

**РУДНИЧНЫЙ
ВОЗДУХ
И
ЕГО
КОНТРОЛЬ**

КЕМЕРОВО 1970

51

В. С. КОМАРОВ, А. Т. ГОРДЕЕВ,
В. С. ПОЛЯКОВ, Б. А. СУРНАЧЕВ

РУДНИЧНЫЙ
ВОЗДУХ
И ЕГО
КОНТРОЛЬ

*(СПРАВОЧНОЕ
ПОСОБИЕ)*

Кемеровское
книжное издательство
1970

Гос. публичная
научно-техническая
Библиотека СССР
ЭКЗЕМПЛЯР
ЧИТАЛЬНОГО ЗАЛА

41-5151

51
8696

Р—83 Рудничный воздух и его контроль. Кемеровское книжное издательство, 1970.

144 с. 20.000 экз. 37 коп.

Пособие написано инженерами Восточного научно-исследовательского института угольной промышленности В. С. Комаровым, А. Т. Гордеевым, В. С. Поляковым, Б. А. Сурначевым.

В нем рассмотрены состав и свойства рудничного воздуха, источники образования и физиологическое воздействие на человека различных вредных газов, содержащихся в рудничной атмосфере.

Приведены технические характеристики шахтных и лабораторных приборов, с помощью которых определяется состав рудничного воздуха. Изложен принцип действия и описана конструкция аппаратуры, входящей в систему газовой защиты шахт.

Пособие предназначено для инженеров и техников, горных мастеров, взрывников и другого персонала, выполняющего горные работы и осуществляющего надзор за безопасностью в угольных шахтах.

3-7-1

10-70М

6П1.29

РУДНИЧНЫЙ ВОЗДУХ

ПОНЯТИЕ О РУДНИЧНОМ ВОЗДУХЕ

Рудничный воздух — это смесь газов и паров, заполняющая горные выработки, почти всегда содержащая некоторое количество пыли. Образуется он в результате изменений атмосферного воздуха, поступающего в шахту, при движении по горным выработкам.

Сухой атмосферный воздух на поверхности земли имеет следующий средний состав (табл. 1):

Таблица 1

Г а з	% по объему
Азот	78,08
Кислород	20,95
Аргон	0,93
Углекислый газ	0,03
Гелий, неон, криптон, ксенон, озон, радон, водород, суммарно	0,01

Количество водяного пара в воздухе колеблется от 4 до 0,05%.

Если рудничный воздух по своему составу совершенно или почти не отличается от атмосферного, его называют свежим.

Изменение состава атмосферного воздуха в горных выработках происходит в результате уменьшения содержания кислорода, увеличения количества азота, углекислого газа и присоединения метана, окиси углерода и

некоторых других ядовитых и взрывчатых газов, а также поступления в воздух минеральной пыли, сажи, дыма. Эти изменения происходят вследствие окисления кислородом воздуха пород и материалов в шахте, выделения из пород и рудничной воды содержащихся в них газов, ведения взрывных работ, дыхания людей и пр.

ГЛАВНЫЕ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Кислород (O_2) — газ без цвета, вкуса и запаха. Удельный вес* 1,106, молекулярный — 32, вес 1 л при нормальных условиях (0° и 760 мм рт. ст.) 1,428 г, температура кипения -183° , плавления -219° , растворимость в воде 5% по объему при 0° . В свободном состоянии содержится в атмосферном воздухе и природных водах. Весьма активен химически и физиологически, легко соединяется со многими элементами при обычных условиях, необходим для дыхания и горения (сам не горит).

Максимальное насыщение крови человека кислородом при дыхании происходит при парциальном давлении последнего, равном около 160 мм рт. ст., что при нормальном атмосферном давлении соответствует содержанию примерно 21% кислорода в воздухе.

Снижение количества кислорода в воздухе уменьшает степень насыщения им крови, что становится ощутимым при содержании 15% и менее кислорода в воздухе, когда его малое количество уже не компенсируется повышением частоты дыхания. В подземных условиях одышка и сердцебиение наступают примерно при содержании 17% кислорода, а при 12% — атмосфера представляет смертельную опасность. Правилами безопасности (ПБ) допускается содержание его не менее 20% в выработках, где могут находиться люди.

Причинами уменьшения количества кислорода в рудничном воздухе являются: 1) окисление пород и материалов в шахте; 2) дополнительное поступление в воздух азота и углекислого газа, а также газов, ранее в нем отсутствовавших (CH_4 , CO и др.); 3) процессы го-

* Удельный вес газов дан по отношению к удельному весу воздуха.

рения и взрывов (открытое пламя, рудничные пожары, взрывы метана или пыли и пр.); 4) дыхание людей; 5) растворение кислорода шахтными водами; 6) работа двигателей внутреннего сгорания.

После взрыва газа и пыли и при пожарах, а также в непроветриваемых или слабо проветриваемых подземных выработках содержание кислорода может понизиться до 1—3%; вход в эти выработки опасен — пребывание в них 1—2 мин. ведет к потере сознания, а 5—10 мин. — к клинической смерти.

Азот (N_2) — газ без цвета, вкуса и запаха. Удельный вес 0,97, молекулярный — 28,016, вес 1 л при нормальных условиях 1,25 г, температура кипения — $195,7^\circ$, плавления — $237,8^\circ$, растворимость в воде 2% по объему при 0° . Весьма инертен химически и физиологически: увеличение его количества в воздухе оказывает влияние на человека лишь постольку, поскольку оно уменьшает содержание кислорода.

В рудничный воздух азот поступает в результате ведения взрывных работ, гниения органических веществ, а также выделения его из угля и горных пород.

В действующих выработках содержание азота колеблется незначительно, в непроветриваемых — может сильно повышаться.

Углекислый газ (CO_2) — без цвета, со слабо кислым вкусом и запахом. Удельный вес 1,52, молекулярный — 44, вес 1 л при нормальных условиях 1,96 г, температура возгонки — $78,5^\circ$, растворимость в воде при 0° — 179,7% по объему. Не поддерживает горения. Слабо ядовит. Действие на организм человека: при небольшом процентном содержании в воздухе стимулирует дыхание, при дальнейшем увеличении действует отравляюще: при 3% CO_2 в воздухе дыхание учащается даже в состоянии покоя, при 6% — появляется сильная одышка и слабость, при 10% — возможно обморочное состояние, при 20—25% и выше — смертельное отравление. Вследствие того, что CO_2 в полтора раза тяжелее воздуха, он скапливается у почвы выработки. Однако в хорошо проветриваемых выработках он распределяется в их поперечном сечении относительно равномерно.

Причины повышения содержания углекислого газа в рудничном воздухе следующие: окисление горных пород и материалов в шахте; выделение в свободном виде из

горных пород и рудничных вод; процессы горения и взрывы (рудничные пожары, взрