмы и рассматривая по стрелке A вместо хода луча в призме ход луча в плоскопараллельной пластинке с одной отражающей гранью, содержащей ребро прямого угла призмы и параллельной ее гипотенузной грани, получим, что точка O пересечения продолжений лучей, входящего через гипотенузную грань в призму и выходящего через эту же грань из нее, будет находиться на расстоянии m от гипотенузной грани, определяемом соотношением

$$m = \frac{d}{\sin \varphi} = \frac{l \operatorname{tg} \varphi_1}{\sin \varphi},$$

которое, вследствие малости углов φ и φ_1 , можно представить в следующем виде:

$$m = \frac{l\varphi_1}{\varphi}$$

Откуда, заметив, что по закону преломления

$$\varphi_1 = \frac{\varphi}{n},$$

будем иметь

$$m = \frac{l}{n}.$$

Данный случай, как это следует из рис. 4, подобен случаю поворота второй пластинки в интерферометре Жамена на угол 2γ относительно первой. Причем ребро клина, образованного пластинами, параллельно плоскости падения лучей, т. е. то, что нужно для наблюдения полосы низкого порядка интерференции с центральной белой полосой посредине.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИНТЕРФЕРИРУЮЩИМИ ЛУЧАМИ

Для определения расстояния между интерферирующими лучами CD рассмотрим рис. 5, из которого следует, что

$$CD = AC \cos i, \quad CK = h \operatorname{tg} r, \quad \text{а } AC = 2h \operatorname{tg} r.$$

Обозначив CD через a , получим

$$a = 2h \operatorname{tg} r \cos i.$$

Учитывая, что

$$\sin r = \frac{\sin i}{n},$$

получим

$$a = 2h \frac{\sin i \cos i}{n \cos r}.$$

Но

$$2 \sin i \cos i = \sin 2i, \quad \text{а } \cos r = \frac{1}{n} \sqrt{n^2 - \sin^2 i},$$

тогда

$$a = \frac{h \sin 2i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}. \quad (1)$$

В оптических схемах интерферометров типа ШИ толщина пластины $h=8$ мм, показатель преломления пластины $n=1,5163$, угол падения луча на пластину $i=45^\circ$.

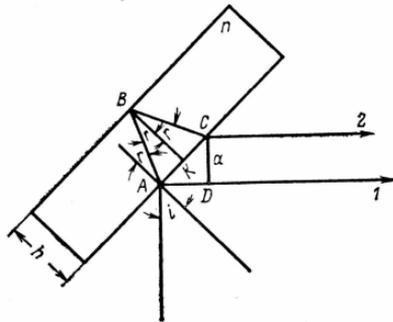


Рис. 5. Ход луча в зеркале

Подставив численные значения, получим

$$a = \frac{8 \text{ мм} \cdot 1}{\sqrt{1,5163^2 - \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}} = 6 \text{ мм}.$$

Таким образом, расстояние между интерферирующими лучами a в приборе равно 6 мм.

Толщина пластины M (зеркала) выбирается с таким расчетом, чтобы лучи после разделения на пластине направлялись по двум различным полостям газозвушной камеры, в которой они проходили бы свободно.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ХОДА ЛУЧЕЙ

Разность хода Δ лучей в оптической схеме интерферометра типа ШИ (рис. 6) может быть определена следующим образом. Разность хода ΔP_1 лучей в одной плоскопараллельной пластине M , поставленной к падающему лучу под углом i , определяется по формуле

$$\Delta P_1 = 2h_1 n_1 \cos r_1.$$

Для разности хода ΔP_2 лучей в пластине M_1 будем иметь

$$\Delta P_2 = 2h_2 n_2 \cos r_2.$$

Общая разность хода двух световых лучей, например, S'_1 и S'_2

$$\Delta = \Delta P_2 - \Delta P_1 = 2(h_2 n_2 \cos r_2 - h_1 n_1 \cos r_1).$$

Так как пластины M и M_1 имеют одинаковые показатели преломления и толщины, т. е. $n_2 = n_1$ и $h_2 = h_1$,

$$\Delta = 2hn (\cos r_2 - \cos r_1). \quad (2)$$

Из этого выражения следует, что при параллельно установленных пластинах, т. е. при $r_1 = r_2$, общая разность хода лучей равна нулю.

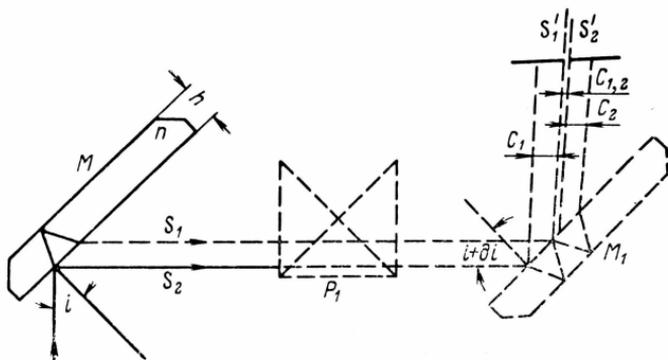


Рис. 6. Развернутая оптическая схема прибора ШИ-3

Если же пластины составляют между собой некоторый угол ∂i , то общая разность хода Δ двух интерферирующих лучей

$$\begin{aligned}\Delta &= 2hn (\cos r_2 - \cos r_1) = 2hn \left(2 \sin \frac{r_1 + r_2}{2} \sin \frac{r_1 - r_2}{2} \right) = \\ &= 4hn \sin \frac{r_1 + r_2}{2} \sin \frac{r_1 - r_2}{2},\end{aligned}$$

или при малых $\delta r = r_1 - r_2$ разность хода лучей

$$\Delta = 4hn \sin r_1 \sin \frac{\delta r_1}{2}.$$

Заменяя синусы углов самими углами, выраженными в радианной мере, получим

$$\Delta = 2hn \sin r_1 \delta r_1.$$

Для угла падения $i = 45^\circ$ угол ∂i подбирается так, что

$$\delta r \approx \frac{1}{2} \partial i,$$

тогда разность хода между лучами

$$\Delta = hn \sin r_1 \partial i. \quad (3)$$

При освещении пластины M интерферометра расходящимся пучком лучей каждой паре лучей будет соответствовать определенная разность хода, зависящая от угла падения i . В результате образуется система интерференционных полос. Распределение этих полос соответствует соотношению

$$\Delta = hn \sin r_1 \partial i = k\lambda, \quad (4)$$

причем максимумы интерференции наблюдаются в тех направлениях, для которых k — целое число, λ — длина волны.

Для направлений, соответствующих нечетному числу полуволн, т. е. для

$$hn \sin r_1 \delta i = (2k - 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (5)$$

будут наблюдаться минимумы.

Угловое расстояние $\delta r_1 = \varepsilon$ между полосами в этом случае определяется величиной приращения угла r_1 в формуле (3), при котором разность хода Δ изменится на величину λ длины волны, т. е.

$$hn \partial i \sin (r_1 + \delta r_1) = \Delta + \lambda.$$

Пользуясь формулой синуса суммы двух углов, это выражение можно записать в следующем виде:

$$hn \partial i (\sin r_1 \cos \delta r_1 + \cos r_1 \sin \delta r_1) = \Delta + \lambda.$$

Учитывая, что величина углового расстояния δr_1 мала, можно принять $\cos \delta r_1$ равным единице, а $\sin \delta r_1$ заменить самим углом δr_1 , тогда получим

$$hn \partial i (\sin r_1 + \cos r_1 \delta r_1) = \Delta + \lambda$$

или

$$hndi \sin r_1 + hndi \cos r_1 \delta r_1 = \Delta + \lambda.$$

Но $hndi \sin r_1 = \Delta$,

тогда

$$\delta r_1 = \frac{\lambda}{hn \delta i \cos r_1}. \quad (6)$$

Из этого выражения видно, что расстояние между полосами возрастает с увеличением длины волны λ и с уменьшением угла δi между пластинами.

Разность расстояний между полосами для различных длин волн очень мала для первых порядков k интерференции, т. е. для интерференции, соответствующей разности хода в 1, 2 и 3 полуволны. С увеличением же порядка интерференции эта разница становится уже значительной. Поэтому центральная полоса, соответствующая разности хода, равной нулю, является белой, а соседние места минимумов — черными. Место первых минимумов для всех длин волн λ практически совпадает. Полосы, соответствующие большим разностям хода Δ , представляются цветными, так как для них минимумы одних длин волн совпадают с максимумами других.

Если на пути одного из двух интерферирующих лучей между пластинами интерферометра поместить слой вещества толщиной l с показателем преломления n_2 , то интерференционная картина сместится вследствие дополнительной разности хода

$$\Delta' = l(n_2 - n_1), \quad (7)$$

причем величина смещения будет тем больше, чем больше толщина слоя вещества и его показатель преломления.

Толщину пластины нельзя выбирать очень большой из-за требования высокой степени однородности стекла. Кроме того, очень толстые пластины интерферометра медленно и не в одинаковой мере прогреваются действующими лучами света от источника, что влияет на устойчивость интерференционной картины и значительно снижает точность измерений интерферометра.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПОЛОС

Интерферометр, когда его зеркала состоят из строго параллельных поверхностей, дает типичные полосы равного наклона, локализованные в бесконечности, которые можно рассматривать или простым глазом в плоскости главного фокуса проектирующей линзы, или, прибавив к этой линзе окуляр, служащий в качестве лупы, — в фокальной плоскости зрительной трубы.

Если в одной или в обеих пластинах плоскости не строго параллельны, то полосы равного наклона не могут существовать, так как разность хода Δ лучей будет зависеть не только от углов падения лучей на пластины M и M_1 (см. рис. 6), но и от тех мест на пластинах, куда эти лучи упадут.

В этом случае получатся полосы равной толщины, которые локализованы не в бесконечности, а в зависимости от угла δi , образованного пластинами, а также в зависимости от угла падения лучей. Поэтому различные части интерференционной картины нельзя одновременно сфокусировать в одной плоскости на экране. Это

становится заметным лишь при угле между поверхностями одной пластины, равном нескольким секундам.

Для того чтобы иметь возможность наблюдать полосы в интерферометре при относительно плохом качестве поверхностей его пластинок, необходимо пользоваться параллельным пучком света, исходящим из точечного источника света. В этом случае получаются плохо локализованные полосы, которые можно будет увидеть, помещая глаз в фокусе линзы, служащей в качестве лупы. При таком положении глаза все поле зрения кажется освещенным и в нем можно видеть интерференционные полосы равной толщины.

При источнике света широкой полосой можно добиться того же результата, помещая в фокусе линзы диафрагму с небольшим отверстием. В этом случае не будет размывания интерференционной картины лучами, падающими под разными углами, и интерференционные полосы можно будет видеть довольно отчетливо.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ КАРТИНЫ

Число полос N интерференционной картины интерферометра при определении концентрации газа можно найти из выражения

$$N = \frac{l \Delta n}{\lambda_{\text{ср}}} \quad (8)$$

где N — число полос, на которое сместится интерференционная картина при концентрации метана, равной 100 об.%; l — длина пути интерферирующих лучей по газовой камере; Δn — разность показателей преломления метана и воздуха; $\lambda_{\text{ср}}$ — средняя длина световой волны источника света.

Так как в интерферометре применен источник белого света, число видимых полос ограничено из-за большой разности $\lambda_{\text{max}} \div \lambda_{\text{min}}$ в спектре излучения источника. Их насчитывается всего семь, расположенных симметрично по обеим сторонам от белой ахроматической полосы, причем чем полосы дальше от нее, тем интенсивнее они окрашены. Практически расчет ведется по средней длине волны $\lambda_{\text{ср}}$, определяемой из кри-вых излучения источника света и интегральной чувствительности глаза человека (рис. 7).

Из рисунка видно, что $\lambda_{\text{ср}} = 565$ нм.

Ширина одной полосы N_1 (об. %)

$$N_1 = \frac{100}{N} = \frac{\lambda_{\text{ср}} 100}{l \Delta n} \quad (9)$$

Эта величина получена при условии $t_0 = 0^\circ\text{C}$ и $P = 760$ мм рт. ст. При пересчете к условиям градуировки ($t_{\text{гр}} = 20^\circ\text{C}$ и $P_{\text{гр}} = 760$ мм

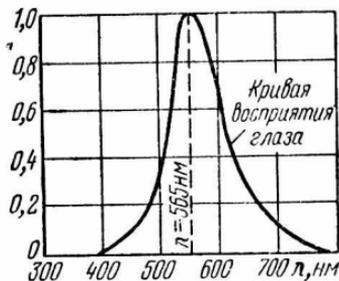


Рис. 7. Кривая излучения источника света

рт. ст.) необходимо ввести поправочный коэффициент, который рассчитывается по формуле

$$n_{\text{пр}} = \frac{P_0}{273 + t_0} \cdot \frac{273 + t_{\text{гр}}}{P_{\text{гр}}} = \frac{760}{273} \cdot \frac{273 + 20}{760} = 1,073.$$

Таким образом, ширина одной полосы при условиях градуировки составит

$$N_1 = \frac{\lambda_{\text{ср}} 100}{t \Delta n} \cdot 1,073 \text{ об. \%}. \quad (10)$$

По этой величине и устанавливается ширина ахроматической полосы интерференционной картины при сборке и юстировке интерферометров.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАСХОЖДЕНИЯ ИНТЕРФЕРИРУЮЩИХ ЛУЧЕЙ ОТ УГЛА ПОВОРОТА ПРИЗМЫ

Для определения зависимости между углом поворота призмы и расхождением интерферирующих лучей рассмотрим развертку оптической схемы интерферометра, которая приведена на рис. 8.

Поворот призмы P вокруг различных осей эквивалентен повороту изображения Z_1 пластины Z . Таким образом, поворачивая призму P , можно получить расхождение между лучами 1 и 2 после пластины Z и, следовательно, интерференционную картину.

Рассмотрим случай поворота призмы вокруг оси, параллельной лучам 1 и 2 . Именно такой случай осуществлен в интерферометрах типа ШИ.

Поворот призмы P влечет за собой поворот изображения Z_1 плоскопараллельной пластины Z . В этом случае это изображение тоже повернется вокруг оси, параллельной лучам 1 и 2 . Выясним, на какой угол повернется изображение Z_1 при повороте призмы на угол α . Для этого рассмотрим проекции призмы P и пластины Z на плоскость, в которой осуществлен поворот.

Чтобы выяснить суть вопроса, рассмотрим проекцию простейшего предмета xy , отраженного в призме P .

На рис. 9 приведена проекция $KLMN$ призмы P на плоскость поворота до поворота призмы. Она совпадает с гипотенузной гранью призмы P . Прямоугольник $KL_1M_1N_1$ — это проекция призмы P или гипотенузная грань ее после поворота призмы на угол α .

Проекция предмета xy , отразившись в призме $KLMN$, примет положение x_1y_1 , а в повернутой призме $KL_1M_1N_1$ соответственно x_2y_2 .

Как видно из рисунка, проекция изображения предмета x_2y_2 повернулась относительно проекции самого предмета xy на угол 2α . Следовательно, проекция изображения более сложного предмета — плоскопараллельной пластины Z — тоже будет повернута на угол 2α по отношению к проекции самой пластины. Таким образом, оптическую схему интерферометра типа ШИ можно заменить эквивалентной схемой с двумя плоскопараллельными пластинами, одна из которых повернута к другой на угол 2α вокруг оси, параллельной лучам 1 и 2 , идущим между этими пластинами.

На рис. 10 представлен ход лучей в первой пластине Z . Пучок света I падает на нее под углом i , причем таким образом, что пло-

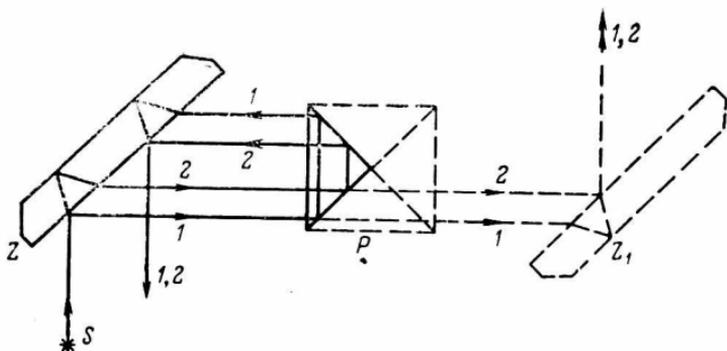


Рис. 8. Развернутая оптическая схема интерферометра

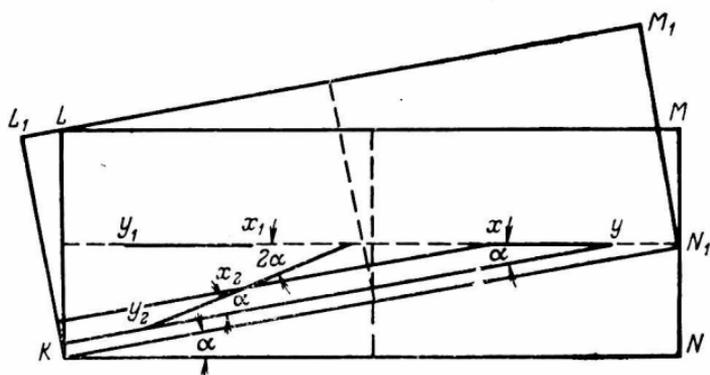


Рис. 9. Проекция призмы P

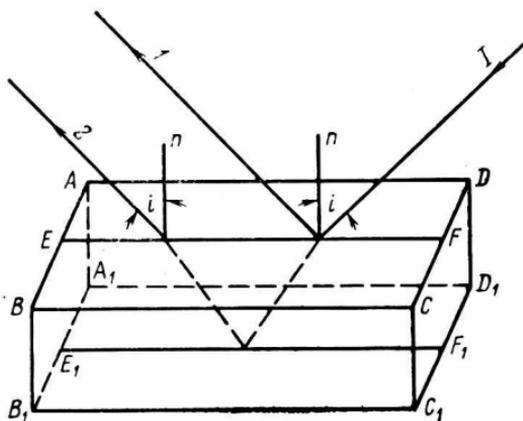


Рис. 10. Ход лучей в пластине

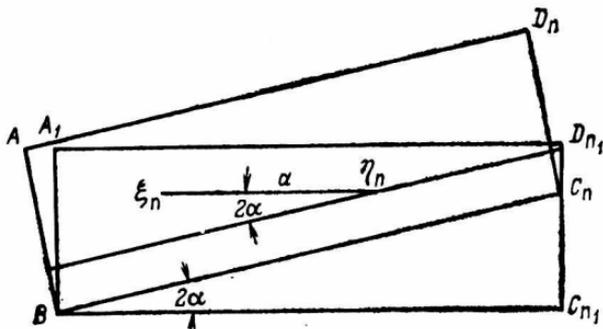


Рис. 13. Проекция пластин Z и Z_1

$\xi_n \eta_n$ есть кратчайшее расстояние между лучами 1 и 2, так как прямые $\xi \xi_n$ и $\eta \eta_n$ — перпендикулярны плоскости $ABC_n D_n$. Обозначим отрезок $\xi_n \eta_n$ через a . Из рис. 5 видно, что

$$a = 2h \operatorname{tg} r \cos i. \quad (12)$$

Чтобы определить угол $\theta_n \xi_n \eta_n$, рассмотрим рис. 13, на котором представлены проекции пластины Z_1 ($ABC_n D_n$) и проекция пластины Z ($A_1 BC_{n1} D_{n1}$) на плоскость поворота. Из рисунка видно, что проекция пластины Z_1 повернута относительно проекции пластины Z на угол 2α . Отрезок $\xi_n \eta_n$ параллелен одной стороне проекции пластины Z — стороне BC_{n1} , следовательно, он будет наклонен под углом 2α к стороне BC_n пластины Z_1 и угол $\theta_n \xi_n \eta_n$ (см. рис. 12) равен 2α , тогда

$$\theta_n \eta_n = a \sin 2\alpha, \text{ а } \xi_n \theta_n = a \cos 2\alpha.$$

Найдем отрезки $\eta \theta$ и $\xi \theta$, которые необходимы для определения расстояния c интерферирующих лучей. Из рис. 12 следует, что

$$\eta \theta = \eta_n \theta_n = a \sin 2\alpha, \quad (13)$$

так как $\eta \theta$ и $\eta_n \theta_n$ параллельны между собой и заключены между параллельными прямыми $\theta \theta_n$ и $\eta \eta_n$.

Для нахождения отрезка $\xi \eta$ из точки ξ проведем прямую $\xi \gamma$, параллельную $\xi_n \theta_n$. Очевидно, что

$$\xi \gamma = \xi_n \theta_n = a \cos 2\alpha.$$

Из прямоугольного треугольника $\xi \gamma \theta$ имеем

$$\xi \theta = \frac{\xi \gamma}{\cos i} = \frac{a \cos 2\alpha}{\cos i}. \quad (14)$$

Подставив выражения (13) и (14) в (11), получим

$$c = \sqrt{a^2 \sin^2 2\alpha + \left(\frac{a \cos 2\alpha}{\cos i} - 2h \operatorname{tg} r \right)^2 \cos^2 i}.$$

Учитывая, что $2h \operatorname{tg} r \cos i = a$, получим

$$c = \sqrt{a^2 \sin^2 2\alpha + \left(\frac{a \cos 2\alpha}{\cos i} - \frac{a}{\cos i} \right)^2 \cos^2 i}.$$

Откуда после соответствующих преобразований

$$c = a \sqrt{2(1 - \cos 2\alpha)}. \quad (15)$$

Это выражение дает непосредственно зависимость между углом α разворота призмы P вокруг оси, параллельной лучам 1 и 2, и расстоянием c интерферирующих лучей после их выхода из пластины Z_1 (см. рис. 11).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА РАЗВОРОТА ПРИЗМЫ

Линейная ширина b интерференционной полосы может быть определена выражением

$$b = E f_{об}, \quad (16)$$

где E — угловая ширина интерференционной полосы; $f_{об}$ — фокусное расстояние объектива, фокальная плоскость которого является плоскостью локализации интерференционных полос.

С другой стороны, линейная ширина интерференционной полосы определяется выражением

$$b = N_1 C, \quad (17)$$

где N_1 — концентрация метана, смещающая интерференционную картину на расстояние, численно равное ширине полосы в плоскости локализации интерференционной картины; C — расстояние на сетке (шкале), соответствующее смещению интерференционной картины при концентрации метана, равной 1 об. % CH_4 .

Из выражений (16) и (17) следует, что

$$E = \frac{N_1 C}{f_{об}}.$$

Подставив в это выражение вместо N_1 его значение из выражения (9), получим

$$E = \frac{100 C \lambda_{ср}}{l \Delta n f_{об}}. \quad (18)$$

Из теории интерференции известно, что угловая ширина полос E зависит только от длины волны и линейного расхождения между интерферирующими лучами в точке наблюдения и определяется по формуле

$$E = \frac{\lambda_{ср}}{c}. \quad (19)$$

Сравнивая выражения (18) и (19), получим

$$c = \frac{\Delta n l f_{об}}{100 C}. \quad (20)$$

Для определения угла разворота призмы P (см. рис. 8) рассмотрим выражение (15), из которого имеем

$$\cos 2\alpha = 1 - \frac{c^2}{2a^2}.$$

Подставив вместо a и c их значения из формул (12) и (20), получим

$$\cos 2\alpha = 1 - \frac{\Delta n^2 l^2 f_{об}^2}{10^4 C^2 8h^2 \operatorname{tg}^2 r \cos^2 i},$$

или после соответствующих преобразований получим

$$\cos 2\alpha = 1 - \frac{\Delta n^2 l^2 f_{об}^2 (n^2 - \sin^2 i)}{10^4 C^2 h^2 2 \sin 2i}. \quad (21)$$

Эта формула дает непосредственно величину угла разворота α отражательной призмы P при выбранных толщине h пластины, угле падения i , показателе преломления n , расстоянии на сетке C , длине газовойдушной камеры l и фокусном расстоянии объектива $f_{об}$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОКУСНЫХ РАССТОЯНИЙ ОКУЛЯРА И ОБЪЕКТИВА ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБКИ

Интерференционная картина в приборах ШИ локализована в бесконечности. Простым глазом, аккомодированном в бесконечность, рассматривать интерференционную картину невозможно из-за малого поля интерференции, равного примерно 2—3 мм, и вследствие этого небольшой угловой ширине полос, которая равна около $10'$. Поэтому для увеличения видимого размера поля интерференции и угловой величины полос в приборе применяется зрительная трубка. Увеличение зрительной трубки $F_{тр}$ выбирается из условия рассматривания интерференционной картины без напряжения и определяется по формуле

$$F_{тр} = \frac{E_1}{E},$$

где E — угловая ширина полос до окуляра зрительной трубки; E_1 — угловая ширина полос за окуляром зрительной трубки.

Увеличение окуляра $F_{ок}$ выбирается в зависимости от того, на каком расстоянии друг от друга нанесены самые мелкие деления шкалы.

Фокусное расстояние окуляра $f_{ок}$ определяется по формуле

$$f_{ок} = \frac{250}{F_{ок}}.$$

Фокусное расстояние объектива $f_{об}$ можно определить из формулы увеличения зрительной трубки

$$f_{об} = F_{тр} f_{ок}.$$

Обозначив диаметр зрачка выхода интерферометра через $\Phi_{з.в.}$, можно определить диаметр объектива по формуле

$$\Phi_{об} = F_{тр} \Phi_{з.в.} = \frac{f_{об}}{f_{ок}} \Phi_{з.в.} \quad (22)$$

Поперечные размеры остальных оптических деталей берутся больше $\Phi_{об}$.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗА

Точность определения концентрации газа интерферометрами зависит от длины пути интерферирующих лучей по газоздушным средам и от показателей преломления газов.

Зависимость величины погрешности интерферометрических измерений концентрации газовых смесей от оптической длины пути интерферирующих лучей следующая:

Оптическая длина пути лучей, см	Абсолютная погрешность измерений
200	$1 \cdot 10^{-8}$
100	$2 \cdot 10^{-8}$
50	$4 \cdot 10^{-8}$
25	$8 \cdot 10^{-8}$
20	$1 \cdot 10^{-7}$
10	$2 \cdot 10^{-7}$

Если известны показатели преломления составляющих смесь газов, то можно заранее подсчитать ожидаемую точность измерения концентрации газа в зависимости от длины пути лучей в камере интерферометра. Так, например, зная, что показатель преломления воздуха $n_{\text{в}} = 1,0002929$, а метана $n_{\text{СН}_4} = 1,0004433$, получим разницу показателей преломления:

$$\Delta n = 1,0004433 - 1,0002929 = 150,4 \cdot 10^{-7}.$$

При ходе лучей в камере длиной 20 см абсолютная погрешность равна $\pm 1 \cdot 10^{-7}$. Отсюда относительная погрешность измерения концентрации метана в воздухе

$$\delta = \frac{1 \cdot 10^{-7}}{150,4 \cdot 10^{-7}} = 0,0007, \text{ что составляет } 0,07 \text{ об. } \% \text{ СН}_4.$$

Таким образом, концентрацию СН_4 в воздухе можно определить в этом случае с точностью $\pm 0,07$ об. % СН_4 .

Как следует из приведенного расчета, интерферометрический принцип измерения газа тем точнее, чем больше разница между показателями преломления определяемого и взятого для сравнения газов.

Вместо показателей преломления для газов удобнее применять преломляющие усилия $\beta = (n-1) \cdot 10^{-6}$.

В табл. 1 приведены преломляющие усилия некоторых газов и паров при нормальных условиях для длины волны $\lambda = 546,1$ нм.

Таблица 1

Газ	Символ	Преломляющие усилия β
Азот	N_2	299,14
Аммиак	NH_3	379
Аргон	Ar	283,14
Ацетон	C_3H_6O	1096
Бензол	C_6H_6	1835
Воздух сухой	—	292,9
Ацетилен	C_2H_2	600,7
Вода	H_2O	256,9
Водород	H_2	140,18
Двуокись углерода	CO_2	450,6
Кислород	O_2	272,27
Метан	CH_4	443,3
Окись углерода	CO	336
Этан	C_2H_6	764,8
Сероводород	H_2S	644
Окись азота	N_2O	510
Закись азота	NO	295

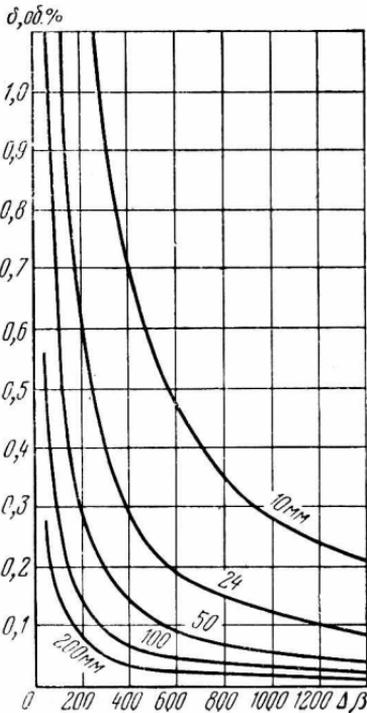


Рис. 14. Зависимость точности измерения концентраций газа от длины камеры

Точность измерения концентрации газа для различных оптических длин путей интерферирующих лучей можно определить и по графику рис. 14.

На оси абсцисс отложена разность преломляющих усилий $\Delta\beta$ определяемого и взятого для сравнения газов, а на оси ординат точность измерения δ концентрации газа.

Зная преломляющие усилия определяемого и взятого для сравнения газов, определяем разность преломляющих усилий $\Delta\beta$. Находим эту величину на оси абсцисс и от нее вверх проводим прямую до пересечения с отдельными кривыми. Точки пересечения дают точность определения концентрации газа в зависимости от оптической длины пути интерферирующих лучей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОКАЗАНИЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧИЯ ПРЕЛОМЛЯЮЩИХ УСИЛИЙ МЕТАНА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Преломляющие усилия углекислого газа β_{CO_2} и метана β_{CH_4} отличаются друг от друга незначительно, поэтому определение концентрации углекислого газа K_{CO_2} производится по той же шкале, что и определение концентрации метана K_{CH_4} . В результате этого при определении концентрации углекислого газа возникает дополнительная погрешность, которая может быть найдена следующим образом.

В интерферометре, подготовленном к работе, газовая и воздушная линия заполнены чистым атмосферным воздухом, преломляющее усилие которого равно β_B . При определении концентрации углекислого газа газовая (средняя) полость газовоздушной камеры заполняется пробой газа (воздух + углекислый газ), преломляющее усилие которого

$$\beta_r = (\beta_{CO_2} - \beta_B) \frac{K_{CO_2}}{100} + \beta_B.$$

Разность преломляющих усилий $\Delta\beta$, вызывающая смещение интерференционной картины, составит

$$\begin{aligned} \Delta\beta &= \beta_r - \beta_B = (\beta_{CO_2} - \beta_B) \frac{K_{CO_2}}{100} + \beta_B - \beta_B = \\ &= (\beta_{CO_2} - \beta_B) \frac{K_{CO_2}}{100}. \end{aligned}$$

Подставив в это выражение значения $\beta_{CO_2} = 450,6$ и $\beta_B = 292,9$, получим

$$\Delta\beta = (450,6 - 292,9) \frac{K_{CO_2}}{100} = \frac{157,7 \cdot K_{CO_2}}{100}. \quad (23)$$

Погрешность δ_{CO_2} за счет различия преломляющих усилий метана и углекислого газа может быть определена из выражения

$$\delta_{CO_2} = \frac{\Delta\beta \cdot 100}{150,4} - K_{CO_2}. \quad (24)$$

Подставив вместо $\Delta\beta$ его значение из выражения (23), получим

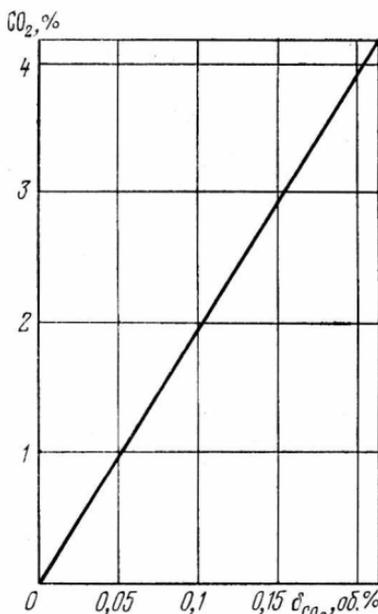


Рис. 15. Погрешность измерения концентрации CO_2 от различия преломляющих усилий CH_4 и CO_2

Зависимость δ_{CO_2} от концентрации двуокиси углерода приведена на рис. 15.

Учитывая, что правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах максимальная концентрация углекислого газа (местные скопления) допускается до 2 об. %, погрешность при определении концентрации CO_2 за счет различия преломляющих усилий β_{CO_2} и β_{CH_4} в этом случае составит 0,1 об. % CO_2 .

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА

При подготовке интерферометра к работе газовая и воздушная линии его заполняются чистым атмосферным воздухом. В этом случае β смеси в газовой и воздушной полостях камеры равны, т. е.

$$\beta_{\text{Г}} = \beta_{\text{В}} = \frac{299 K_{\text{N}_2}}{100} + \frac{272 K_{\text{CO}_2}}{100}. \quad (27)$$

Разность преломляющих усилий $\Delta\beta$ равна нулю, т. е.

$$\Delta\beta = \beta_{\text{Г}} - \beta_{\text{В}} = 0.$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{CO}_2} &= \\ &= \frac{157,7K_{\text{CO}_2} - 150,4K_{\text{CO}_2}}{150,4} = \\ &= 0,05K_{\text{CO}_2}, \end{aligned}$$

т. е.

$$\delta_{\text{CO}_2} = 0,05K_{\text{CO}_2}. \quad (25)$$

Из этого выражения видно, что погрешность δ_{CO_2} пропорциональна концентрации углекислого газа. Она может быть устранена путем введения поправочного множителя

$$\begin{aligned} \frac{\beta_{\text{CH}_4} - \beta_{\text{В}}}{\beta_{\text{CO}_2} - \beta_{\text{В}}} &= \\ \frac{443,3 - 292,9}{450,6 - 292,9} &= \\ &= 0,95. \end{aligned} \quad (26)$$

В этих условиях интерферометры выставляются в исходное нулевое положение.

Пройдя горные выработки, атмосферный воздух изменит свой состав. За счет появления в нем метана и углекислого газа концентрации кислорода K_{O_2} и азота K_{N_2} уменьшатся (относительно их содержания в чистом атмосферном воздухе) и станут соответственно равны:

$$K'_{O_2} = \frac{(100 - K_{CH_4} - K_{CO_2}) K_{O_2}}{100}$$

$$\text{и } K'_{N_2} = \frac{(100 - K_{CH_4} - K_{CO_2}) K_{N_2}}{100} \quad (28)$$

Таким образом, газовая смесь, в которой требуется определить концентрацию метана, будет состоять из следующих компонентов:

$$K'_{O_2}, K'_{N_2}, K_{CH_4} \text{ и } K_{CO_2}.$$

При определении прибором метана в этой газовой смеси она с помощью резиновой груши прокачивается в прибор через поглотительный патрон, заполненный ХПИ (химический поглотитель известковый), в котором поглощается CO_2 . После поглощения CO_2 концентрации оставшихся компонентов, которые заполнят газовую полость газовой камеры, изменятся и станут равны:

$$K''_{N_2} = \frac{100 K'_{N_2}}{100 - K_{CO_2}}, \quad K''_{O_2} = \frac{100 K'_{O_2}}{100 - K_{CO_2}}, \quad K'_{CH_4} = \frac{100 K_{CH_4}}{100 - K_{CO_2}}.$$

Следовательно, преломляющее усилие смеси в газовой полости камеры

$$\beta_r = \frac{299 K''_{N_2}}{100} + \frac{272 K''_{O_2}}{100} + \frac{443,3 K'_{CH_4}}{100}.$$

Подставив вместо K''_{N_2} , K''_{O_2} и K'_{CH_4} их значения, получим

$$\beta_r = \frac{299 K_{N_2}}{100 - K_{CO_2}} + \frac{272 K'_{O_2}}{100 - K_{CO_2}} + \frac{443,3 K_{CH_4}}{100 - K_{CO_2}}.$$

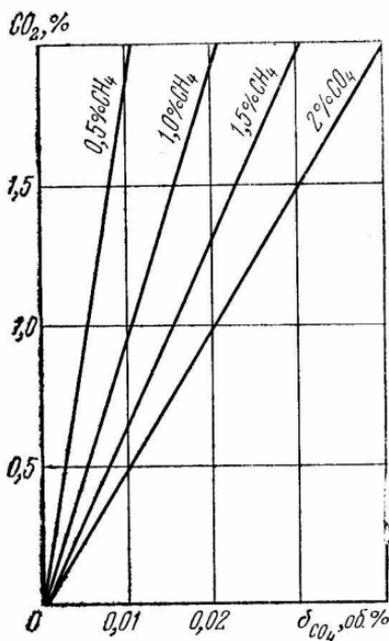


Рис. 16. Погрешности измерения CH_4 от изменения состава газовой смеси

Заменяя в этом выражении K'_{N_2} и K'_{O_2} их значениями из формулы (28), получим

$$\beta_r = \frac{299 K_{N_2} (100 - K_{CH_4} - K_{CO_2})}{100 (100 - K_{CO_2})} + \\ + \frac{272 K_{O_2} (100 - K_{CH_4} - K_{CO_2})}{100 (100 - K_{CO_2})} + \frac{443,3 K_{CH_4}}{100 - K_{CO_2}}.$$

Разность преломляющих усилий $\Delta\beta = \beta_r - \beta_v$ составит

$$\Delta\beta = \frac{299 K_{N_2} (100 - K_{CH_4} - K_{CO_2})}{100 (100 - K_{CO_2})} + \\ + \frac{272 K_{O_2} (100 - K_{CH_4} - K_{CO_2})}{100 (100 - K_{CO_2})} + \\ + \frac{443,3 K_{CH_4}}{100 - K_{CO_2}} - \frac{299 K_{N_2}}{100} - \frac{272 K_{O_2}}{100},$$

откуда

$$\Delta\beta = \frac{150,4 K_{CH_4}}{100 - K_{CO_2}}. \quad (29)$$

Погрешность δ_{CH_4} интерферометров при определении концентрации метана за счет изменения состава газовой смеси после поглощения из нее углекислого газа может быть определена из следующего выражения:

$$\delta_{CH_4} = \frac{\Delta\beta 100}{150,4} - K_{CH_4}. \quad (30)$$

Подставив вместо $\Delta\beta$ его значение, получим

$$\delta_{CH_4} = \frac{\left(\frac{150,4 K_{CH_4}}{100 - K_{CO_2}} \right) 100}{150,4} - K_{CH_4},$$

откуда

$$\delta_{CH_4} = \frac{K_{CH_4} K_{CO_2}}{100 - K_{CO_2}}. \quad (31)$$

Из этого выражения следует, что погрешность δ_{CH_4} зависит как от концентрации метана, так и от концентрации двуокиси углерода.

Зависимость δ_{CH_4} от изменения состава приведена на рис. 16.

Из выражения (31) и рис. 16 видно, что при максимальных концентрациях метана и углекислого газа, равных 2 об. % (местные скопления), погрешность δ_{CH_4} за счет изменения состава будет равна 0,04 об. % CH_4 .

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Определение интерферометром концентраций углекислого газа в газовой смеси, содержащей углекислый газ и метан, производится по разности значений концентрации суммы метана и углекислого газа ($K_{\text{CO}_2} + K_{\text{CH}_4}$) и концентрации метана. При определении суммы концентрации ($K_{\text{CH}_4} + K_{\text{CO}_2}$) преломляющее усилие смеси в газовой полости камеры

$$\beta_{\Gamma} = \beta_{\text{В}} + (\beta_{\text{CH}_4} - \beta_{\text{В}}) \frac{K_{\text{CH}_4}}{100} + (\beta_{\text{CO}_2} - \beta_{\text{В}}) \frac{K_{\text{CO}_2}}{100}.$$

Разность преломляющих усилий $\Delta\beta_1$ газовой смеси и воздуха составит

$$\Delta\beta_1 = \beta_{\Gamma} - \beta_{\text{В}} = (\beta_{\text{CH}_4} - \beta_{\text{В}}) \frac{K_{\text{CH}_4}}{100} + (\beta_{\text{CO}_2} - \beta_{\text{В}}) \frac{K_{\text{CO}_2}}{100}.$$

Подставив вместо β_{CH_4} и β_{CO_2} их численные значения, получим

$$\begin{aligned} \Delta\beta_1 &= (443,3 - 292,9) \frac{K_{\text{CH}_4}}{100} + (450,6 - 292,9) \frac{K_{\text{CO}_2}}{100} = \\ &= \frac{150,4 K_{\text{CH}_4} + 157,7 K_{\text{CO}_2}}{100}. \end{aligned} \quad (32)$$

Погрешность δ'_{CO_2} , которая возникает за счет определения концентрации углекислого газа по разности значений суммы ($K_{\text{CO}_2} + K_{\text{CH}_4}$) и K_{CH_4} , может быть определена из выражения

$$\delta'_{\text{CO}_2} = \frac{(\Delta\beta_1 - \Delta\beta) 100}{150,4} - K_{\text{CO}_2}. \quad (33)$$

Подставив вместо $\Delta\beta$ и $\Delta\beta_1$ их значения из выражений (29) и (32), получим

$$\delta'_{\text{CO}_2} = \frac{\left(\frac{150,4 K_{\text{CH}_4} + 157,7 K_{\text{CO}_2}}{100} - \frac{150,4 K_{\text{CH}_4}}{100 - K_{\text{CO}_2}} \right) 100 - 150,4 K_{\text{CO}_2}}{150,4}.$$

После соответствующих преобразований этого выражения, получим

$$\delta'_{\text{CO}_2} = \frac{7,3 K_{\text{CO}_2} (100 - K_{\text{CO}_2}) - 150,4 K_{\text{CH}_4} K_{\text{CO}_2}}{150,4 (100 - K_{\text{CO}_2})},$$

откуда

$$\delta'_{\text{CO}_2} = 0,05 K_{\text{CO}_2} - \frac{K_{\text{CH}_4} K_{\text{CO}_2}}{100 - K_{\text{CO}_2}}. \quad (34)$$

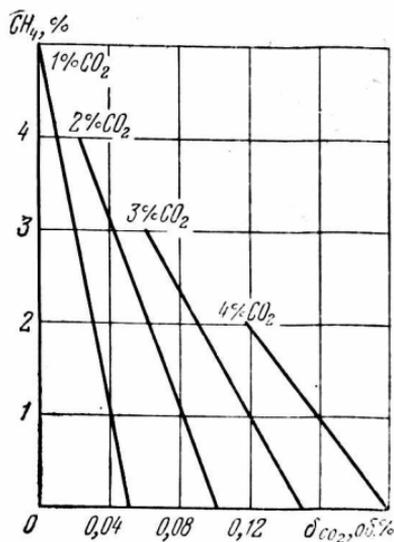
Рис. 17. Погрешность измерения CO_2 от изменения состава газовой смеси

Из этого выражения видно, что первое слагаемое характеризует погрешность интерферометра, которая определяется различием преломляющих усилий метана и углекислого газа. Второе слагаемое характеризует погрешность, которая определяется изменением состава газовой смеси при поглощении из нее углекислого газа.

Зависимость при определении концентрации K_{CO_2} ; в газовой смеси, содержащей метан, приведена на рис. 17.

Из выражения (34) и рис. 17 видно, что при максимальной концентрации метана и двуокиси углерода, равной 2 об. %, погрешность при определении углекислого газа в газовой смеси, содержащей метан, составляет 0,06 об. %.

Следует отметить, что при некоторых значениях концентраций метана и двуокиси углерода погрешность δ_{CO_2} равна нулю.



ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

С изменением атмосферного давления изменяется плотность газов, а следовательно, и их преломляющее усилие. Если преломляющие усилия метана и воздуха при нормальных условиях ($t_0 = 0^\circ\text{C}$ и $P_0 = 760$ мм рт. ст.) обозначить через $\beta_{\text{CH}_4}^0$ и β^0 , то при условиях градуировки интерферометров ($t_{\text{гр}} = 20^\circ\text{C}$ и $P = 760$ мм рт. ст.) они станут соответственно равны

$$\beta'_{\text{CH}_4} = \beta_{\text{CH}_4}^0 \frac{T_0}{T_{\text{гр}}}; \quad \beta'_v = \beta_v^0 \frac{T_0}{T_{\text{гр}}},$$

где $T_0 = 273 + t_0$; $T_{\text{гр}} = 273 + t_{\text{гр}}$.

Разность преломляющих усилий $\Delta\beta$ при условиях градуировки составит

$$\Delta\beta = \beta_{\text{CH}_4} - \beta_v = (\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_v^0) \frac{T_0}{T_{\text{гр}}}.$$

С изменением атмосферного давления (при постоянной температуре) преломляющие усилия метана и воздуха изменятся и станут равными

$$\beta'_{\text{CH}_4} = \beta_{\text{CH}_4}^0 \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_{\text{гр}}} \quad \text{и} \quad \beta'_v = \beta_v^0 \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_{\text{гр}}},$$

где P_1 — атмосферное давление при измерении.

Разность преломляющих усилий

$$\Delta\beta' = (\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_{\text{B}}^0) \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_{\text{ГР}}}.$$

Зная $\Delta\beta$ и $\Delta\beta'$, можно определить погрешность прибора за счет изменения атмосферного давления δ_p по формуле

$$\delta_p = \frac{\Delta\beta' - \Delta\beta}{\Delta\beta'} \quad (35)$$

Подставив вместо $\Delta\beta$ и $\Delta\beta'$ их значения, получим

$$\delta_p = \frac{(\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_{\text{B}}^0) \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_{\text{ГР}}} - (\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_{\text{B}}^0) \frac{T_0}{T_{\text{ГР}}}}{(\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_{\text{B}}^0) \frac{T_0}{T_{\text{ГР}}} \cdot \frac{P_1}{P_0}},$$

откуда после соответствующих преобразований получим

$$\delta_p = \frac{P_1 - P_0}{P_1} \quad (36)$$

Чтобы определить изменение атмосферного давления δ_p в зависимости от концентрации газа, необходимо выражение (36) умножить на величину концентрации K

$$\delta_p = K \frac{P_1 - P_0}{P_1}.$$

Из этого выражения следует, что с уменьшением атмосферного давления на ± 20 мм рт. ст. погрешность, которая возникает при определении концентрации метана, равной 2 об. % CH_4 , составляет $\pm 0,05$ об. % CH_4 .

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

При изменении температуры окружающей среды так же, как и при изменении атмосферного давления, изменяются преломляющие усилия газов. Следовательно, изменение температуры окружающей среды оказывает определенное влияние на точность показания прибора. Чтобы определить влияние температуры окружающей среды на показания прибора, обозначим преломляющие усилия метана и воздуха при нормальных условиях ($t_0=0^\circ\text{C}$ и $P_0=760$ мм рт. ст.) соответственно через $\beta_{\text{CH}_4}^0$ и β_{B}^0 . Тогда при условиях градуировки ($t_{\text{ГР}}=20^\circ\text{C}$ и $P=760$ мм рт. ст.)

$$\beta_{\text{CH}_4} = \beta_{\text{CH}_4}^0 \cdot \frac{T_0}{T_{\text{ГР}}},$$

$$\beta_{\text{B}} = \beta_{\text{B}}^0 \cdot \frac{T_0}{T_{\text{ГР}}}.$$

Разность преломляющих усилий метана и воздуха при условиях градуировки составит

$$\Delta\beta = \beta_{\text{CH}_4} - \beta_{\text{B}} = (\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_{\text{B}}^0) \frac{T_0}{T_{\text{ГР}}}.$$

С изменением температуры преломляющие усилия метана и воздуха станут соответственно равны

$$\beta'_{\text{CH}_4} = \beta_{\text{CH}_4}^0 \frac{T_0}{T_1} \quad \text{и} \quad \beta'_B = \beta_B^0 \frac{T_0}{T_1},$$

а их разность составит

$$\Delta\beta' = \beta'_{\text{CH}_4} - \beta'_B = (\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_B^0) \frac{T_0}{T_1},$$

где $T_1 = 273 + t_1$ (t_1 — температура при измерении).

Погрешность δ_t за счет изменения температуры окружающей среды может быть определена по формуле

$$\delta_t = \frac{\Delta\beta' - \Delta\beta}{\Delta\beta'}. \quad (37)$$

Подставив вместо $\Delta\beta'$ и $\Delta\beta$ их значения, получим

$$\delta_t = \frac{(\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_B^0) \frac{T_0}{T_1} - (\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_B^0) \frac{T_0}{T_{\text{гр}}}}{(\beta_{\text{CH}_4}^0 - \beta_B^0) \frac{T_0}{T_1}},$$

откуда

$$\delta_t = \frac{T_{\text{гр}} - T_1}{T_{\text{гр}}} = \frac{20 - t}{293}. \quad (38)$$

Чтобы выразить погрешность δ_t от концентраций K газа, необходимо полученное выражение умножить на K , тогда

$$\delta_t = K \frac{20 - t}{293}.$$

Из этого выражения следует, что при температуре 20°C погрешность δ_t равна нулю. При изменении температуры на $\pm 15^\circ\text{C}$ (относительно температуры градуировки 20°C) погрешность, которая возникает при определении концентрации метана, равной 2 об. % CH_4 , составляет $\pm 0,1$ об. % CH_4 .

СПОСОБЫ ПОВЕРКИ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Шахтные интерферометры на точность показания могут поверяться двумя способами: по контрольным газовым смесям и манометрическим. Поверка по контрольным газовым смесям производится непосредственным сличением показаний поверяемого прибора с концентрацией метана в поверяемой смеси.

Сущность манометрического способа состоит в том, что приращение показателя преломления в рабочей камере, соответствующее заданной концентрации метана, создается за счет разности статического давления чистого атмосферного воздуха между рабочей и сравнительной полостями газозвушной камеры. Расчетная формула для эквивалентных разностей статического давления воздуха между рабочей и сравнительной полостями газозвушной камеры интерферометра может быть получена на основании следующих положений.

При прохождении интерферирующих лучей через одинаковые среды в газозвушной камере интерференционная картина не смещается. Смещение интерференционной картины $\Delta\beta$ происходит в результате введения метана в газовую полость камеры интерферометра. При нормальных условиях ($t_{гр}=20^\circ\text{C}$ и $P_{гр}=760$ мм рт. ст.) приращение преломляющего усилия определяется уравнением

$$\Delta\beta = \frac{K}{100} (\beta_{\text{CH}_4} - \beta_{\text{в}}) \frac{273}{273 + t_{гр}}, \quad (39)$$

где K — концентрация метана; β_{CH_4} ; — преломляющее усилие метана; $\beta_{\text{в}}$ — преломляющее усилие воздуха; $t_{гр}$ — температура градуировки.

Аналогичное приращение преломляющего усилия может быть создано изменением давления в газовой полости газозвушной камеры интерферометра. Приращение преломляющего усилия за счет изменения давления выражается уравнением

$$\Delta\beta_p = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \beta_{\text{в}} \frac{273}{273 + t}, \quad (40)$$

где P_2 — измененное атмосферное давление относительно градуировки; P_1 — атмосферное давление в момент градуировки; P_0 — нормальное атмосферное давление.

Смещение интерференционной картины за счет метана, введенного в газовую полость камеры, равно смещению интерференционной картины в результате приращения давления при условии $\Delta\beta_p = \Delta\beta$, т. е.

$$\frac{K}{100} (\beta_{\text{CH}_4} - \beta_{\text{в}}) \frac{273}{273 + t_{гр}} = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \cdot \frac{273}{273 + t},$$

откуда

$$\Delta P = \frac{K}{100} \cdot \frac{\beta_{\text{CH}_4} - \beta_{\text{в}}}{\beta_{\text{в}}} \cdot P_0 \frac{273 + t}{273 + t_{гр}}. \quad (41)$$

Из (41) следует, что если $t = t_{гр}$, то избыточное давление, которое необходимо создать в газовой полости газозвушной камеры, зависит только от K .

K вычисленным по уравнению (41) величинам ΔP необходимо знать поправки, учитывающие плотность воды в трубках манометра в зависимости от температуры.

Значение ΔP_1 разности давлений с учетом плотности воды может быть получено по формуле

$$\Delta P_1 = \Delta P \frac{\rho_{4^\circ}}{\rho_t}, \quad (42)$$

где ΔP — разность давлений; $\rho_{4^\circ} = 1$ г/см³ — плотность воды при 4°C ; ρ_t — плотность воды при температуре t .

Манометрический способ поверки шахтных интерферометров на точность показаний утвержден Государственным комитетом стандартов, мер и измерительных приборов СССР и рекомендован для всех предприятий, эксплуатирующих и изготавливающих шахтные интерферометры.

ШАХТНЫЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

На угольных шахтах страны получили широкое применение шахтные интерферометры типа ШИ, которые предназначены для раздельного определения концентраций газов непосредственно в горных выработках шахт.

Принцип действия шахтных интерферометров основан на измерении смещения интерференционной картины, происходящего вследствие изменения состава исследуемой пробы рудничного воздуха, находящейся на пути одного из двух интерферирующих лучей.

Смещение интерференционной картины относительно ее нулевого положения пропорционально разности между показателями преломления света исследуемой газовой смеси и атмосферного воздуха, которое, в свою очередь, пропорционально процентному содержанию концентрации определяемого компонента в этой смеси.

Показатели преломления метана и углекислого газа отличаются друг от друга незначительно. Поэтому при определении этих газов пользуются одной и той же шкалой.

Показатель преломления кислорода значительно отличается от показателей преломления метана и углекислого газа. Поэтому определение кислорода в приборе ШИ-6 производится по другой шкале.

Интерференционная картина имеет одну белую акроматическую полосу, ограниченную двумя черными полосами с симметрично окрашенными краями, и возникает она вследствие постоянной, заданной самим прибором разности хода интерферирующих лучей.

При заполнении воздушной и газовой камер газовой воздушной камеры чистым атмосферным воздухом смещение интерференционной картины не происходит, так как оба интерферирующих луча проходят через одинаковую среду. Это исходное положение интерференционной картины фиксируется путем совмещения середины левой чер-

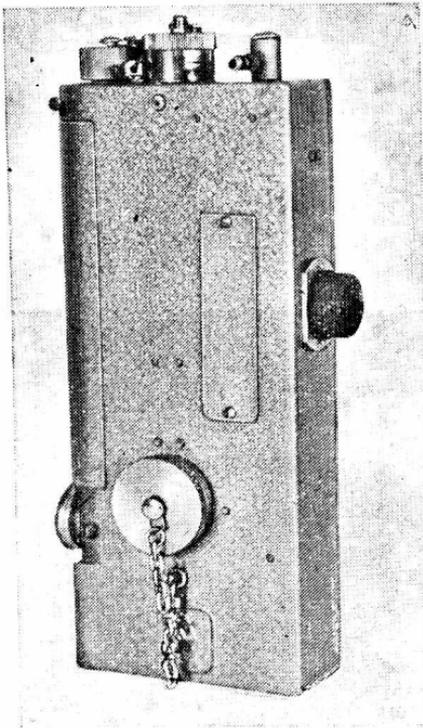


Рис. 18. Общий вид прибора ШИ-3

ной полосы с нулевой отметкой шкалы. Такое исходное положение считается нулевым положением прибора.

ШАХТНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ШИ-3

Шахтный интерферометр ШИ-3 представляет собой переносный прибор, предназначенный для раздельного определения концентраций метана и углекислого газа в рудничном воздухе непосредственно в горных выработках шахт.

Общий вид прибора показан на рис. 18.

Прибор дает правильные показания при изменении температуры окружающей среды от +5 до +35°C и атмосферного давления от 740 до 800 мм рт. ст. с учетом приведения к нормальным условиям.

Техническая характеристика

Предел измеряемых концентраций, об. %:	
метана	0—6
углекислого газа	0—6
Погрешность прибора при определении концентрации газа в шахте, об. %	±0,3
Основные размеры, мм:	
длина	115
ширина	55
высота	238
Масса прибора, кг:	
без футляра	1,47
с принадлежностями	1,7
Исполнение прибора	РИ
Время одного измерения, мин	1

ОПТИЧЕСКАЯ И ГАЗОВАЯ СХЕМЫ

В оптическую схему прибора ШИ-3 (рис. 19) входят: лампочка *Л*, конденсорная линза *К*, зеркало *М*, газовоздушная камера с тремя сквозными полостями *1*, *2* и *3*, ограниченными плоскопараллельными стеклянными пластинами, призма полного внутреннего отражения *Р*₁, подвижная призма полного внутреннего отражения *Р*₂ и зрительная трубка с объективом *Об* и окуляром *Ок*.

Ход лучей в приборе следующий. Свет от лампочки *Л* проходит через конденсорную линзу *К* и параллельным пучком падает на зеркало *М*, где разделяется на два интерферирующих пучка. Первый пучок света, отразившись от верхней грани зеркала, проходит через полость *1* газовоздушной камеры. Второй пучок света, отразившись от нижней посеребренной грани зеркала и преломившись на верхней грани, проходит по средней полости *2* газовоздушной камеры. Далее оба пучка света попадают на призму *Р*₁. Отражившись от ее катетных граней, оба пучка света поворачиваются на 180° и вновь проходят через газовоздушную камеру. Первый пучок света проходит через полость *3*, а второй — через полость *2*. Полости *1* и *3* заполнены чистым атмосферным воздухом, а полость *2* — пробой рудничного воздуха. Оба пучка света, выйдя

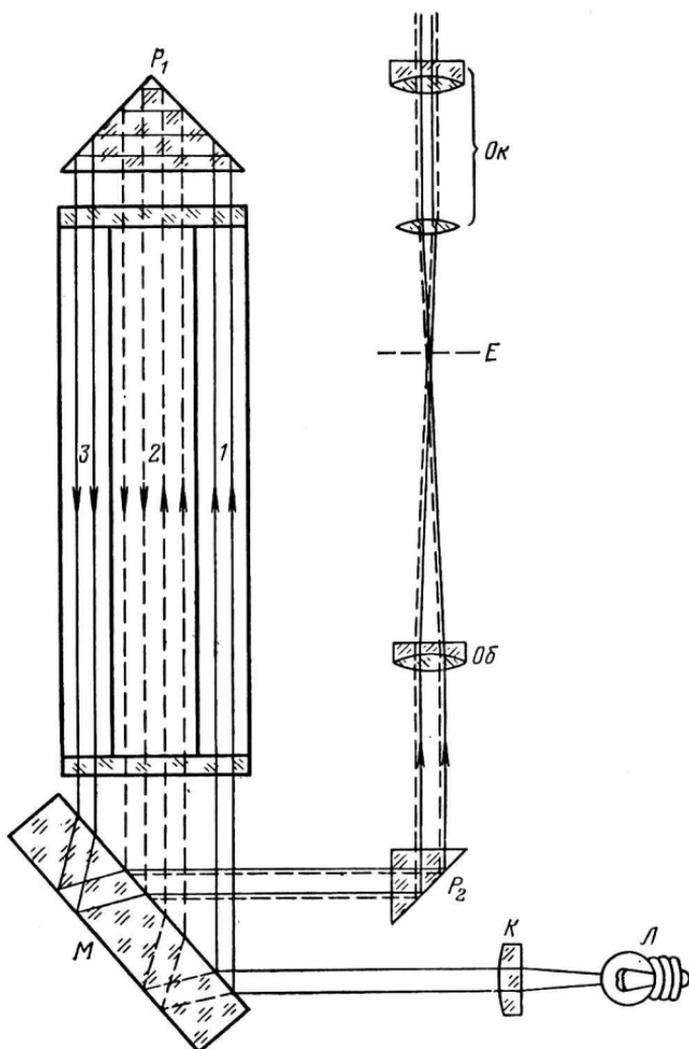


Рис. 19. Оптическая схема прибора ШИ-3

из камеры, вновь попадают на зеркало и, отразившись от его верхней и нижней граней, сходятся в один световой пучок, который попадает на призму P_2 . Отражившись от гипотенузной грани призмы, пучок света отклоняется под прямым углом и попадает в объектив $Об$ и окуляр $Ок$ зрительной трубки.

Призма P_2 выполнена подвижной. Это дает возможность перемещать интерференционную картину вдоль отсчетной шкалы и устанавливать ее в нулевое положение. В фокальной плоскости E зри-

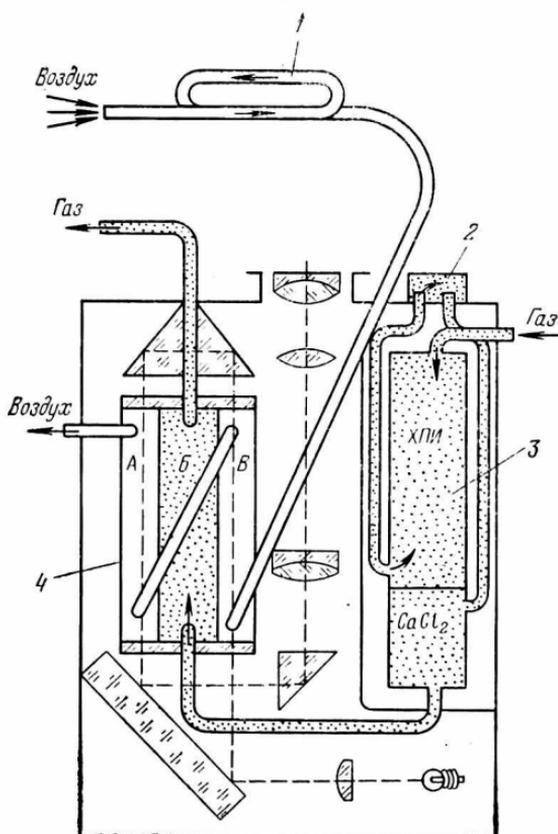


Рис. 20. Газовая схема прибора ШИ-3

тельной трубки помещена щелевая диафрагма с отсчетной шкалой. В этой же плоскости через окуляр *Ok* наблюдается интерференционная картина.

Газовая схема прибора (рис. 20) состоит из двух герметически обособленных друг от друга линий: газовой и воздушной.

В газовую линию прибора входят: поглотительный патрон 3, разделенный на две части, одна из которых заполняется ХПИ для поглощения углекислого газа в пробе воздуха, другая — гранулированным силикагелем для поглощения паров воды; переходный мостик 2, соединительные трубки и газовая полость *Б* газовой воздушной камеры 4. В воздушную линию прибора входят: полости *А* и *В* газовой воздушной камеры, соединительные трубки и лабиринт 1, который предназначен для поддержания в воздушной линии давления, равного атмосферному, а также для сохранения чистого атмосферного воздуха.

Рудничный воздух при засасывании в прибор прежде всего падает в верхнюю часть поглотительного патрона, где поглощается

углекислый газ. Затем газовая смесь по соединительной трубке попадает под резьбовой колпачок, где переходит в другую соединительную трубку и через нее в нижнюю часть поглотительного патрона для поглощения паров воды. Далее газ проходит по трубке в газовую полость *Б* газовой камеры, откуда через штуцер вновь выходит в атмосферу. Весь этот путь рудничный воздух проходит под действием разрежения в приборе, создаваемого резиновой грушей (насосом).

Таким образом, в полость *Б* газовой камеры попадает смесь метана с воздухом, очищенная от углекислого газа и паров воды. В этом случае определяется концентрация метана в воздухе.

При определении концентраций углекислого газа резьбовой колпачок отвертывается, рудничный воздух засасывается в прибор грушей, минуя поглотитель (ХПИ), и в газовую полость *Б* газовой камеры попадает смесь метана, углекислого газа и воздуха. В этом случае определяется суммарное содержание этих газов в рудничном воздухе.

Воздушная линия (лабиринт, полости *А* и *В*) заполняется чистым атмосферным воздухом, который служит основой сравнения изменений показателя преломления рудничного воздуха.

КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

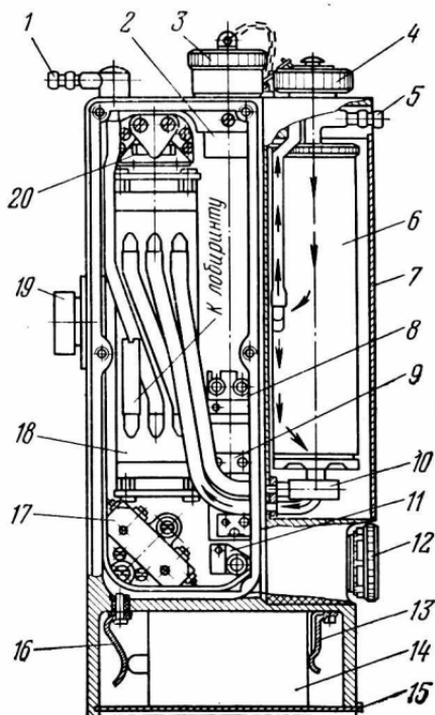


Рис. 21. Устройство прибора ШИ-3

Шахтный интерферометр ШИ-3 имеет металлический корпус прямоугольной формы (рис. 21). С наружной стороны на нем размещены: штуцер *1* для присоединения резиновой груши, окуляр *2*, закрываемый колпачком *3*, резьбовой колпачок (мостик) *4*, служащий для выключения фильтра с химическим поглотителем углекислоты, патрон *12* с электрической лампой накаливания, кнопка включения источника света *19*. На боковой стенке прибора размещен маховичок (закрытый резьбовым колпачком) для перемещения интерференционной картины в поле зрения окуляра.

Внутри корпус прибора разделен на три отделения перегородками.

В первом отделении расположены: мостик с объективом *8*, основание с призмой *9*, оправа с конденсором *11*, мостик с зеркалом *17*, камера газовой

душная 18 и основанная с призмой 20. Здесь же укладывается лабиринт, представляющий собой плоскую спираль из медной или латунной трубки с одним открытым концом.

Во втором отделении размещен поглотительный патрон 6 и штуцер 10, закрытый резиновым колпачком. На этот штуцер надевается трубка резиновой груши при заполнении воздушной линии чистым атмосферным воздухом. У поглотительного патрона имеется штуцер 5, через который набирается проба шахтного воздуха.

Отделение с поглотительным патроном закрывается крышкой 7.

В третьем отделении помещается сухой элемент 14 типа «Са-турн» и контакты 13 и 16. Контакт 13 замыкается на корпус, а контакт 16 изолирован и соединен проводником с кнопкой включения источника света 19 и патроном лампы накаливания 12. Это отделение закрыто выдвижной крышкой 15.

ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

Перед спуском в шахту прибор должен быть подготовлен к работе. Вначале проверяется исправность резиновой груши. Для этого она сжимается рукой, а конец резиновой трубки, которым она присоединяется к прибору, зажимается. Следует проследить, быстро ли расправляется груша в разжатой руке. Резиновая груша пригодна для работы, если она не расправляется или расправляется медленно.

Убедившись в исправности работы груши, проверяют герметичность газовой линии прибора. Для этого резиновую трубку груши надевают на штуцер 1 (см. рис. 21), закрывают плотно пальцем штуцер 5 и сжимают грушу. Если расправление груши будет происходить медленно, то линия герметична. При быстром расжатии груши необходимо найти и устранить неисправность прибора.

Затем прибор устанавливают на «нуль». Для этого газовую и воздушную линии прибора продувают чистым атмосферным воздухом следующим образом: снимают крышку 7 и резиновый колпачок с выходного штуцера 10 воздушной линии и на его место надевают резиновую трубку, прикладываемую в комплект прибора; второй конец трубки надевают на свободный выхлопной штуцер резиновой груши; трубку резиновой груши надевают на штуцер 1 и делают не менее пяти сжатий груши. Это прокачивание допускается только на поверхности чистым атмосферным воздухом. После прокачивания чистым воздухом штуцер 10 необходимо закрыть резиновым колпачком, закрыть крышку и вставить прибор в футляр.

После того как продукты и заполнены чистым атмосферным воздухом воздушная и газовая линии прибора, нужно нажать кнопку 19 и посмотреть в окуляр 2. Видимые в поле зрения окуляра интерференционная картина и шкала могут быть нерезкими.

Улучшение резкости достигается вращением окуляра вправо или влево в зависимости от зрения наблюдателя. Необходимо установить прибор на «нуль», т. е. совместить середину левой черной полосы с нулевой отметкой шкалы, для чего ствертывают резьбовой колпачок, находящийся на боковой стенке прибора, и, наблюдая за положением интерференционной картины, медленно вращают маховичок вправо или влево, добиваясь совмещения середины черной полосы интерференционной картины с нулевым делением шкалы. После установки прибора на «нуль» маховичок закрывают резьбовым колпачком, и прибор готов к работе.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В РУДНИЧНОМ ВОЗДУХЕ

Для определения метана в шахте необходимо произвести не менее пяти сжатий резиновой груши. При этом производится засасывание рудничного воздуха через штуцер 5 поглотительного патрона (см. рис. 21) или резиновую трубку, надетую на этот штуцер.

В последнем случае не нужно тянуться с прибором к кровле выработки. Всасывающую трубку легко просунуть за крепь, к кровле выработки, в шпур, в зарубную щель и т. д. — во все малодступные места, где необходимо проверить содержание метана. Если набранный в прибор воздух содержит метан, то интерференционная картина сместится вправо вдоль отсчетной шкалы.

При наблюдении в окуляр по смещенному положению левой черной полосы интерференционной картины производится отсчет делений шкалы и результат дается с точностью до 0,1%.

Для повторного определения содержания метана предварительной подготовки прибора не требуется, так как при пятикратном прокачивании грушей газовой линии предыдущая проба полностью удаляется из прибора и заменяется новой.

Во время определения концентраций газов в лабораториях, а также при юстировке прибора следует при отклонении от нормальных условий ($t = +20^{\circ}\text{C}$ и $P_0 = 760$ мм рт. ст.) показания прибора приводить к нормальным условиям по формуле

$$P_{\text{пр}} = P \frac{760}{P} \cdot \frac{273 + t}{293},$$

где $P_{\text{пр}}$ — приведенное показание прибора, %; P — показания прибора, %; P — атмосферное давление, мм рт. ст.; t — температура, $^{\circ}\text{C}$.

Например, при $P = 800$ мм рт. ст. и $t = 7^{\circ}\text{C}$ показания прибора по метану $P = 2\%$. Действительное (приведенное) содержание метана

$$P_{\text{пр}} = 2 \frac{760}{800} \cdot \frac{273 + 7}{293} = 1,8\%.$$

Для того чтобы определить содержание углекислого газа в рудничном воздухе, необходимо вначале сделать определение метана указанным выше способом. Затем отвернуть и снять колпачок 4 (см. рис. 21) и снова произвести засасывание в прибор рудничного воздуха резиновой грушей. При этом засасывание в прибор рудничного воздуха будет происходить не через штуцер 1, а через штуцер, находящийся под снятым резьбовым колпачком. Сделать отсчет по шкале нужно так же, как и при определении концентрации метана. Полученный в этом случае отсчет покажет суммарное содержание в воздухе метана и углекислого газа.

Оба определения необходимо делать в одном и том же месте и на одинаковой высоте от почвы выработки.

Вычитая из второго отсчета (суммарного количества метана и углекислого газа) первый отсчет, показывающий только содержание метана, можно получить содержание углекислого газа в рудничном воздухе.

ШАХТНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ШИ-5

Шахтный интерферометр ШИ-5 — переносный прибор периодического действия, предназначенный для раздельного определения концентраций метана и углекислого газа в рудничном воздухе. Общий вид прибора показан на рис. 22.

Отличительной особенностью шахтного интерферометра ШИ-5 является то, что в нем отсутствует электрическая часть. Световой поток, необходимый для создания интерференционной картины, направляется от головного аккумуляторного светильника через специальное окно в корпусе прибора.

Прибор дает правильные показания при изменении температуры окружающей среды от 5 до 35°C и атмосферного давления от 740 до 800 мм рт. ст. с учетом приведения к нормальным условиям.



Рис. 22. Общий вид прибора ШИ-5

Техническая характеристика

Предел измеряемых концентраций, об. %:	
метана	0—6
углекислого газа	0—6
Погрешность прибора при определении концентрации газа в шахте, об. %	±0,3
Основные размеры, мм:	
длина	115
ширина	55
высота	200
Масса прибора, кг:	
без футляра	1,3
с принадлежностями	1,5
Время одного измерения, мин	1

ОПТИЧЕСКАЯ И ГАЗОВАЯ СХЕМЫ

Оптическая схема прибора ШИ-5 приведена на рис. 23.

Свет от светильника проходит через матовую пластину Π , попадает на конденсорную линзу K и параллельным пучком падает на зеркало M , где разделяется на два интерферирующих пучка. Дальнейший ход интерферирующих пучков такой же, как в приборе ШИ-3.

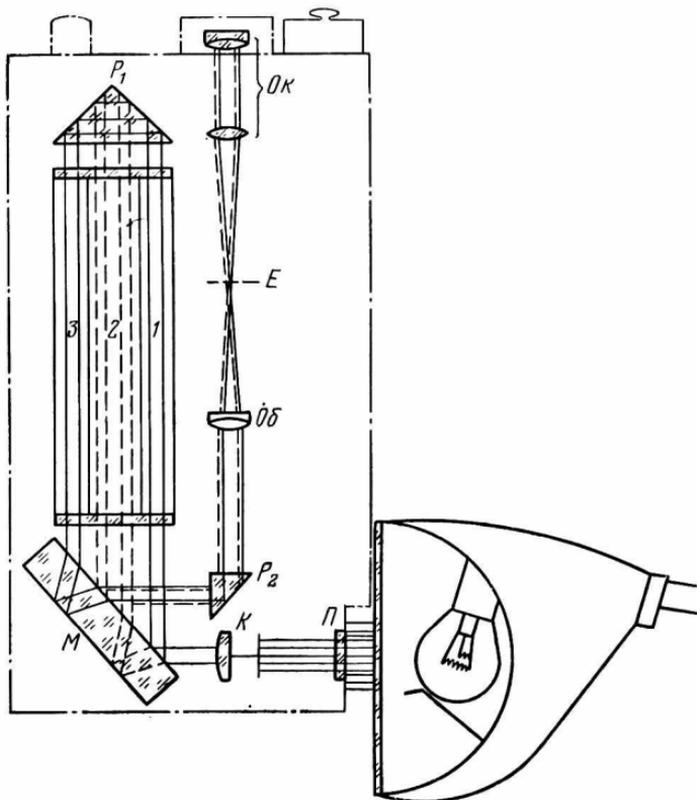


Рис. 23. Оптическая схема прибора ШИ-5

Газовая схема прибора ШИ-5, подготовка его к работе и методика определения концентрации метана и углекислого газа в рудничном воздухе аналогичны прибору ШИ-3.

ШАХТНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ИГА (ШИ-6)

Интерференционный газоанализатор ИГА представляет собой переносный интерферометр и предназначен для определения концентраций метана, углекислого газа и кислорода в рудничном воздухе действующих проветриваемых горных выработок непосредственно в шахте. Общий вид прибора показан на рис. 24.

Отличительная особенность прибора — наличие в нем дополнительной подвижной газовой камеры, позволяющей увеличить чувствительность в момент измерения кислорода, а также верньерного устройства для более точного отсчета концентраций определяемых газов и поглотителя метана — активированного угля.

Прибор дает правильные показания при изменении температуры окружающей среды от +10 до +35°C и атмосферного давления от 740 до 800 мм рт. ст. с учетом приведения к нормальным условиям.

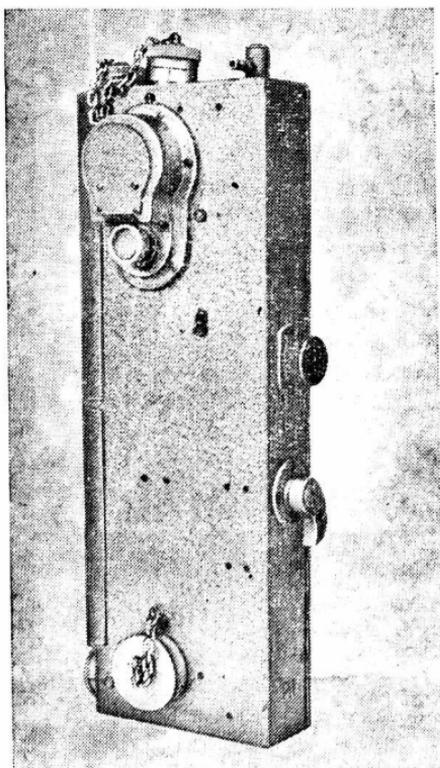


Рис. 24. Общий вид прибора ИГА (ШИ-6)

Техническая характеристика

Предел измеряемых концентраций, об. %:	
метана	0—6
углекислого газа	0—6
кислорода	20,9—5
Допустимая погрешность прибора, об. %:	
по метану и углекислому газу	±0,3
по кислороду:	
при содержании до 2 об. %	
($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$)	±0,3
при содержании 2 до 6 об. %	
($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$)	±0,5
Основные размеры, мм:	
длина	135
ширина	82
высота	320
Масса прибора, кг:	

без футляра	2,2
с футляром	2,4
Исполнение прибора	РИ

ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА

В оптическую схему прибора ИГА (ШИ-6) входят (рис. 25):
лампочка *Л*, конденсорная линза *К*, плоскопараллельная пласти-

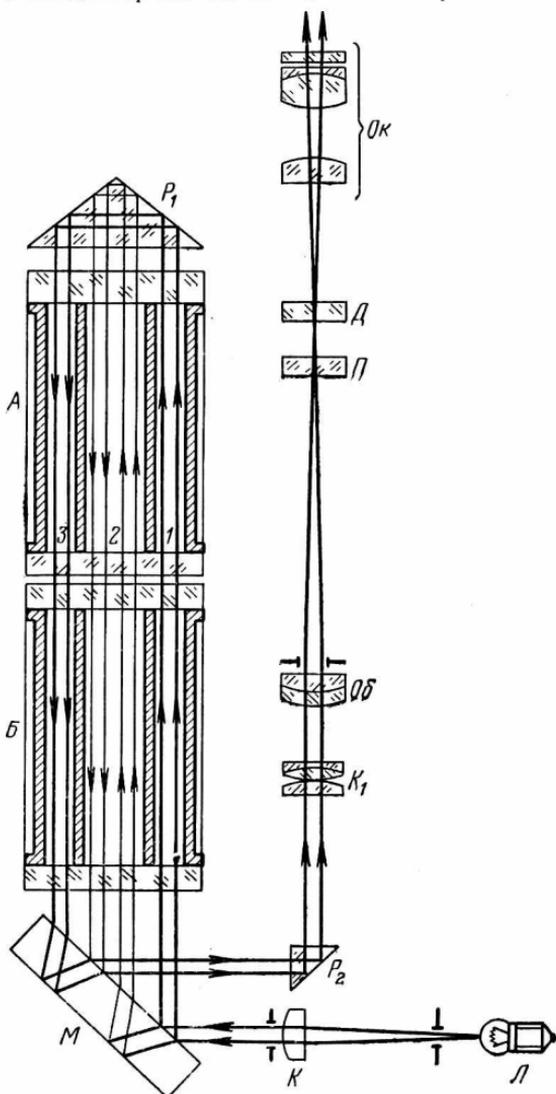


Рис. 25. Оптическая схема прибора ИГА (ШИ-6)

ка (зеркало) M , неподвижная A и подвижная B газовоздушные камеры, имеющие по три сквозные полости — 1 , 2 и 3 , ограниченные плоскопараллельными стеклянными пластинками; призма полного внутреннего отражения P_1 , подвижная призма полного внутреннего отражения P_2 , линзовый компенсатор K_1 , зрительная трубка с объективом Ob и окуляром Ok , плоскопараллельная пластинка Π , щелевая диафрагма D с отсчетными шкалами. Ход лучей в приборе ИГА (ШИ-6) аналогичен ходу лучей в приборе ШИ-3.

При введении подвижной камеры в поток интерферирующих лучей может происходить смещение интерференционной картины вследствие неоднородности стекла плоскопараллельных пластинок, закрывающих полости газовоздушной камеры. Для компенсации этого смещения служит компенсатор K_1 , состоящий из положительной и отрицательной линз с одинаковым фокусным расстоянием. Смещая одну линзу относительно другой, приводим интерференционную картину в нулевое положение.

Подвижная пластинка Π служит для смещения интерференционной картины при точном отсчете с помощью верньера.

В фокальной плоскости зрительной трубки помещена щелевая диафрагма D с отсчетными шкалами. В этой же плоскости наблюдается интерференционная картина через окуляр Ok , как через лупу (с увеличением $6,4\times$).

ГАЗОВЫЕ ЛИНИИ

Схема газовых линий прибора ИГА (ШИ-6) приведена на рис. 26.

Газовая схема состоит из двух герметически обособленных друг от друга линий — газовой и воздушной.

Газовая линия прибора на схеме отмечена точками.

При засасывании в прибор рудничный воздух прежде всего попадает в поглотительный патрон, заполненный ХПИ. Затем газ по соединительной трубке попадает под резьбовой колпачок, где проходит в другую соединительную трубку, по которой попадает в нижнюю часть поглотительного патрона, заполненную гранулированным силикагелем. Далее газ проходит по трубке и попадает в газовые полости 2 газовоздушных камер, откуда через штуцер вновь проходит в атмосферу. Весь этот путь рудничный воздух проходит под действием разрежения в приборе, создаваемого резиновой грушей.

Таким образом, в полости 2 газовоздушных камер попадает смесь метана с воздухом, очищенная от углекислого газа и паров воды. В этом случае определяется концентрация метана в воздухе.

При определении концентрации углекислого газа резьбовой колпачок отвертывается, рудничный воздух засасывается в прибор грушей, минуя поглотитель (ХПИ), и в газовые полости 2 газовоздушных камер попадает смесь метана, углекислого газа и воздуха. В этом случае определяется суммарное содержание этих газов.

Подвижная газовоздушная камера при определении метана и углекислого газа выводится из потока интерферирующих лучей.

КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

Интерференционный газоанализатор ИГА имеет четырехугольной формы корпус δ , закругленный с одной стороны (рис. 27). На

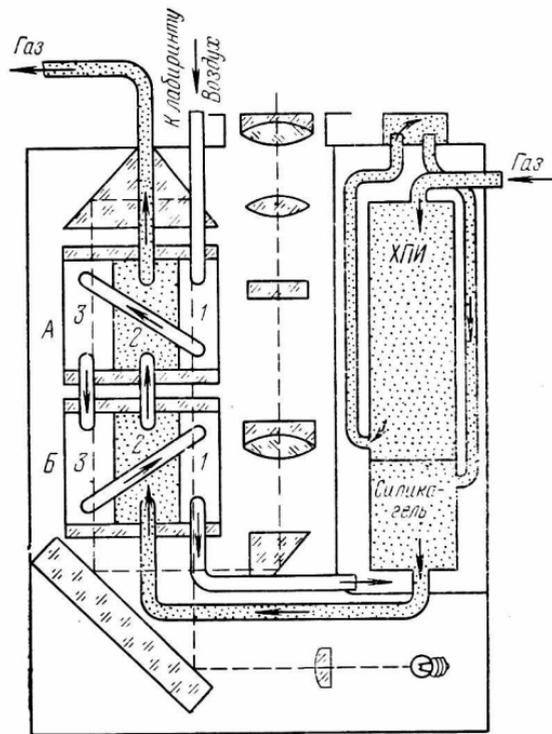


Рис. 26. Газовая схема прибора ИГА (ШИ-6)

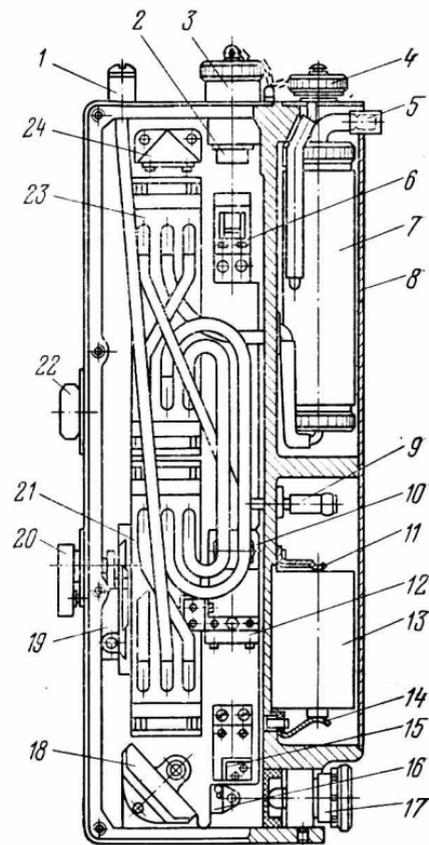


Рис. 27. Устройство прибора ИГА (ШИ-6)

внешней части корпуса расположены: штуцер 1 для присоединения резиновой груши; окуляр 2, закрываемый колпачком 3; резьбовой колпачок (мостик) 4, служащий для выключения фильтра с химическим поглотителем углекислоты; штуцер 5, через который производится набор пробы шахтного воздуха в прибор; патрон 17 с электрической лампой накаливания; переключатель 20 положения подвижной газовой камеры: «СН₄» и «О₂» (надписи «СН₄» и «О₂» нанесены на корпус прибора под переключателем); кнопка 22 для включения источника света. Кроме того, на боковой стенке размещены маховичок (закрытый резьбовым колпачком) для перемещения интерференционной картины в поле зрения окуляра и механизм верньера для отсчета десятых долей при определении содержания О₂.

Внутри корпус прибора разделен на три отделения перегородками.

В первом отделении размещены: мостик 6 с пластинкой, который соединен с механизмом верньера; мостик с объективом 10; компенсатор 12, который крепится к подвижной газовой камере 21; основание с призмой 15; оправа с конденсором 16; мостик с зеркалом 18; устройство 19 для направления движения газовой камеры; неподвижная газовая камера 23 и основание с призмой 24.

Во втором отделении расположен поглотительный патрон 7, который закрепляется в приборе винтом.

В третьем отделении помещается сухой элемент 13 для питания лампочек; контакты 11, 14 и штуцер 9, на который надевается трубка резиновой груши при заполнении воздушной линии чистым атмосферным воздухом.

ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

Перед спуском в шахту прибор должен быть подготовлен к работе.

Вначале производится проверка исправности резиновой груши, затем газовая и воздушная линии продуваются чистым атмосферным воздухом таким же образом, как и в приборе ШИ-3.

После того как продукты и заполнены чистым атмосферным воздухом воздушная и газовая линии прибора, необходимо установить его на «нуль», т. е. совместить середину левой черной полосы интерференционной картины с нулевой отметкой шкалы.

Нулевое деление шкалы верньера при этом должно быть совмещено с неподвижной рисккой, а подвижная газовая камера введена в поток интерферирующих лучей.

После установки прибора на «нуль» маховичок закрывается резьбовым колпачком — прибор к работе готов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА В РУДНИЧНОМ ВОЗДУХЕ

Содержание кислорода в рудничном воздухе определяется в средней части сечения выработки.

Для определения содержания кислорода необходимо переключатель 20 (см. рис. 27) поставить в положение «О₂». Колпачок 4 переходного мостика закрыть. К штуцеру 5 присоединить поглоти-

тельную трубку с активированным углем для адсорбции метана. Сделав 11 сжатий груши для пропуска определенного объема пробы и наблюдая в окуляр при нажатой кнопке, произвести отсчет процентного содержания кислорода в рудничном воздухе. Целое число процента отсчитывается по шкале кислорода, видимой в окуляре, а десятые доли процента — по шкале верньера.

Если левая черная полоса, по которой производится отсчет, находится между двумя штрихами шкалы кислорода, то вращением маховичка верньера против часовой стрелки эту полосу нужно совместить с целым делением шкалы кислорода и произвести отсчет кислорода в целом значении процента, а по шкале верньера — в десятых долях процента.

В тех случаях, когда в рудничном воздухе содержание метана и углекислого газа более 1%, на показания прибора по кислороду необходимо вносить поправку (%) на изменение состава (табл. 2).

Таблица 2

Содержание $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$, %	Поправка на кислород при показаниях прибора, %							
	21—19	18,9—17	16,9—15	14,9—13	12,9—11	10,9—9	8,9—7	6,9—5
1—1,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1,6—2,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
2,6—3,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2
3,6—4,5	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4		
4,6—5,5	1,0	0,9	0,8	0,7				
5,6—6,0	1,2							

Поправка по таблице находится следующим образом: по вертикали найти сумму метана и углекислого газа ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$), а по горизонтали — цифровое значение, равное показанию прибора по кислороду. На пересечении вертикали и горизонтали находится поправка на кислород. Разность между показанием прибора по кислороду и величиной поправки является действительным содержанием кислорода в рудничном воздухе.

Пример. В рудничном воздухе содержится 1,8% CH_4 ; 0,7% CO_2 ; показания прибора по кислороду 19,6%.

Сумма $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2,5\%$. Поправка на кислород (см. табл. 2) составляет 0,4%.

Следовательно, действительное содержание кислорода $19,6 - 0,4 = 19,2\%$.

Поглотительная трубка с активированным углем предназначена для разового определения концентрации кислорода в рудничном воздухе. Повторное использование поглотительной трубки возможно после ее продувки чистым воздухом на поверхности или на входящей струе, не содержащей метана.

Для удобства пользования прибором необходимо брать с собой в шахту пять нумерованных поглотительных трубок с активированным углем, с помощью которых можно произвести пять определений содержания кислорода в рудничном воздухе без выхода на свежую струю.

При определении концентрации кислорода, кроме поправки на изменение состава, показания прибора необходимо приводить к следующим условиям:

$$t = 20^{\circ} \text{C} \text{ и } P = 760 \text{ мм рт. ст.}$$

Формула приведения по шкале кислорода:

$$P_{\text{пр}} = 20,9 - \Delta P_{\text{пр}};$$

$$\Delta P_{\text{пр}} = (20,9 - P) \cdot \frac{760}{P} \cdot \frac{273 + t}{293},$$

где $P_{\text{пр}}$ — приведенное показание прибора; $\Delta P_{\text{пр}}$ — приведенная разность по шкале кислорода; P — показания прибора по кислороду; P — атмосферное давление во время определения; t — температура, $^{\circ}\text{C}$.

Пр и м е р. При $P=710$ мм рт. ст. и $t=7^{\circ}\text{C}$ показания прибора по кислороду $P=15,4\%$ O_2 , тогда

$$\Delta P_{\text{пр}} = (20,9 - 15,4) \cdot \frac{760}{710} \cdot \frac{273 + 7}{293} = 5,6\%.$$

Следовательно, действительное содержание кислорода $P_{\text{пр}}=20,9-5,6=15,3\%$ O_2 .

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В РУДНИЧНОМ ВОЗДУХЕ

Перед определением содержания метана отсоединяется от прибора трубка с активированным углем, переключатель 20 (см. рис. 27) становится в положение « CH_4 », а нулевое деление шкалы верньера совмещается с неподвижной риской.

После пяти сжатий резиновой груши проба воздуха через штуцер 5 или резиновую трубку, надетую на этот штуцер, засасывается в прибор. Нажав кнопку 22, производят отсчет содержания метана по шкале CH_4 .

Для определения содержания углекислого газа в рудничном воздухе необходимо вначале сделать определение концентрации метана указанным выше способом, затем отвернуть колпачок 4 и снова произвести засасывание воздуха в прибор, сжимая грушу пять раз. Сделать отсчет по шкале так же, как и при определении концентрации метана.

Вычитая из второго отсчета первый, получим содержание углекислого газа в рудничном воздухе.

ШАХТНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ШИ-7

Шахтный интерферометр ШИ-7 (рис. 28) представляет собой переносный интерферометр, который предназначен для определения высоких концентраций метана и углекислого газа в рудничном воздухе непосредственно в горных выработках угольных шахт и в газопроводе дегазационных установок.

Прибор дает правильные показания при изменении температуры окружающей среды от $+5$ до $+35^{\circ}\text{C}$ и атмосферного давления от 740 до 800 мм рт. ст.

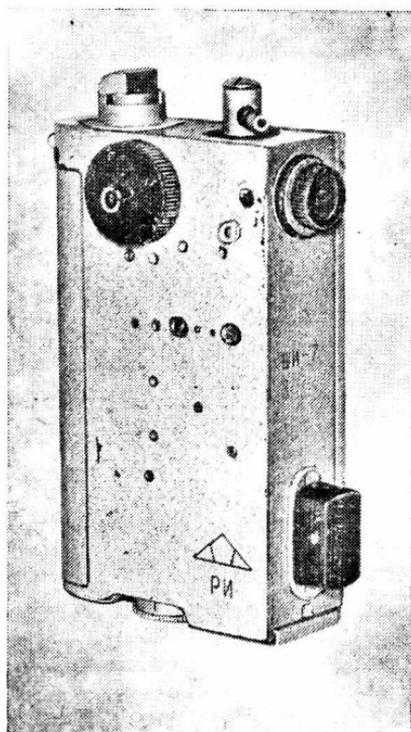


Рис. 28. Общий вид прибора ШИ-7

Техническая характеристика

Предел измеряемых концентраций, об. %:	
метана	0—100
углекислого газа	0—100
Цена деления шкалы, об. %	5
Допустимая суммарная погрешность, об. %:	
метана (при содержании углекислого газа в рудничном воздухе не более 2 об. %)	$\pm 2,5$
углекислого газа (при условии применения поправочного множителя 0,95)	$\pm 2,5$
Основные размеры, мм:	
длина	105
ширина	45
высота	165
Масса прибора без футляра, кг	0,9
Исполнение прибора	РИ
Время одного измерения, мин	1

ОПТИЧЕСКАЯ И ГАЗОВАЯ СХЕМЫ

Общая схема хода лучей в приборе (рис. 29) следующая. Свет от лампы накаливания L проходит через конденсорную линзу K и, отразившись от верхней посеребренной грани зеркала Z_1 , параллельным пучком падает на зеркало Π , где пучок света разлагается на два интерферирующих пучка. Первый пучок света, отразившись от верхней грани зеркала, проходит через боковую полость 1 газовой камеры.

Второй пучок света, отразившись от нижней грани зеркала, проходит через полость 2 газовой камеры. Далее оба пучка света попадают на призму P_2 и, дважды отразившись от ее катетных граней, поворачивают на 180° и проходят через полости 2 и 3 газовой камеры. Полости 1 и 3 заполняются чистым атмосферным воздухом, а полость 2 — пробой рудничного воздуха.

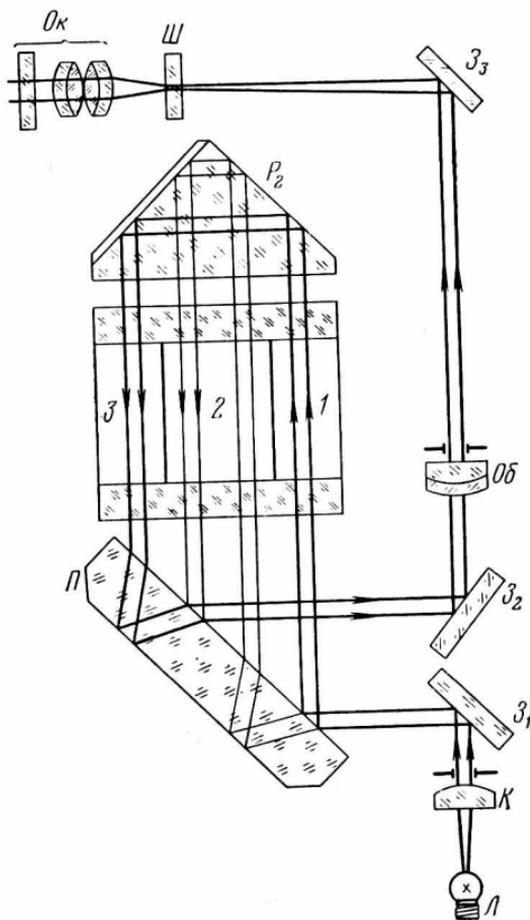


Рис. 29. Оптическая схема прибора ШИ-7

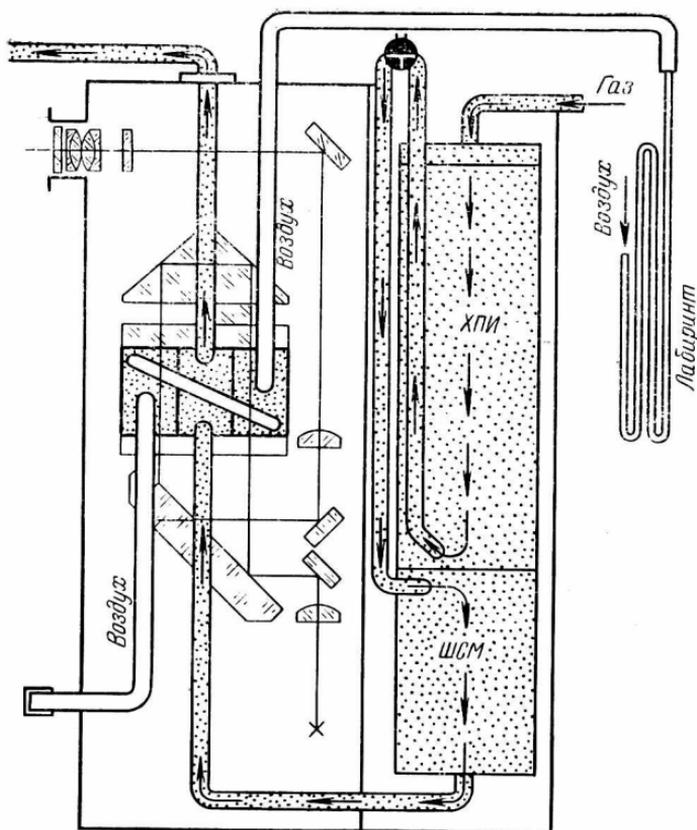


Рис. 30. Газовая схема прибора ШИ-7

Оба пучка света, выйдя из камеры, попадают на зеркало P и, отразившись от его верхней и нижней граней, сходятся в один световой пучок, который, отразившись от верхней посеребренной грани зеркала Z_2 , отклоняется под прямым углом и попадает в объектив зрительной трубки $Об$. Далее пучок света падает на подвижное зеркало Z_3 , которое поворачивает пучок света под прямым углом и дает возможность перемещать интерференционную картину вдоль отсчетной шкалы и устанавливать ее в нулевое положение.

В фокальной плоскости зрительной трубки помещена щелевая диафрагма с отсчетной шкалой $Ш$. В этой же плоскости наблюдается интерференционная картина через окуляр $Ок$, как через лупу, с увеличением в 25,4 раза.

Газовая схема прибора (рис. 30) состоит из двух герметически обособленных друг от друга линий: газовой и воздушной.

В газовую линию прибора входят: распределительный кран, поглотительный патрон, газовая полость газовой камеры и

соединительные резиновые трубки. В воздушную линию входят: лабиринт, воздушные полости газовой камеры и соединительные резиновые трубки.

При определении метана распределительный кран ставится в положение «СН₄», проба рудничного воздуха попадает через входной штуцер и распределительный кран в ту часть поглотительного патрона, которая заполнена ХПИ. Затем воздух по соединительной трубке попадает в другую часть поглотительного патрона, заполненную гранулированным силикагелем (ШСМ).

Далее газ проходит по трубке и попадает в газовую полость газовой камеры, откуда через штуцер выходит в атмосферу.

Таким образом, в газовую полость газовой камеры попадает смесь метана с воздухом, очищенная от углекислого газа и паров воды. В этом случае определяется концентрация метана в воздухе.

При определении концентрации углекислого газа распределительный кран устанавливается в положение «СО₂», рудничный воздух засасывается через входной штуцер в прибор резиновой грушей, минуя поглотитель. В газовую полость газовой камеры попадает смесь метана, углекислого газа и воздуха. В последнем случае, благодаря практически одинаковым оптическим свойствам метана и углекислого газа, определяется суммарное содержание этих газов в рудничном воздухе. Вычитая из второго отсчета первый и умножая разность на поправочный коэффициент 0,95, получим содержание углекислого газа в рудничном воздухе.

Воздушная же линия (лабиринт, полости газовой камеры) заполняется чистым атмосферным воздухом, который служит основой для сравнения изменений показателя преломления рудничного воздуха.

КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

Шахтный интерферометр ШИ-7 (рис. 31) имеет металлический корпус прямоугольной формы, с наружной стороны на нем размещены: окуляр 1, штуцер 2 для подсоединения резиновой груши, распределительный кран 3 со штуцером 4, пат-

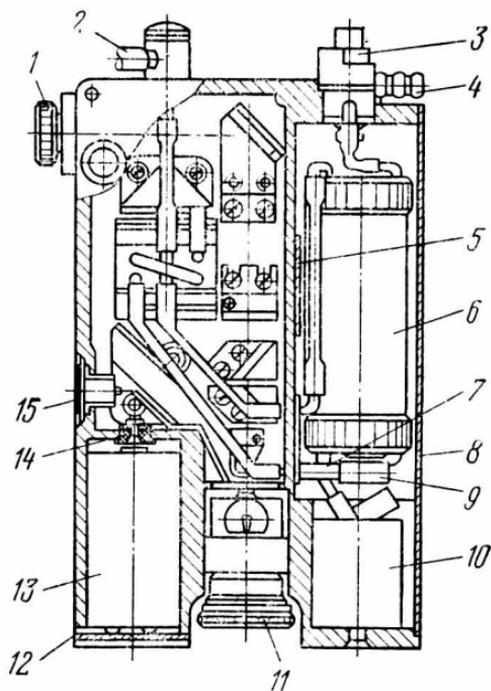


Рис. 31. Устройство прибора ШИ-7

рон 11 с лампой накаливания, кнопка 15 для включения источника света и проводок для перемещения интерференционной картины.

Внутри корпус прибора разделен перегородками на три отделения: в первом размещены все оптические детали, во втором находится поглотительный патрон 6, который крепится пружиной 5 и здесь же укладывается лабиринт 10, представляющий собой катушку с намотанной на ней трубкой из полихлорвинила. Между патроном и лабиринтом находится штуцер 7, закрытый резиновым колпачком 9. На этот штуцер надевается трубка резиновой груши при заполнении воздушной линии чистым атмосферным воздухом. Отделение с поглотительным патроном закрывается крышкой 8. В третьем отделении корпуса прибора помещается сухой элемент 13 для питания лампочки. Один контакт сухого элемента замыкается на корпус прибора, а другой через изолированный контакт 14 соединен проводами с кнопкой включения 15. Это отделение прибора закрывается выдвижной крышкой 12.

ШАХТНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ШИ-8

Шахтный интерферометр типа ШИ-8 представляет собой переносный прибор, который предназначен для определения концентраций метана и углекислого газа в рудничном воздухе действующих проветриваемых горных выработок шахт.

Техническая характеристика

Предел измеряемых концентраций, об. %:	
метана	0—6
углекислого газа	0—6
Погрешность прибора при определении концентрации газа в шахте, об. %	$\pm 0,2$
Основные размеры, мм:	
длина	100
ширина	75
высота	175
Масса прибора без футляра, кг	0,9
Выполнение прибора	РИ
Время одного измерения, мин	1

Прибор дает правильные показания при изменении температуры окружающей среды от +5 до +35°C и атмосферного давления от 740 до 800 мм рт. ст.

ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА

Общая схема лучей (рис. 32) в приборе следующая: свет от лампочки *Л* проходит через конденсорную линзу *К* и параллельным пучком падает на зеркало *З*, где пучок света разлагается на два интерферирующих луча.

Первый пучок, отразившись от верхней грани зеркала *З*, проходит по полости *1* газовой воздушной камеры и попадает на зеркальную полосу, нанесенную на призме *П*₁. Отразившись от нее, луч света вновь проходит по полости *1* газовой воздушной камеры и попадает на зеркальную полосу, нанесенную на пластинке *П*. Отразив-

шись от зеркальной полосы, луч света третий раз проходит по полости 1 газовой камеры и попадает на призму Π_1 . Дважды отразившись от катетных граней призмы Π_1 , луч света проходит через полость 3 газовой камеры и попадает на зеркальную полосу, нанесенную на пластинке Π . Отражившись от нее, луч света вторично проходит по полости 3 газовой камеры и попадает на зеркальную полосу, нанесенную на призму Π_1 . Отражившись от зеркальной полосы, луч света третий раз проходит по полости 3 газовой камеры и попадает на зеркальную полосу, нанесенную на пластинке Π . Отражившись от нижней посеребренной грани зеркала 3, проходит по полости 2 газовой камеры и попадает на зеркальную полосу, нанесенную на призму Π_1 . Отражившись от нее, луч света вновь проходит по полости 2 газовой камеры и попадает на зеркальную полосу, нанесенную на пластинке Π . Отражившись от зеркальной полосы, луч света третий раз проходит по полости 2 газовой камеры и попадает на призму Π_1 . Отражившись от катетных граней призмы Π_1 , луч света четвертый раз проходит по полости 2 и попадает на зеркальную полосу пластины Π . Отражившись от нее, луч света пятый раз проходит по полости 2 и попадает на зеркальную полосу призмы Π_1 . Отражившись от нее, луч света шестой раз проходит через полость 2 газовой камеры. Оба луча света, выйдя из газовой камеры, вновь попадают на зеркало 3 и, отразившись от его верхней и нижней граней, сходятся в один световой пучок, который зеркалом 3 отклоняется под прямым углом и попадает в объектив Об.

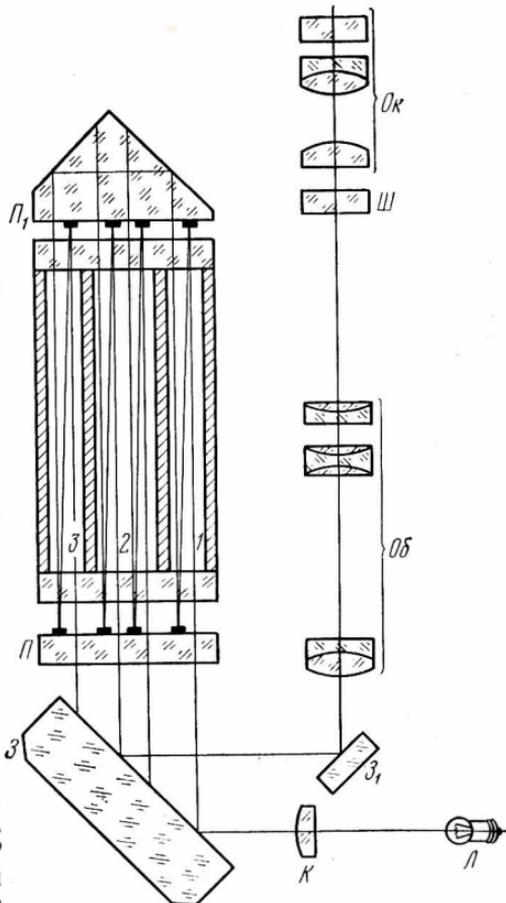


Рис. 32. Оптическая схема прибора ШИ-8

Верхняя линза объектива выполнена подвижной, что дает возможность перемещать интерференционную картину вдоль отсчетной шкалы и устанавливать ее в нулевое положение. Выйдя из объектива, пучок света проходит через щелевую диафрагму с отсчетной шкалой Ш и попадает в окуляр Ок, через который наблюдается интерференционная картина.

За счет шестикратного прохождения интерферирующих лучей по газоздушным средам увеличена оптическая длина хода лучей при меньших размерах газоздушной камеры прибора по сравнению с размерами газоздушной камеры прибора ШИ-3.

Газовая схема прибора ШИ-8 аналогична схеме прибора ШИ-7.

КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

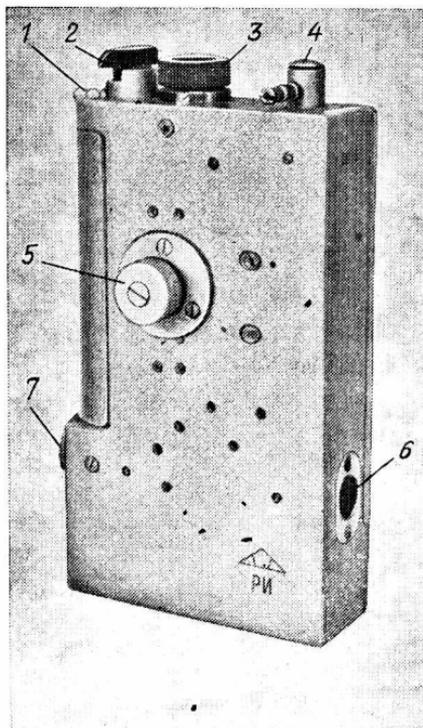


Рис. 33. Общий вид прибора ШИ-8

Шахтный интерферометр ШИ-8 имеет литой силуминовый корпус, в котором смонтированы все детали прибора. Общий вид прибора без футляра показан на рис. 33. На корпусе прибора размещены: штуцер 1 для засасывания в прибор рудничного воздуха, распределительный кран 2, окуляр 3, штуцер 4 (с фильтром), на который надевается трубка резиновой груши, маховичок 5 для перемещения интерференционной картины в поле зрения окуляра, кнопка 6 включения лампочки, патрон 7 лампочки.

В верхней части корпуса размещаются оптические детали прибора, в нижней — лабиринт, представляющий собой катушку с намотанной на ней трубкой из полихлорвинила. Здесь же помещается сухой элемент для питания лампочки. Эта часть прибора закрывается выдвижной крышкой. Слева корпуса прибора размещен поглотительный патрон.

ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ

Содержание метана и углекислого газа в шахте определяется прибором ШИ-8 после предварительной проверки на поверхности исправности резиновой груши, прокачивания газовой и воздушной линий чистым атмосферным воздухом и установки прибора в исходное нулевое положение путем совмещения середины левой черной полосы интерференционной картины с нулевой отметкой шкалы.

При измерении метана распределительный кран ставится в положение « CH_4 » и в результате трехкратного сжатия резиновой

груши газовая смесь проходит в прибор, освобождается от углекислого газа и паров воды. Затем нажимается кнопка включения лампочки и производится отсчет процентного содержания метана по смещенному положению интерференционной картины и шкале, видимой в окуляре.

Для определения концентрации метана в другом месте или для повторения определения никакой предварительной подготовки прибора не требуется, так как при трехкратном прокачивании грушей газовой линии предыдущая проба воздуха полностью удаляется из прибора и заменяется новой.

Для определения содержания углекислого газа в рудничном воздухе распределительный кран ставится в положение «СО₂» и рудничный воздух, как и при определении метана, прокачивается в прибор. При этом рудничный воздух попадает в отделение поглотительного патрона, заполненное силикагелем, где проба воздуха очищается от паров влаги и угольной пыли. В этом случае в полость газозадушной камеры попадает газовая смесь, содержащая метан и углекислый газ. Далее необходимо сделать отсчет по шкале так же, как и при определении концентрации метана.

Полученный в этом случае отсчет покажет суммарное содержание в воздухе метана и углекислого газа (СН₄+СО₂). Оба эти определения необходимо делать в одном и том же месте и на одинаковой высоте от почвы выработки.

Вычитая из второго отсчета первый отсчет, показывающий только содержание метана, получим содержание углекислого газа в рудничном воздухе.

ШАХТНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ШИ-10

Шахтный интерферометр ШИ-10 представляет собой переносный прибор, который предназначен для определения концентраций метана и углекислого газа в рудничном воздухе действующих проветриваемых горных выработок шахт. Прибором могут пользоваться вентиляционный надзор и работники добычных участков для контроля за рудничной атмосферой.

Техническая характеристика

Предел измеряемых концентраций, об. %:	
метана	0—6
углекислого газа	0—6
Погрешность прибора при $t = 20^{\circ} \text{C}$ и $P = 760$	
мм рт. ст., об. %	$\pm 0,2$
Основные размеры, мм:	
длина	108
ширина	55
высота	184
Масса прибора, кг:	
с футляром	1,6
без футляра	1,35
Исполнение прибора	РО, И
Время одного измерения, мин	1

Прибор дает правильные показания при изменении температуры окружающей среды от -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$ и атмосферного дав-

ления от 720 мм до 800 мм рт. ст. с учетом приведения к нормальным условиям.

ОПТИЧЕСКАЯ И ГАЗОВАЯ СХЕМЫ

В оптическую схему прибора (рис. 34 и 35) входят: лампа накаливания L ; конденсорная линза K ; плоскопараллельная пластина (зеркало) $З$, подвижная газозоудная камера A , имеющая три сквозные полости $1, 2$ и 3 , ограниченные плоскопараллельными стеклянными пластинками 4 ; призмы полного внутреннего отражения $П$ и $П_1$; зеркало $З_1$, зрительная трубка с объективом $Об$ и окуляром $Ок$; щелевая диафрагма со шкалой $Ш$.

На рис. 34 показан ход лучей при определении содержания метана или углекислого газа. В этом случае свет от лампы накаливания L проходит через конденсорную линзу K и параллельным пучком падает на зеркало $З$, где пучок света разлагается на два интерферирующих луча.

Первый луч света отражается верхней гранью зеркала $З$, проходит по полостям 1 и 3 газозоудной камеры, которые заполнены чистым атмосферным воздухом, отражается призмой $П$ и

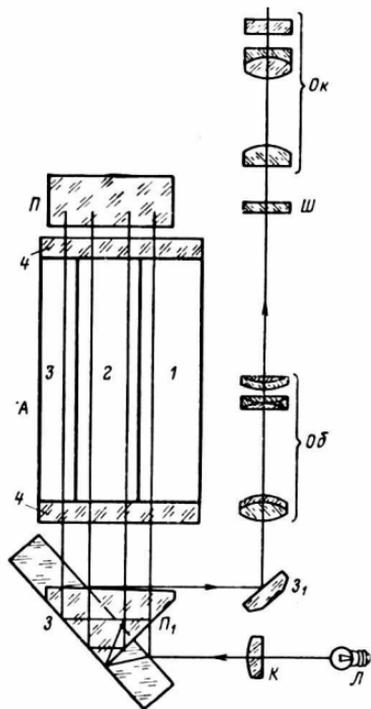


Рис. 34. Оптическая схема прибора ШИ-10 при определении содержания метана

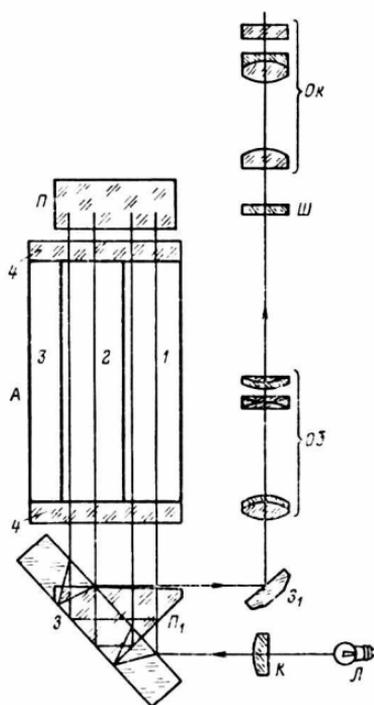


Рис. 35. Оптическая схема прибора ШИ-10 при установке и проверке нулевого положения

P_1 и после двукратного прохождения по полостям 1 и 3 выходит из камеры.

Второй луч света, отразившись от нижней посеребренной грани зеркала 3 и преломившись на его верхней грани, проходит через полость 2 газовой камеры, заполненной рудничным воздухом, после отражения призмами P и P_1 и четырехкратного прохождения полости 2 выходит из нее.

Оба луча света, выйдя из камеры, попадают на зеркало 3 и отраженные его верхней гранью сходятся в один световой пучок, который зеркалом 3_1 отклоняется под прямым углом и направляется в объектив $Об$. Выйдя из объектива $Об$, пучок света проходит через щелевую диафрагму с отсчетной шкалой $Ш$ в окуляре $Ок$, через который наблюдается интерференционная картина. При этом интерферирующие лучи проходят через разные газозвушнные среды, в результате чего происходит смещение интерференционной картины, которое пропорционально концентрации газа.

На рис. 35 показан ход лучей при установке и проверке нулевого положения интерференционной картины. В этом случае свет от лампы $Л$ проходит через конденсорную линзу $К$ и параллельным пучком падает на зеркало 3 , где пучок света разделяется на два интерферирующих луча.

Оба луча света, отразившись от верхней и нижней граней зеркала, дважды проходят через полости 1 и 2 газозвушной камеры в результате отражения катетными гранями призм P и P_1 .

Затем оба луча света попадают на зеркало 3 , отражаются его нижней и верхней гранями и сходятся в один световой пучок, который зеркалом 3_1 отклоняется под прямым углом и направляется в объектив $Об$. Верхняя линза объектива выполнена подвижной, что дает возможность перемещать интерференционную картину вдоль отсчетной шкалы и устанавливать ее в нулевое положение.

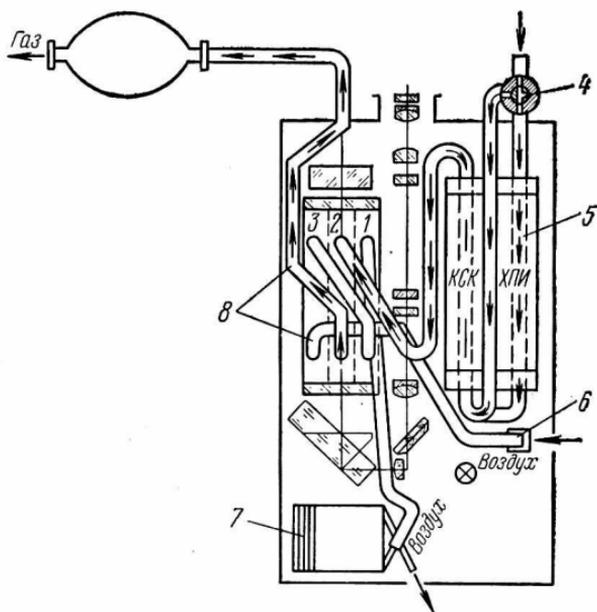


Рис. 36. Газовая
схема прибора
ШИ-10

Выйдя из объектива *Об*, пучок света проходит через щелевую диафрагму с отсчетной шкалой *Ш* и попадает в окуляр *Ок*. В этом случае на пути интерферирующих лучей находятся полости *1* и *2* газовой камеры. Так как оптическая длина пути обоих интерферирующих лучей света одинакова независимо от того, будет в газовой полости *2* газовой камеры воздух или газ, интерференционная картина смещаться не будет, т. е. остается в исходном нулевом положении.

Газовоздушная схема прибора (рис. 36) состоит из двух обособленных друг от друга линий — газовой и воздушной.

В газовую линию прибора входят: распределительный кран *4*, предназначенный для изменения направления движения газовой смеси в зависимости от определяемого газа (метан или углекислый газ); поглотительный патрон *5*, разделенный на две продольные части. Одна часть патрона заполняется химическим поглотителем известковым (ХПИ) для поглощения углекислого газа из газовой смеси, другая часть — гранулированным силикагелем марок КСК или КСМ для поглощения паров воды. Обе части поглотительного патрона имеют фильтры для улавливания пыли. Кроме того, имеются соединительные трубки *8* и газовая полость *2* газовой камеры.

В воздушную линию прибора входят: штуцер *6*, соединительные трубки *8*, воздушные полости *1* и *3* газовой камеры и лабиринт *7*, который предназначен для поддержания в воздушной линии прибора давления, равного атмосферному, и для сохранения чистого атмосферного воздуха.

При измерении метана рудничный воздух через распределительный кран попадает в отделение поглотительного патрона, заполненное ХПИ. Затем рудничный воздух, очищенный от углекислого газа, по соединительной трубке попадает в отделение поглотительного патрона, заполненное силикагелем.

Далее рудничный воздух, очищенный от углекислого газа, паров воды и пыли, попадает в полость *2* газовой камеры, откуда через резиновую грушу выходит в атмосферу.

При измерении углекислого газа рудничный воздух через распределительный кран и соединительную трубку попадает в отделение поглотительного патрона, заполненное силикагелем. Очищенный от влаги и пыли рудничный воздух попадает в полость *2* газовой камеры.

КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

Шахтный интерферометр ШИ-10 (рис. 37) имеет литой из силумина корпус прямоугольной формы. На корпусе прибора размещены: штуцер *1* для засасывания в прибор рудничного воздуха; распределительный кран *2*; окуляр *3*; штуцер *4*, на который надевается трубка резиновой груши; микровинт *5* для перемещения интерференционной картины в поле зрения окуляра; переключатель *6* для перемещения газовой камеры в положение «И» — измерение и «К» — контроль (надписи «И» и «К» нанесены на корпус прибора); кнопка включения лампы *7*; патрон с лампой *8*.

Внутри корпус прибора разделен на три отделения (рис. 38).

В первом помещаются: подвижная газоваздушная камера *18*; которая прижимается пружиной *19* и перемещается по направля-

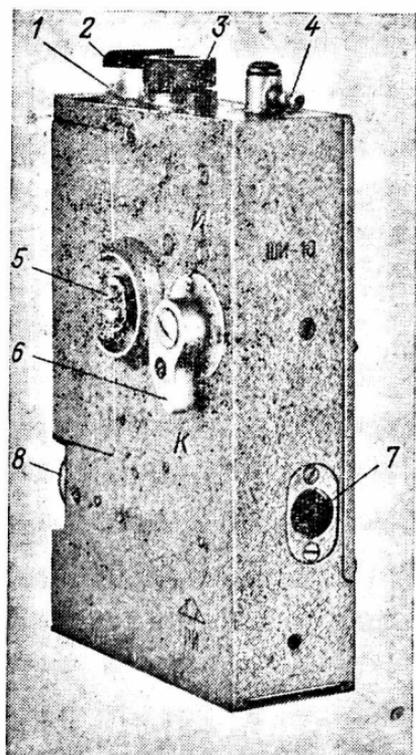


Рис. 37. Общий вид прибора ШИ-10

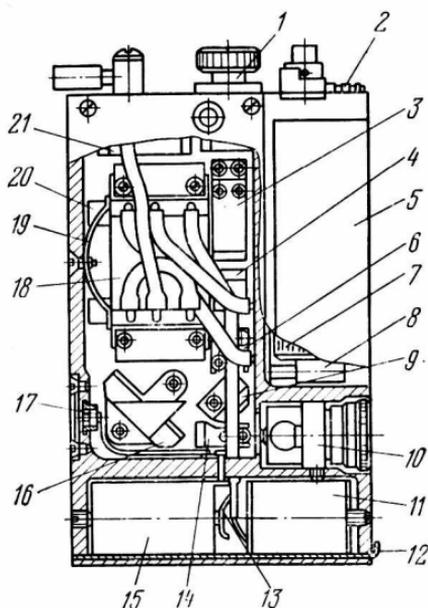


Рис. 38. Устройство прибора ШИ-10

ющим пластинам 20; кронштейн с призмой 21; линза объектива в оправе и на кронштейне 3, которая выполнена подвижной и соединена с микровинтом, расположенным на корпусе прибора; линза объектива в оправе 4; объектив в оправе 6; зеркало на кронштейне 9; конденсор в оправе 14; мостик с зеркалом и призмой 16; штуцер для засасывания рудничного воздуха 2; окуляр 1.

Во втором отделении помещается поглотительный патрон 7 и штуцер воздушной линии 8, который закрыт резиновым колпачком. Отделение с поглотительным патроном закрывается крышкой 5.

В третьем отделении помещается лабиринт 11, представляющий собой катушку с намотанной на ней трубкой из полихлорвинила, и сухой элемент 15 для питания лампочки.

Один контакт сухого элемента замыкается на корпус прибора, а другой через изолированный контакт 13 соединен проводами с кнопкой включения 17. Это отделение прибора закрывается выдвигной крышкой 12. Между отделением с поглотительным патроном и нижним отделением помещен электрический патрон 10 с лампой накаливания.

ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

Перед спуском в шахту прибор должен быть подготовлен к работе, для чего необходимо трубку резиновой груши надеть на штуцер 4 (см. рис. 37), открыть крышку отделения с поглотительным патроном, снять резиновый колпачок со штуцера и на его место надеть резиновую трубку, входящую в комплект прибора. Другой конец резиновой трубки нужно надеть на выхлопной штуцер резиновой груши и сделать 5—6 сжатий груши. После прокачивания чистым воздухом воздушной и газовой линий штуцер воздушной линии следует закрыть резиновым колпачком, нажать кнопку включения лампы накаливания и посмотреть в окуляр. Если интерференционная картина и шкала окажутся нечеткими, вращением окуляра необходимо навести их на резкость и установить в исходное нулевое положение.

Для этого нужно переключатель 6 положения газовой камеры поставить в положение «К» и, наблюдая в окуляр за положением интерференционной картины, медленным вращением микровинта 5 добиться совмещения левой черной полосы интерференционной картины с нулевой отметкой шкалы. Затем поставить переключатель 6 в положение «И» и прибор готов для определения концентрации газа.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В РУДНИЧНОМ ВОЗДУХЕ

Перед определением концентрации газа периодически производится проверка и в случае необходимости корректировка нулевого положения интерференционной картины прибора непосредственно в горных выработках шахты. Для этого переключатель 6 (см. рис. 37) ставится в положение «К» и проверяется «нуль» прибора. Если интерференционная картина сместилась относительно нулевой отметки шкалы, то с помощью микровинта 5 можно установить ее на «нуль». Затем переключатель 6 ставится в положение «И», производится определение метана или углекислого газа.

При определении метана в шахте распределительный кран 2 ставится в положение CH_4 и путем трех сжатий резиновой груши рудничный воздух через штуцер 1 прокачивается в прибор. Если набранный в прибор рудничный воздух содержит метан, то интерференционная картина сместится вправо вдоль шкалы. По величине смещения интерференционной картины производится отсчет процентного содержания метана. При определении содержания углекислого газа в рудничном воздухе необходимо распределительный кран 2 поставить в положение CO_2 и тремя сжатиями резиновой груши прокачать рудничный воздух в прибор.

Полученный в этом случае отсчет покажет суммарное содержание в рудничном воздухе метана и углекислого газа. Разница между вторым и первым отсчетом составляет процентное содержание углекислого газа в рудничном воздухе. При определении концентрации углекислого газа определение метана необходимо делать на одинаковой высоте от почвы выработки.

Для повторного определения концентрации газа предварительной подготовки прибора не требуется, так как при трехкратном прокачивании грушей газовой линии предыдущая проба удаляется из прибора и заменяется новой.

РЕМОНТ ШАХТНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА

В процессе эксплуатации шахтных интерферометров возникают неисправности, в результате чего показания приборов могут существенно отличаться от действительных концентраций компонентов газовой смеси.

Причины появления неисправностей и повышенных погрешностей интерферометров весьма разнообразны.

Как установлено практикой, большинство интерферометров, находящихся в обращении, нуждается только в мелком или среднем ремонте и незначительная часть приборов требует капитального ремонта.

Под мелким ремонтом принято понимать устранение незначительных неисправностей, не связанных со вскрытием оптической части приборов. При среднем ремонте требуется вскрытие оптической части приборов для чистки оптических деталей и юстировки приборов.

При капитальном ремонте интерферометров производится замена отдельных деталей и узлов приборов. Ремонт шахтных интерферометров производится в шахтных и специальных ремонтных мастерских. В шахтных ремонтных мастерских производится мелкий ремонт приборов, а в специальных ремонтных мастерских — средний и капитальный. Ремонт шахтных интерферометров в шахтных и специальных ремонтных мастерских разрешается производить лицам, прошедшим специальное обучение и имеющим соответствующее удостоверение на право ремонта.

Помещение шахтной мастерской должно состоять из трех комнат. Одна комната предназначается для приемки, выдачи и хранения приборов, вторая — для проверки и ремонта и третья — для хранения резервных приборов и запасных частей.

Помещение мастерской должно иметь хорошее естественное и искусственное освещение, вентиляцию и необходимое оборудование.

Приборы мастерской хранятся на специальных стеллажах с ячейками. Численность работников шахтной мастерской должна определяться из расчета 120—150 приборов на одного слесаря. Помещение мастерской должно находиться вблизи ламповой, но не иметь прямого выхода в ламповую. Выдают и принимают приборы через специальное окно.

В мастерской шахты производят все виды ремонта интерферометров, не требующих вскрытия оптической части:

- ремонт поглотительных патронов;
- разборку и регулировку маховичка, служащего для перемещения интерференционной картины в поле зрения окуляра;
- проверку исправности электрической цепи и ремонт кнопки включения (без вскрытия оптической части);
- ремонт распределительного крана;
- проверку и ремонт резиновой груши;
- замену и перезарядку поглотительных патронов;
- замену и регулировку лампы накаливания;
- замену сухого элемента;

продувку газовой и воздушной линий чистым атмосферным воздухом и установку прибора на «ноль»;

проверку точности показаний приборов.

Каждый интерферометр, находящийся в обращении, должен не реже одного раза в неделю проверяться на точность показания в шахтной ремонтной мастерской и не реже одного раза в два года в специальной ремонтной мастерской. Результаты проверки приборов должны заноситься в специальный журнал по следующей форме.

Шахтный интерферометр типа _____ заводской № _____

Дата выпуска _____

Ф. и. о. _____ рабочий номер _____
(за кем закреплен прибор)

Профессия _____ дата закрепления прибора _____

Дата проверки	Проведена продувка воздушной линии	Заменен поглотительный патрон	Погрешность прибора по метрическому способу, %	Погрешность прибора по контрольной газовой смеси, %	Заключение о годности прибора	Фамилия и подпись лица, производившего проверку	Дата проверки прибора в специальных мастерских	Замечания главного инженера шахты и начальника ПВС

Специальные ремонтные мастерские должны иметь разрешение от Государственной контрольной лаборатории по измерительной технике на право ремонта интерферометров со вскрытием оптической части.

Мастерские должны быть расположены в удобном и достаточном для данного объема работ помещении. Рекомендуется, чтобы помещение специальной ремонтной мастерской состояло не менее чем из трех комнат.

Одна комната (размер этой комнаты должен быть не менее 12 м²) предназначается для приемки и выдачи приборов, поступающих на ремонт, вторая — для ремонта (размер этой комнаты определяется из расчета не менее 5 м² на одного работника), третья размером не менее 15 м² — для тарировки и испытания приборов. В помещении, предназначенном для ремонта и проверки приборов, не должно быть паров бензина, табачного дыма, продуктов горения и т. п. Помещение должно иметь хорошее естественное освещение и вентиляцию. В комнате для тарировки и испытаний

приборов необходимо поддерживать температуру воздуха $20 \pm 5^\circ\text{C}$ и влажность 60—80%.

Освещенность каждого рабочего места должна быть не менее 75—100 лк.

В специальной ремонтной мастерской необходимо иметь следующее основное оборудование: рабочие столы, шкафы, пылесос, стеллажи для хранения приборов, виброустановку, газовую камеру, настольный токарный и сверлильный станки, настольные и слесарные тиски, наборы слесарного инструмента, прибор МППИ-1 (манометрический прибор для проверки интерферометров), психрометр, термометр и др.

В организации и проведении ремонта приборов существенное значение имеет подготовка рабочего места, которое состоит из рабочего стола и вспомогательных приспособлений.

В качестве рабочего стола лучше всего использовать обыкновенный однотумбовый или двухтумбовый прочный устойчивый стол. Выдвижные ящики стола оборудуются специальными отделениями для хранения различных деталей, инструмента, материалов и т. д. Стол ставят против окон. К столу должна быть подведена электропроводка для включения местного освещения и электроинструмента.

Каждый слесарь должен иметь набор необходимого инструмента: отвертки нормальные часовые, пинцеты, ножницы, плоскогубцы, круглогубцы, кусачки, бокорезы, паяльник, набор надфилей, лерки и метчики, сверла, настольные тиски.

В специальных ремонтных мастерских производятся все виды ремонтных работ шахтных интерферометров, включая вскрытие оптической части для чистки оптики, замены отдельных узлов и юстировки приборов.

После ремонта приборы подвергаются испытаниям на точность показаний, тряску и герметичность воздушной и газовой линий.

Испытания приборов на тряску производятся в течение 20 мин на специальной виброустановке при 100 колебаниях в минуту и амплитуде колебаний 10 мм.

Во время испытания приборы должны находиться в специальном ящике. После испытания проверяется правильность действий всех узлов приборов, прочность их соединений и качество интерференционной картины.

Герметичность воздушной линии прибора проверяется одним из двух способов:

первый — прибор, предварительно выставленный на «нуль», в вертикальном положении помещается в газовую камеру, наполненную воздухом с примесью метана ($3,5 \pm 0,5\%$ CH_4). По истечении 4—7 ч прибор вынимается из газовой камеры, определяется концентрация контрольной газовой смеси. Определение производится без дополнительной корректировки нулевого положения после извлечения прибора из газовой камеры. Прибор считается выдержавшим испытание, если его погрешность не превышает допустимой погрешности прибора;

второй — прибор подсоединяется к манометру через штуцер воздушной линии, открытый конец лабиринта должен быть при этом закрыт.

Проверка производится при давлении 500 мм вод. ст. При этом в течение 3 мин не должно быть падения давления по ма-

нометру. Аналогичным образом проверяется герметичность газовой линии.

В специальной ремонтной мастерской должен быть журнал для записи номеров проверяемых приборов, результатов проверки и ремонта по следующей форме:

№ п/п	Дата приема прибора	Номер прибора	Откуда получен прибор	Состояние прибора	Какие производились работы по проверке и ремонту прибора	Погрешность измерения после ремонта	Дата выдачи прибора	Примечание

После ремонта каждый прибор необходимо опломбировать и на него должно быть выдано соответствующее свидетельство.

ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ШАХТНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ И СПОСОБ ИХ УСТРАНЕНИЯ

При эксплуатации шахтных интерферометров на шахтах наиболее часто встречаются следующие неисправности.

1. При нажатии на кнопку включения нет интерференционной картины в поле зрения окуляра.

2. Слабая освещенность интерференционной картины.

3. Интерференционная картина частично затемнена.

4. При определении концентрации метана прибор дает завышенные показания.

5. Слабо прокачивается газозвоздушная линия прибора.

6. Резиновая груша не засасывает воздух в прибор.

7. Прибор дает заниженные показания по метану при работе в шахте.

8. Негерметична газовая линия прибора.

9. Смещена интерференционная картина относительно нулевой отметки шкалы более чем на 0,1% в приборе ШИ-10 при переключении газозвоздушной камеры из положения «К» (контроль) в положение «И» (измерение).

Причин по каждой из перечисленных неисправности может быть несколько:

1. При нажатии на кнопку включения интерференционная картина в поле зрения окуляра может отсутствовать в результате того, что ослабла в патроне лампа накаливания или она перегорела. Для устранения указанного недостатка необходимо вывернуть патрон и проверить лампу накаливания, а затем поставить ее на место и произвести настройку, поворачивая патрон за хвостовик.

Отсутствие интерференционной картины может быть и из-за неисправности электрической цепи. Причина — нарушение контак-

тов в кнопке включения или сухом элементе. Следует проверить контакты кнопки включения и сухого элемента путем осмотра и опробования.

2. Слабая освещенность интерференционной картины в приборе может быть в результате нескольких причин: разрядился сухой элемент, сбилась установка лампы накаливания, засорилась газозвдушная камера, нарушена юстировка прибора. Для устранения указанных недостатков необходимо правильно установить причину, а затем уже выбирать способ ее устранения.

Первоначально следует проверить работоспособность сухого элемента. Для этого необходимо вынуть сухой элемент из прибора и подсоединить к его контактам с помощью проводников лампу накаливания. Если она будет гореть достаточно ярко, то сухой элемент работоспособен, а если накал слабый, следует сухой элемент заменить новым. После того как проверен сухой элемент необходимо произвести подстройку лампы накаливания, наблюдая при этом в окуляр за качеством интерференционной картины. Если указанные операции не позволили улучшить освещенность интерференционной картины, то следует предполагать, что засорилась газозвдушная камера или нарушена юстировка. В этом случае необходимо прибор направить в специальную мастерскую, где производится ремонт со вскрытием оптической части прибора.

3. Частичное затемнение интерференционной картины возможно в результате нарушения установки лампы накаливания или юстировки прибора. Для этого необходимо произвести регулировку лампы накаливания, а если это положительного результата не дало, прибор следует направить на ремонт в мастерскую для его юстировки.

4. При определении концентрации метана погрешность прибора значительно выше допустимой погрешности может быть в результате того, что поглотительный патрон с ХПИ не полностью поглощает углекислый газ или слабо завернут колпачок переходного мостика. Первоначально следует завернуть колпачок мостика, а если это результата положительного не дало, следует заменить ХПИ в поглотительном патроне. Завышенные показания могут быть и в результате того, что нарушена юстировка прибора, т. е. ширина интерференционной картины стала больше, чем она должна быть. Если будет установлено, что нарушена ширина полосы интерференционной картины, прибор следует направить на ремонт.

Слабое прокачивание газовой линии прибора возможно в результате того, что в поглотительном патроне плотный ватный фильтр или пережата резиновая трубка. Для устранения этого недостатка необходимо вынуть из прибора поглотительный патрон, вскрыть его и заменить фильтр. Затем патрон поставить в прибор, обращая при этом внимание на прокладку резиновых трубок. Резиновые трубки не должны иметь пережатий.

6. Резиновая груша при ее сжатии не засасывает воздух в прибор. Это может быть вызвано тем, что засорился наружный клапан груши. Для устранения этого недостатка необходимо вынуть клапан из груши, разобрать и прочистить. После этого клапан собрать, вставить в резиновую грушу и проверить ее работоспособность.

7. При определении концентрации метана в шахте прибор дает заниженные показания. Такое явление может быть вызвано тем, что в воздушную линию прибора попал рудничный воздух, содер-

жащий метан. Проникновение рудничного воздуха в воздушную линию прибора могло произойти вследствие того, что штуцер воздушной линии не закрыт резиновым колпачком или колпачок повран. Следует проверить наличие на штуцере резинового колпачка и его целостность.

8. Негерметичность газовой линии прибора может быть в результате того, что плохо завернут резьбовой колпачок, недостаточно плотно завернуты накидные гайки на поглотительном патроне или слабо надеты соединительные резиновые трубки. Для устранения негерметичности необходимо вынуть прибор из футляра, осмотреть места соединений, найти негерметичность и устранить.

9. Смещение интерференционной картины относительно нулевой отметки шкалы более чем на 0,1% в приборе ШИ-10 при переключении газовой камеры из положения контроля в положение измерения возможно в результате того, что в воздушной линии прибора находится воздух, отличающийся по своему составу от воздуха в газовой линии. Для устранения указанного недостатка следует продуть воздушную и газовую линии прибора чистым атмосферным воздухом. Во время продувки выхлопной клапан резиновой груши должен быть соединен с помощью резиновой трубки со штуцером воздушной линии.

СБОРОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Шахтные интерферометры представляют собой совокупность отдельных деталей и узлов.

Деталь — это часть изделия, выполненная из материала как одно целое и не включающая элементов сборки. Отделка детали не меняет этой характеристики, так как отделочные работы относятся к процессу обработки, а не сборки.

Узлом, или «сборкой», называются соединения двух или более деталей прибора. Узел представляет собой конструктивный и сборочный элемент изделия, который может быть собран и проверен самостоятельно и независимо от других узлов. Сборочными элементами, комплектующими прибор в целом, являются узлы и детали.

Конструктивные соединения деталей можно разделить на разборные и неразборные. Разборные соединения характеризуются тем, что могут быть разобраны без затруднений и повреждения собранных деталей. Неразборные соединения могут быть разобраны с большим усилием и часто их разборка сопровождается повреждением обеих или одной из сопряженных деталей. Неразборные соединения выполняются следующими способами: сваркой, пайкой, запрессовкой, завальцовкой, клейкой и т. п.

Разборные и неразборные соединения могут быть подвижными и неподвижными. Подвижные соединения обеспечиваются подвижными посадками цилиндрических поверхностей или сопряжением деталей по плоским, коническим и винтовым поверхностям.

Конструкция шахтных интерферометров состоит из механических узлов, определяющих механическую часть, и ряда оптических деталей, определяющих оптическую схему прибора. В соответствии с этим сборка приборов обычно проходит две стадии:

механическую, — включающую соединение механических деталей и узлов, и проверку взаимодействия механизмов и отсчетных

устройств приборов (в результате этой сборки получают собранные узлы без оптических деталей);

оптическую, — включающую соединение оптических деталей с механическими, и установку оптических деталей и узлов с оптикой на место в приборе.

Многие свойства оптико-механических приборов обеспечиваются при точном взаимном расположении механических и оптических деталей, что достигается регулированием деталей и узлов в процессе сборки или юстировкой.

Юстировкой (подгонкой) называется завершающая часть технологического процесса сборки, которая дает качественное оформление собранного прибора или узла в соответствии с техническими требованиями. Собранное, но не юстированное изделие, представляет собой совокупность деталей и узлов, но не прибор.

Часто процесс юстировки сводится к перемещению отдельных деталей и узлов прибора, при этом используются предусмотренные конструкцией прибора юстировочные устройства. Такое действие процесса юстировки называется регулированием. Во многих случаях в процессе юстировки, помимо регулирования, применяют также пригонку деталей.

ЧИСТКА ОПТИКИ

По техническим условиям на изготовление и прием оптико-механических приборов к чистоте поверхностей оптических деталей прибора предъявляются высокие требования. Для выполнения этих требований в процессе сборки включаются операции по чистке оптики.

Различают следующие основные виды загрязнения стеклянных поверхностей:

пыль — твердые частицы, осевшие на поверхности стекла из воздуха;

осыпка — твердые частицы на поверхности стекла, оторвавшиеся от внутренних поверхностей деталей прибора, например частицы лака, грязи и т. п.;

мазки — отпечатки пальцев сборщика на стеклянной поверхности, капли смазки;

капельный жировой налет — мельчайшие капельки жировых веществ на поверхности стекла. Жировые вещества могут попасть на поверхности оптических деталей при разбрызгивании смазки и замазки, при применении протирочных материалов для чистки оптики, содержащих большее количество жиров, чем предусмотрено техническими требованиями, при прикосновении пальцев рук к полированным поверхностям деталей и т. п.

Из всех видов загрязнений наиболее нежелательным является жировой налет, так как он в приборах мешает наблюдению.

Сущность процесса чистки заключается в растворении имеющихся на поверхности оптических деталей жировых веществ и снятии с этих поверхностей твердых нерастворимых частиц. Соответственно этому для чистки применяются растворители и протирочные материалы.

В качестве растворителя применяется спиртоэфирная смесь, составленная из 15% спирта этилового технического и 85% этилового эфира. Чистка оптических деталей производится ватным

тампоном, смоченным спиртоэфировой смесью. Движение ватного тампона при чистке должно быть только в одну сторону. При чистке каждой детали тампон меняется не менее пяти раз. Все механические детали, соприкасающиеся с оптикой, должны быть обезжирены спиртоэфировой смесью.

При чистке сеток иногда на их поверхностях остаются отдельные пылинки, наблюдаемые через окуляр прибора в проходящем свете в виде черных точек. Эти пылинки удаляют кисточкой из беличьего волоса или тампоном из сухой ваты непосредственно при установке сеток в приборы; качество чистки просматривается через окуляр прибора.

Эффективность чистки оптики зависит не только от тщательного выполнения процесса чистки, но и от чистоты рабочего места и помещения, качества отделки деталей, не дающей осыпки, качества протирочных материалов и инструмента и т. п.

В процессе чистки применяют следующие инструменты: медные или латунные палочки для намотки тампонов ваты, пинцеты, подставки для намотки ваты на палочки, ящики для хранения чистой и отработанной ваты, стеклянные банки с притертыми пробками для растворителей, ванночки для прополаскивания деталей в эфире или спиртоэфировой смеси.

Вычищенные поверхности деталей проверяют визуально в проходящем свете, для подсветки пользуются лампочкой с матовым экраном. Иногда для контроля пользуются лупами 6—8×.

Чистку поверхностей оптических деталей в собранном приборе проверяют визуально со стороны окуляра.

РАЗБОРКА, СБОРКА И ЮСТИРОВКА ПРИБОРА

Шахтные интерферометры, поступившие на ремонт, прежде всего должны быть очищены от грязи и угольной пыли. Затем необходимо произвести внешний осмотр прибора и проверить наличие и качество интерференционной картины. Если при нажатии на кнопку включения лампа накаливания не загорается, нужно найти и устранить неисправность. Вначале следует проверить целостность лампы накаливания. Для этого необходимо снять колпачок 12 (см. рис. 21), отвернуть зажимную гайку и вынуть патрон вместе с лампой накаливания. Затем проверить исправность лампы накаливания, подсоединив ее к исправному сухому элементу. Если лампа накаливания горит, значит она исправна, а если нет, то следует ее заменить исправной из числа запасных. Убедившись в исправности лампы накаливания, следует поставить ее в патрон и вместе с патроном вставить в прибор и завернуть зажимную гайку. После этого нажать кнопку включения и, наблюдая в окуляр, проверить наличие интерференционной картины. Если в поле зрения окуляра будет видна интерференционная картина или просто световой поток, то лампа накаливания горит и электрическая цепь исправна. В этом случае следует с помощью настройки лампы накаливания добиться хорошего изображения интерференционной картины. Для этого необходимо ослабить зажимную гайку патрона и медленно вращать патрон за хвостовик, наблюдая при этом в окуляр за качеством интерференционной картины. После получения четкой интерференционной картины зажимную гайку нужно довернуть до отказа. Если при нажатии на кнопку вклю-

чения в поле зрения окуляра не будет видна интерференционная картина или вообще световой поток, следует проверить исправность кнопки включения и наличие контактов сухого элемента. Наиболее часто встречается нарушение контактов в кнопке включения. Для этого необходимо разобрать кнопку включения и проверить исправность контактов.

По наличию и качеству интерференционной картины предварительно выясняется причина неисправности прибора, а затем принимается решение, вскрывать оптическую часть или нет. Убедившись в том, что необходимо вскрыть оптическую часть прибора, вначале удаляют пломбу, а затем отвертывают винты, которыми крепится крышка к корпусу прибора. После вскрытия оптической части визуально осматривают все оптические детали и исправность электрической цепи (при нажатии на кнопку включения должна загораться лампа накаливания). Убедившись в исправности электрической цепи, проверяют качество интерференционной картины. Если качество интерференционной картины удовлетворительное, следует произвести чистку оптических деталей, не снимая их с посадочных мест, а затем вновь проверить качество картины. Если качество интерференционной картины не улучшилось, следует отсоединить и снять газоздушную камеру и посмотреть, какое качество картины будет без камеры. Если без газоздушной камеры качество интерференционной картины значительно улучшилось, необходимо произвести чистку газоздушной камеры, а если улучшения нет, то необходимо проверить чистоту всех оптических деталей, обращая особое внимание на качество зеркального покрытия зеркала 17 (см. рис. 21). В случае нарушения зеркального покрытия на зеркале следует основание с зеркалом снять, заменить зеркало новым и поставить его на прежнее место. После замены зеркала или другой оптической детали следует производить юстировку прибора без газоздушной камеры в следующей последовательности. Свет от лампы накаливания направляется на конденсор 11, а с него на зеркало 17. Для того чтобы проследить ход лучей с зеркала на призму полного внутреннего отражения 20, необходимо поместить между зеркалом и призмой экран из темной плотной бумаги. Наблюдая за экраном, поворотом лампы накаливания или перемещением конденсора 11 нужно добиться четкого и параллельного выхода лучей света с зеркала на призму. Затем с помощью экрана проследить направление хода луча на поворотную призму 9. После того как получена интерференционная картина удовлетворительного качества, необходимо поставить в прибор газоздушную камеру, которая предварительно должна быть прочищена и проверена на герметичность. Затем следует проверить качество интерференционной картины вместе с камерой. Если качество интерференционной картины удовлетворительное, значит лучи света направлены правильно, а если плохое, то нужно произвести повторную настройку хода лучей. В процессе настройки возможно не достаточно четкое изображение интерференционной картины. Улучшение четкости может быть достигнуто в результате перемещения объектива 8 вдоль оптической оси.

После того как получено хорошее и четкое изображение интерференционной картины, необходимо проверить и при необходимости произвести регулировку ширины полосы интерференционной картины.

Ширина полосы интерференционной картины для каждого типа интерферометров является величиной расчетной и постоянной. Регулировка ширины полосы интерференционной картины достигается поворотом вокруг гипотенузной грани призмы полного внутреннего отражения 20. Возможно, но значительно сложнее регулировать ширину полосы зеркалом. Меняется ширина полосы и от перемещения объектива вдоль оптической оси. Поэтому резкость интерференционной картины следует получить до регулировки ширины полосы. Окончательная ширина полосы после юстировки проверяется по показаниям прибора на контрольных газовых смесях или манометрическим методом.

После юстировки все оптические детали должны быть надежно прикреплены к корпусу прибора, газозвдушная камера соединена резиновыми трубками с воздушной и газовой линиями. Затем следует прибор закрыть крышкой и завернуть винты. Винты довертывать необходимо поочередно в несколько приемов, не создавая больших натяжений за счет перекоса крышки.

ГАЗОВОЗДУШНАЯ КАМЕРА

Газозвдушная камера (рис. 39) шахтного интерферометра представляет собой трехполостную деталь, ограниченную с торцов плоскопараллельными стеклянными пластинами. От чистоты плоскопараллельных стеклянных пластин зависит качество интерференционной картины, а от ее герметичности — правильность работы прибора.

В процессе эксплуатации приборов может происходить засорение средней полости газозвдушной камеры угольной пылью или частицами ХПИ, в результате чего ухудшается качество интерференционной картины. Визуально можно определить, что в приборе засорилась газозвдушная камера. Для этого нужно взять прибор в руку, нажать кнопку включения лампочки и, держа прибор в горизонтальном положении, поворачивать его вокруг оси и наблюдать при этом в окуляр. Качество интерференционной картины будет меняться, если в газозвдушной камере имеется пыль. В этом случае следует прибор направить в ремонт в мастерскую. Для того чтобы произвести чистку газозвдушной камеры, необходимо снять крышку с отделения прибора, где помещается оптическая часть, отсоединить резиновые трубки, отвернуть винты, которыми газозвдушная камера крепится к корпусу, и вынуть ее из прибора.

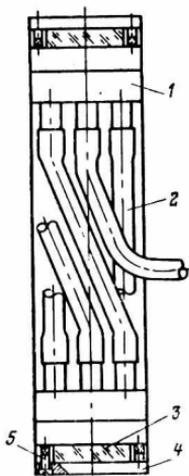


Рис. 39. Газозвдушная камера прибора ШИ-3

Разборка газозвдушной камеры производится в следующей последовательности. Ослабить винты 5 не более чем на один оборот, затем вывернуть их совсем и снять прижимную планку 4. Небольшим усилием руки сдвинуть в сторону плоскопараллельную стеклянную

ную пластину 3. В такой же последовательности разобрать и вторую сторону газовой камеры. После того как сняты стекла обеих сторон газовой камеры, необходимо хорошо прочистить все полости корпуса камеры 1 волосяным ершиком, а затем протереть ватным тампоном, смоченным спиртоэфирной смесью, добиваясь полного удаления механических частиц. Ватным тампоном, смоченным спиртоэфирной смесью, удалить с торцов камеры старую смазку и произвести чистку плоскопараллельных стеклянных пластин и соединительных резиновых трубочек 2. Чистка резиновых трубочек производится протягиванием через них ватного тампона, смоченного спиртоэфирной смесью и закрепленного на проволоке диаметром 0,5—1 мм.

После чистки корпуса камеры, плоскопараллельных стеклянных пластин и резиновых трубочек приступают к сборке газовой камеры. Для этого необходимо с помощью латунной палочки на торцовую поверхность корпуса камеры нанести тонким слоем вакуумную смазку и осторожно поставить плоскопараллельную стеклянную пластину 3 на смазку, избегая при этом смещений пластины. На стеклянную пластину накладывается прижимная планка 4 с бумажными прокладками, вставляются винты 5 в отверстия прижимной планки и корпус камеры, и поворачивается отверткой на один—два поворота по часовой стрелке. Поддерживая рукой прижимную планку и корпус камеры, медленно подкручивают винты крест на крест с целью избежания перекоса прижимной планки, а следовательно, и поломки стеклянной пластины. Таким же образом производят сборку второй стороны газовой камеры.

После сборки газовой камеры необходимо проверить ее герметичность. Для этого газовая полость камеры подсоединяется к манометрическому прибору МППИ и создается давление 500 мм вод. ст., при этом в течение трех минут не должно быть падения водяного столба по манометру. Аналогично проверяется герметичность воздушных полостей газовой камеры. После проверки газовой камеры на герметичность она может быть поставлена в прибор.

ОКУЛЯР

В конструкции всех шахтных интерферометров имеется окуляр, который представляет собой оптическую систему и служит для рассмотрения через него интерференционной картины с увеличением в 6,4 раза.

На рис. 40 показан окуляр прибора ШИ-3, в конструкцию которого входят: наглазник 1, защитное стекло 2, стеклянная линза 3, стопорные винты 4, 6 и 9, линза 7, оправка 10 с сеткой (шкалой) 11, кольцо зажимное 12, оправка 13, промежуточное кольцо 14, втулки 15 с сальником 5, корпус 8.

В процессе эксплуатации шахтных интерферометров окуляр засоряется, поэтому требуется его чистка. Прежде чем приступить к чистке окуляра, необходимо убедиться в том, что засорен действительно окуляр. Для этого необходимо ослабить стопорный винт на корпусе прибора, которым крепится окуляр, и медленно вращать его относительно корпуса, наблюдая при этом в окуляр. Если частицы, видимые в окуляре, будут вращаться вместе с оку-

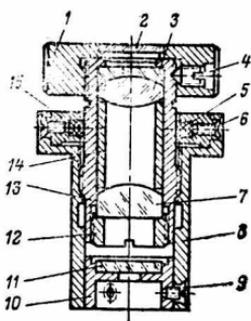


Рис. 40. Окуляр

ляром, следовательно, они находятся в окуляре, а если они будут оставаться неподвижными относительно окуляра, то засорение произошло в объективе или других оптических деталях. Убедившись в том, что действительно засорен окуляр, необходимо вынуть его из прибора и произвести разборку и чистку. Разборка окуляра производится в следующей последовательности.

Вначале нужно отвернуть стопорные винты 5 и затем, вращая наглазник 1 против часовой стрелки, вывернуть оправу 13 из корпуса 8. Далее следует отвернуть стопорный винт 4, снять наглазник 1 с оправы 13. После этого

необходимо отвернуть зажимное кольцо 12 и вынуть из оправы линзу 7, промежуточное кольцо 14 и скленную линзу 3. Для того, чтобы вынуть из корпуса оправу 10 с сеткой (шкалой) 11, необходимо отвернуть три стопорных винта 9. Затем следует произвести чистку оптических деталей и собрать окуляр в обратной последовательности, окуляр поставить в прибор и проверить его чистоту, вращая наглазник при нажатой кнопке включения прибора. Если в поле зрения окуляра отсутствуют частицы, мешающие производить отсчет, чистка считается законченной, а если будут наблюдаться частицы, то чистку следует повторить.

МЕХАНИЗМ ВЕРНЬЕРА

Механизм верньера в конструкции шахтного интерферометра ИГА (ШИ-6) служит для отсчета десятых долей при определении содержания кислорода.

Общий вид механизма показан на рис. 41.

Механизм имеет металлический корпус 1 с окном, которое закрыто прозрачной пластиной с риской. Внутри корпуса расположена шкала 2, которая соединена с помощью винтов 3 с шестерней 3 и осью 4. Кроме этого, шестерня 3 входит в зацепление с шестерней 7, а последняя — с шестерней 8. Шестерня 8 соединена с маховичком 9. С наружной стороны корпус механизма закрывается крышкой 11, на которой расположен патрон с лампой накаливания 12. Контакт 10 изолирован от корпуса прибора и соединен проводами с лампой накаливания и кнопкой включения. В процессе отсчета показаний на приборе вращают маховичок 9. Одновременно с вращением этого маховичка вращается шестерня 8, которая передает вращение шестерням 7 и 3. Вместе с шестерней 3 вращается шкала 2 и ось 4. Ось 4 давит на кронштейн 5 и изменяет угол наклона стеклянной пластины, закрепленной на кронштейне. Изменение угла наклона стеклянной пластины смещает интерференционную картину, видимую в окуляре. Таким образом, вращая маховичок 9, можно добиться совмещения левой черной полосы интерференционной картины с целым делением шкалы, видимой в окуляре. В это время шкала 2 механизма верньера

повернется на определенный угол и против риски на защитной прозрачной пластине будет видно цифровое значение шкалы, которое соответствует десятым долям процента по шкале кислорода.

В процессе эксплуатации шахтных интерферометров возможно расстройство механизма верньера, т. е. одно целое деление шкалы кислорода, видимой в окуляре, не совпадает со шкалой верньера. В этом случае необходимо произвести настройку механизма верньера. Настройка механизма верньера, т. е. совмещение показаний одного процента по шкале кислорода, видимой в окуляре, с показаниями шкалы верньера производится изменением плеча крепления кронштейна 5. Для этого необходимо ослабить винт 6 и, перемещая кронштейн 5, добиться совпадения показаний шкал. При подъеме кронштейна вверх относительно винта показания по шкале верньера будут увеличиваться, а при опускании кронштейна — уменьшаться.

Для замены лампы накаливания в механизме верньера необходимо отвернуть два винта, которыми крепится крышка 11, снять ее с корпуса, заменить лампу, поставить крышку на место и проверить контакт. Затем следует нажать кнопку включения на приборе и наблюдать в окно на механизме верньера. Если лампа не загорается, нужно подогнуть контакт 10 таким образом, чтобы он плотно прижился к контакту лампы накаливания.

КНОПКА ВКЛЮЧЕНИЯ

Кнопка включения предназначена для замыкания контактов электрической цепи прибора. Нормальное положение кнопки — разомкнутое.

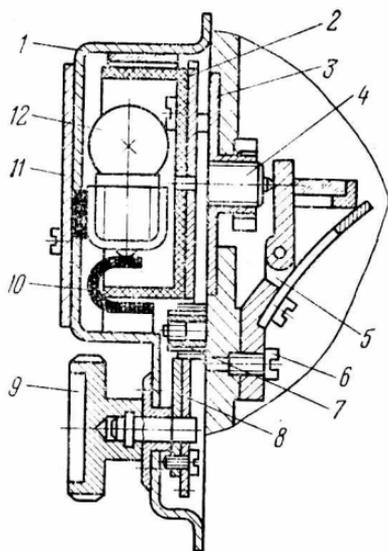


Рис. 41. Механизм верньера

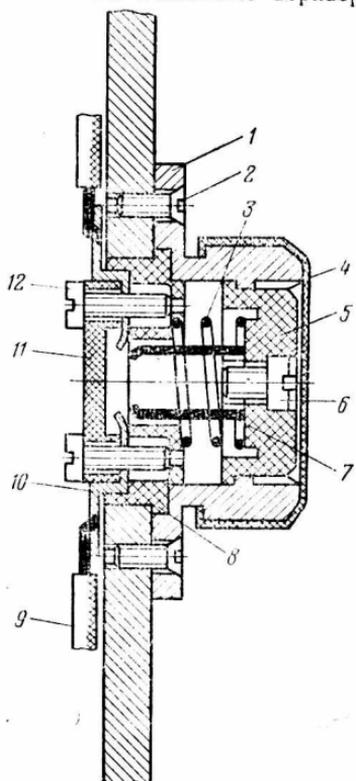


Рис. 42. Кнопка включения

Общий вид кнопки включения показан на рис. 42 и состоит из корпуса 1; резинового колпачка 4; кнопки 5, к которой винтом 6 крепится подвижной контакт 7; пружины 3; крышки 8; двух неподвижных контактов 10, к которым припаиваются подсоединительные провода 9; шайбы 11 и винтов 12. Корпус кнопки включения двумя винтами 2 крепится к корпусу прибора.

При эксплуатации приборов возможно нарушение контактов кнопки включения. В этом случае при нажатии на нее в поле зрения окуляра будет отсутствовать интерференционная картина.

С целью устранения отмеченного недостатка следует произвести ее ремонт. Для ремонта необходимо снять резиновый колпачок 4, отвернуть винты 2, снять корпус 1 и вынуть кнопку 5 вместе с подвижным контактом 7. Затем следует зачистить неподвижные и подвижные контакты, произвести подрегулировку подвижного контакта и собрать кнопку в обратной последовательности. После ремонта необходимо проверить ее работоспособность путем замыкания.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПАТРОН

Электрический патрон служит для крепления лампы накаливания, соединения ее с корпусом прибора и кнопкой включения. Общий вид патрона показан на рис. 43. Он состоит из втулки 1, в которой с помощью резьбы крепится лампа накаливания 8; оправы 2, выполненной из изоляционного материала и имеющей арматуру для подсоединения проводника от кнопки включения и втулки 1; корпуса 3, который является контактом, соединяющим с корпусом прибора; разъединительного изоляционного кольца 4; зажимной гайки 5; контакта 6 и крышки 7.

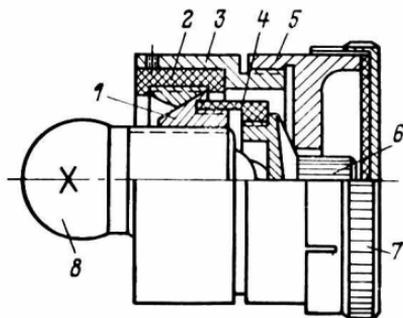


Рис. 43. Электрический патрон

В корпусе прибора патрон крепится винтами. При смене лампы накаливания необходимо снять крышку 7, отвернуть зажимную гайку 5 и за хвостовик контакта 6 вынуть лампу накаливания вместе с втулкой 1. После замены лампы на исправную произвести сборку патрона в обратной последовательности. При сборке патрона нить накала лампы необходимо располагать вдоль щели. Зажимную гайку 5 следует заворачивать так, чтобы она обеспечивала возможность вращательного движения контакта 6 при юстировке прибора.

После того как произведена юстировка интерференционной картины прибора, гайку 5 следует туго затянуть и закрыть крышкой.

МЕХАНИЗМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

Для перемещения газовой камеры в потоке интерферирующих лучей в конструкции прибора ШИ-10 используется механизм переключения. Механизм переключения (рис. 44) состоит из

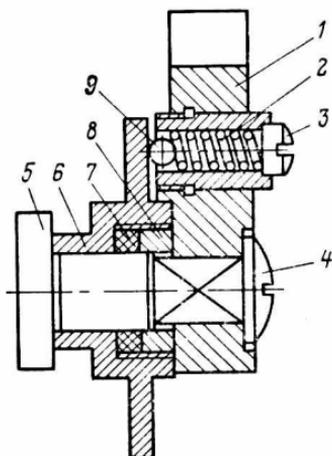


Рис. 44. Механизм переключения

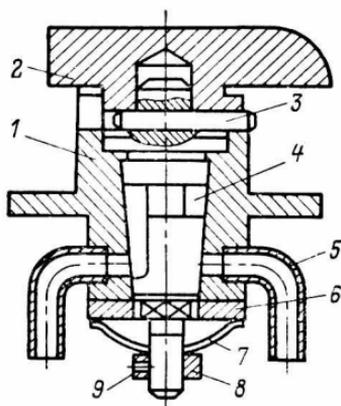


Рис. 45. Кран

эксцентрика 5, который входит в зацепление с газовой камерой и при повороте крючка 1 производит ее перемещение; подшипника 6, в котором вращается эксцентрик и сальник 7, зажатый кольцом 8. Подшипник винтами крепится к корпусу прибора. Фиксация крючка 1 осуществляется шариком 9, на который давит пружина 2 и винт 3. Соединение эксцентрика 5 с крючком 1 выполнено на квадрате и зафиксировано винтом 4. В подшипнике 6 имеется специальное углубление (лунка), куда входит шарик. Это углубление соответствует положению крючка «И» и «К», которые нанесены на корпусе прибора. Во время эксплуатации приборов возможны случаи, когда шарик не четко фиксирует положение. В этом случае следует подвернуть винт 3 по часовой стрелке, что увеличит сжатие пружины, и шарик будет с большим усилием входить в углубление. В результате этого достигается четкая фиксация крючка.

КРАН

В конструкции интерферометров ШИ-7 и ШИ-10 введен кран, который предназначен для изменения направления движения газовой смеси при определении концентрации метана и углекислого газа. Общий вид крана показан на рис. 45. Кран состоит: из корпуса 1, который имеет фланец и крепится к корпусу прибора четырьмя винтами; ручки 2, с помощью которой изменяется поло-

жение пробки 4; штифта 3, который ограничивает угол поворота пробки. Плавность хода пробки в корпусе обеспечивается пластинчатой пружиной 7 и зажимной гайкой 8.

В корпус крана впаяны две трубки 5, к которым подсоединяются резиновые трубки от поглотительного патрона. При эксплуатации приборов может происходить засорение пробкового крана, в результате чего он теряет плавность хода. Для того чтобы произвести чистку крана, необходимо отсоединить резиновые трубки со штуцеров, отвернуть четыре винта, которыми кран крепится к корпусу прибора, и вынуть его из гнезда. Отвернуть стопорный винт 9 и зажимную гайку 8, снять пластинчатую пружину 7, шайбу 6 и вынуть пробку 4 из корпуса 1. Хорошо почистить пробку и корпус крана ватным тампоном, смоченным бензином. Смазать пробку тонким слоем вакуумной смазки, вставить ее в корпус и сделать несколько вращательных движений пробкой относительно корпуса, добиваясь плавного хода. На хвостовик пробки надеть шайбу, пружину, завернуть гайку и застопорить ее винтом 9.

После сборки крана следует проверить его на герметичность. Для этого необходимо к штуцеру подсоединить манометр, поставить кран в среднее нейтральное положение и создать в системе давление 500 мм вод. ст. При этом падения давления по манометру в течение 3 мин не должно быть. Поставить кран на прибор и подсоединить резиновые трубки поглотительного патрона. Правильность соединения резиновых трубок от поглотительного патрона к крану можно проверить следующим образом. Поставить кран в положение «СО₂» и с помощью резиновой груши набрать через входной штуцер в прибор выдыхаемый воздух. В этом случае интерференционная картина должна сместиться на 3—4% относительно шкалы.

ФИЛЬТР СО ШТУЦЕРОМ

Для предотвращения попадания частиц пыли в газовоздушную камеру прибора со стороны резиновой груши в конструкцию прибора введен фильтр со штуцером.

Фильтр со штуцером (рис. 46) представляет собой втулку 1 с фланцем для крепления к корпусу прибора и закрываемую винтом 3 с прокладкой 2. К боковой части втулки впаян штуцер 5, на который надевается трубка резиновой груши и в нижней части впаяна трубка 7 для подсоединения ее с газовоздушной камерой прибора. Во внутренней полости фильтра помещается предохранительная сетка 6, которая исключает возможность попадания ватного фильтра 4 в трубку 7.

Во время эксплуатации прибора происходит засорение ватного фильтра, поэтому его следует периодически менять. Для

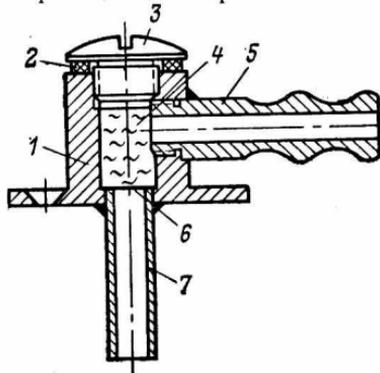


Рис. 46. Фильтр

смены фильтра необходимо отвернуть винт 3, вынуть ватный фильтр и прочистить втулку, штуцер и трубку. Затем положить новый ватный фильтр и завернуть винт 3.

ПОГЛОТИТЕЛЬНЫЙ ПАТРОН И ЕГО ПЕРЕЗАРЯДКА

Поглотительный патрон предназначен для поглощения углекислого газа и паров воды, а также для удаления пыли из засасываемого в прибор рудничного воздуха при определении в нем концентрации компонентов.

Поглотительный патрон приборов ШИ-3 (рис. 47), ШИ-5 и ИГА (ШИ-6) представляет собой цилиндрическую трубку, разделенную внутри поперечной перегородкой на две части, и состоит из корпуса 3, накидных гаек 2 и крышек с впаянными штуцерами 1 и 4. Верхняя часть поглотительного патрона заполняется ХПИ, а нижняя силикагелем (ШСМ).

Поглотительный патрон прибора ШИ-10 выполнен в виде цилиндра, имеющего продольную перегородку, которая делит его на две неодинаковые по объему полости (рис. 48). Полость А, имеющая большой объем, заполняется ХПИ, а полость Б — силикагелем. Без перезарядки поглотительного патрона приборами ШИ-3, ШИ-5 и ИГА (ШИ-6) можно произвести 400—600 определений метана при постоянном содержании углекислого газа в исследуемой пробе воздуха до 2%, а прибором ШИ-10 — не более 500 определений.

Для установления срока перезарядки поглотителей необходимо указанное число разделить на количество определений в день.

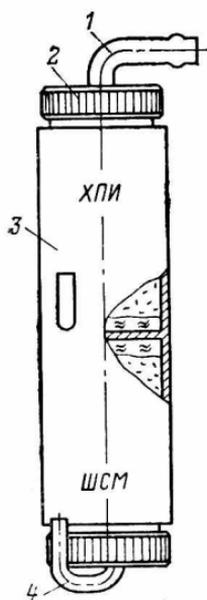


Рис. 47. Поглотительный патрон прибора ШИ-3

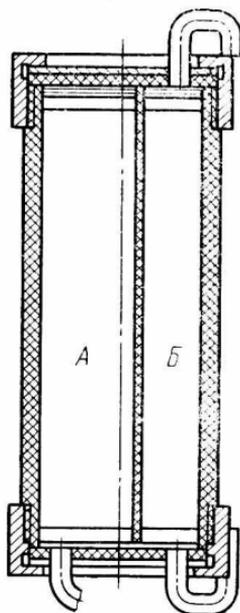


Рис. 48. Поглотительный патрон прибора ШИ-10

Получится количество дней, через которые необходимо делать перезарядку поглотителей прибора. После истечения срока необходимо поглотительный патрон в приборе заменить запасным, а обработанный направить на перезарядку.

Для замены поглотительного патрона необходимо вынуть прибор из футляра, снять крышку отделения с поглотительным патроном, ослабить стопорный винт и вынуть поглотительный патрон, отсоединив от него резиновые трубки. Взять поглотительный патрон из числа запасных, проверить его на герметичность, а затем поставить в прибор.

Проверку поглотительного патрона на герметичность производят на манометрическом приборе МППИ следующим образом. Обе полости поглотительного патрона соединяют последовательно резиновой трубкой, выходной штуцер закрывают резиновым колпачком, а входной штуцер подсоединяют к прибору МППИ. Затем с помощью нажимного устройства в системе прибора создают давление 500 мм вод. ст., при этом в течение трех минут не должно быть падения водяного столба по манометру. В случае падения давления необходимо найти и устранить негерметичность. Иногда бывает затруднительно определить место негерметичности в поглотительном патроне. В этом случае следует поглотительный патрон под давлением погрузить в сосуд с водой и по пузырькам воздуха, выходящего из патрона, определить место негерметичности.

Подключение поглотительного патрона в прибор производят в обратном порядке. После установки поглотительного патрона в прибор необходимо проверить правильность всех соединений и герметичность газовой линии.

При перезарядке поглотительного патрона прибора ШИ-3 вначале необходимо отвернуть накидные гайки, снять крышки, удалить верхние ватные фильтры и высыпать поглотители, причем ХПИ выбрасывается, а поглотитель влаги собирается для регенерации и повторного применения. Удаляются нижние ватные фильтры и корпус патрона внутри протирается сухой тряпкой или ватой. Затем следует положить на дно патрона тампон из чистой гигроскопической ваты толщиной 4—5 мм, ограниченной с обеих сторон прокладками из ситца или марли. Поверх тампона патрон нужно заполнить ХПИ или силикагелем в зависимости от того, какая часть патрона перезарядается. Наполнение патрона производить порциями, каждый раз постукивая по нему пальцем для более плотного его заполнения. Наполнять патрон следует не полностью на 4—5 мм, а оставляя место для второго ватного фильтра, который укладывается сверху реактива.

После заполнения патрона поглотителями необходимо завернуть накидные гайки так, чтобы штуцеры крышек патрона были установлены против риска, которые нанесены на каждом конце патрона. На все присоединительные трубки патрона нужно надеть резиновые колпачки для того, чтобы не происходило порчи поглотителей во время его хранения до установки на прибор.

При перезарядке поглотительного патрона прибора ШИ-10 необходимо отвернуть накидную гайку только с одной стороны, удалить ватные фильтры и реактивы. Затем протереть патрон, положить нижний ватный фильтр и наполнить полости патрона свежими реактивами выше описанным способом. После наполнения пат-

рона поглотителями положить верхние ватные фильтры и завернуть накидную гайку с крышкой.

В качестве поглотителя CO_2 применяется химический известковый поглотитель (ХПИ), представляющий собой продукт белого или светло-серого цвета, изготовленный из гидрата окиси кальция (96%) и едкого натра (4%). ХПИ должен быть в зернах размером от 3 до 5 мм, иметь влажность в пределах 16—20% и содержать не более 4% CO_2 .

Защитная способность ХПИ в поглотительном патроне проверяется путем пропуска через прибор газовой смеси воздуха, содержащей 1—2% CO_2 . Нулевое положение при этом не должно нарушаться.

В качестве поглотителя влаги применяется силикагель. Наиболее подходящим сортом силикагеля для осушки является кислый (стекловидный) силикагель гранулированный КСК.

Регенерация (восстановление) силикагеля производится путем его нагрева до температуры 200—300°C, десорбция при этом заканчивается полностью в течение 75—90 мин.

ПОВЕРКА ШАХТНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Поверка шахтных интерферометров на точность показаний осуществляется при выпуске приборов из производства, после ремонта и непосредственно на шахте во время эксплуатации. Поверка производится в соответствии с Методическими указаниями по поверке шахтных интерферометров на метан.

При поверке приборов может быть применен один из следующих способов: по контрольным газовым смесям или манометрический.

Контрольные газовые смеси готовятся и хранятся в баллонах под начальным давлением $50 \div 100$ кгс/см². Для приготовления смесей должен использоваться чистый атмосферный воздух нормального состава (20,9 об.% O_2 , остальное — азот с аргоном) и метан со степенью чистоты не менее 98 об.% CH_4 .

Концентрация метана в контрольных смесях должна быть в следующих пределах: от 0,5 до 1,5 об.% CH_4 — для смеси № 1; от 2,0 до 3,0 об.% CH_4 — для смеси № 2; от 3,5 до 4,5 об.% CH_4 — для смеси № 3.

Каждая контрольная смесь должна быть аттестована с погрешностью не более 0,1 об.% CH_4 .

Поверка приборов по контрольным газовым смесям имеет недостатки, основными из которых являются: хранение баллонов с метаном, необходимым для приготовления контрольных газовых смесей; приготовление и анализ контрольных газовых смесей; их транспортирование и хранение.

Манометрический способ значительно проще и позволяет производить поверку во всем диапазоне. Поэтому он рекомендуется в качестве основного способа поверки шахтных интерферометров.

На основании формулы (41) произведен расчет эквивалентной разности давления воздуха (мм вод. ст.) между рабочей и сравнительной камерами шахтного интерферометра в зависимости от температуры воздуха и заданной концентрации метана и результаты сведены в табл. 3. Как видно из таблицы, для смещения

Таблица 3

Температура воздуха, °С	Избыточное давление воздуха (мм вод. ст.) при концентрации метана, об. %					
	1	2	3	4	5	6
10	51,3	102,6	153,8	205,1	256,4	307,7
11	51,5	102,9	154,4	205,9	257,5	308,8
12	51,7	103,3	155,0	206,6	258,3	309,9
13	51,8	103,7	155,5	207,4	259,2	311,0
14	52,0	104,1	156,1	208,1	260,1	312,2
15	52,2	104,4	156,7	208,9	261,1	313,3
16	52,4	104,8	157,2	209,6	262,0	314,4
17	52,6	105,2	157,8	210,4	263,0	315,6
18	52,8	105,6	158,4	211,2	263,9	316,7
19	53,0	106,0	158,9	211,9	264,9	317,9
20	53,2	106,3	159,5	212,7	265,8	319,0
21	53,4	106,7	160,1	213,4	266,8	320,2
22	53,6	107,1	160,7	214,2	267,8	321,3
23	53,7	107,5	161,2	215,0	268,7	322,5
24	53,9	107,9	161,8	215,8	268,7	323,7
25	54,1	108,3	162,4	216,6	270,7	324,8
26	54,3	108,7	163,0	217,3	271,7	326,0
27	54,5	109,1	163,6	218,1	272,7	327,2
28	54,7	109,5	164,2	218,9	273,6	328,4
29	54,8	109,9	164,8	219,7	274,6	329,6
30	55,1	110,3	165,4	220,5	275,6	330,8

интерференционной картины на 1 об.% по шкале метана при $t=20^{\circ}\text{C}$ необходимо создать в газовой полости газозвушной камеры интерферометра избыточное давление 53,2 мм вод. ст. (эта величина изменяется на ± 1 мм вод. ст. при отклонении температуры на $\pm 5^{\circ}\text{C}$ от 20°C).

На основании полученных данных разработан манометрический прибор МППИ (рис. 49) для проверки точности показаний шахтных интерферометров манометрическим методом.

Прибор состоит из манометра 1; нажимного устройства 2, которое служит для создания определенного давления в газовой полости газозвушной камеры интерферометра; соединительной резиновой трубки 3. Для проверки интерферометра на точность показаний он с помощью резиновой трубки 3 подсоединяется к прибору МППИ, а всасывающий штуцер интерферометра закрывается резиновым колпачком.

Вращением маховичка нажимного устройства 2 создается давление воздуха в газовой полости газозвушной камеры интерферометра, которое эквивалентно определенному процентному содержанию метана, и производится отсчет показаний по шкале интерферометра.

Прибором, основанном на манометрическом методе, можно проверять интерферометры с точностью не ниже $\pm 0,1\%$ по шкале метана. На основании отсчета показаний по шкале интерферометра

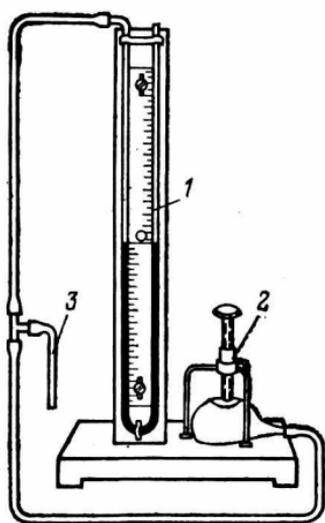


Рис. 49. Манометрический прибор

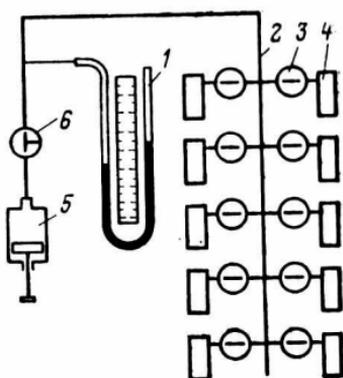


Рис. 50. Схема групповой поверки интерферометров

находят разность показаний между заданным значением концентрации метана по табл. 3 и сравнивают эту разность с величиной допускаемой погрешности поверяемого прибора.

Манометрическим прибором можно производить и групповую поверку интерферометров на точность показания. Схема устройства для групповой поверки интерферометров приведена на рис. 50. Она состоит из манометра 1, нажимного устройства 5, трехходового крана 6, распределительного коллектора 2, двухходовых кранов 3, интерферометров 4.

При групповой поверке интерферометров на точность показаний интерферометры 4, продутые чистым атмосферным воздухом и выставленные на «нуль» с помощью резиновых трубок, надетых на двухходовые краны 3, подсоединяются к всасывающим штуцерам. Выходные штуцеры интерферометров закрываются резиновыми колпачками. После подготовки интерферометров к поверке с помощью нажимного устройства 5, крана 6 и распределительного коллектора 2 в газовой линии интерферометров создается избыточное давление, эквивалентное определенному содержанию метана. Наблюдая в окуляры интерферометров, отсчитывают показания по шкале метана. Поверка интерферометров на точность показаний производится по всей шкале. Интерферометры считаются годными для эксплуатации, если разность показаний не превышает допустимой погрешности, указанной в описании и инструкции по эксплуатации на поверяемый прибор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айруни А. Т., Эттингер И. А. Газы угольных шахт. М., «Знание», 1966. 48 с.
2. Афанасьев В. А. Оптические измерения, М., «Недра», 1968. 264 с.
3. Жариков И. И., Цейслер П. П., Тарасов Б. Г. Манометрический способ поверки интерферометров на точность показаний. — «Безопасность труда в промышленности», 1964, № 12, с. 48—49.
4. Жариков И. И., Цейслер П. П. Оптический газоопределитель ШИ-6. — «Безопасность труда в промышленности», 1963, № 10, с. 26.
5. Жариков И. И., Цейслер П. П. Оптический газоопределитель ШИ-8. — «Безопасность труда в промышленности», 1968, № 6, с. 54.
6. Жариков И. И., Цейслер П. П. Прибор для определения высоких концентраций метана и углекислого газа. — «Безопасность труда в промышленности», 1966, № 1, с. 43—44.
7. Жариков И. И., Цейслер П. П. Шахтный интерферометр ШИ-10. — «Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело», 1969, № 9, с. 18—22.
8. Линник В. П., Коломийцев Ю. В. Интерференционные методы измерения и контроля, разработанные в СССР. — «Оптико-механическая промышленность», 1957, № 5, с. 17—18.
9. Мальцев М. Д., Каракулина Г. А. Прикладная оптика и оптические измерения. М., «Машиностроение», 1968. 471 с.
10. Погорев Г. В. Юстировка оптических приборов. М., «Машиностроение», 1968. 292 с.
11. Рождественский Д. С. Работы по аномальной дисперсии в парах металлов. М., Изд-во АН СССР, 1957. 334 с.
12. Русинов М. М. Техническая оптика. М.—Л., Машгиз, 1961. 328 с.
13. Шишовский А. А. Прикладная физическая оптика. М., Физматгиз, 1961. 822 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Расчет оптических схем шахтных интерферометров	4
Механизм образования разности хода лучей	4
Определение расстояния между интерферирующими лучами	7
Определение разности хода лучей	8
Локализация полос	10
Определение ширины полосы интерференционной картины	11
Определение зависимости расхождения интерферирующих лучей от угла поворота призмы	12
Определение угла разворота призмы	17
Определение фокусных расстояний окуляра и объектива зрительной трубки	18
Предварительный расчет точности определения концентрации газа	19
Теоретическая и практическая оценка факторов, влияющих на показания интерферометров	21
Влияние различия преломляющих усилий метана и углекислого газа	21
Влияние изменения состава газовой смеси на точность определения концентрации метана	22
Влияние изменения состава газовой смеси на точность определения концентрации углекислого газа	25
Влияние атмосферного давления	26
Влияние температуры окружающей среды	27
Способы поверки интерферометров	28
Шахтные интерферометры	30
Принцип действия	30
Шахтный интерферометр ШИ-3	31
Оптическая и газовая схемы	31
Конструкция прибора	34
Подготовка прибора к работе	35
Определение концентрации метана и углекислого газа в рудничном воздухе	36
Шахтный интерферометр ШИ-5	37
Оптическая и газовая схемы	38
Шахтный интерферометр ИГА (ШИ-6)	39
Оптическая схема	40
Газовые линии	41
Конструкция прибора	41
Подготовка прибора к работе	43
Определение концентрации кислорода в рудничном воздухе	43
Определение концентрации метана и углекислого газа в рудничном воздухе	45
Шахтный интерферометр ШИ-7	45
Оптическая и газовая схемы	47
Конструкция прибора	49
Шахтный интерферометр ШИ-8	50
Оптическая схема	50
Конструкция прибора	52
Правила пользования	52
Шахтный интерферометр ШИ-10	53
Оптическая и газовая схемы	54
Конструкция прибора	56
Подготовка прибора к работе	58
Определение концентрации метана и углекислого газа в рудничном воздухе	58
Ремонт шахтных интерферометров	59
Организация ремонта	59
Возможные неисправности шахтных интерферометров и способ их устранения	62
Сборочные элементы	64
Чистка оптики	65
Разборка, сборка и юстировка прибора	66
Газовоздушная камера	68
Окуляр	69
Механизм верньера	70
Кнопка включения	71
Электрический патрон	72
Механизм переключения	73
Кран	73
Фильтр со штуцером	74
Поглотительный патрон и его перезарядка	75
Поверка шахтных интерферометров	77
Список литературы	80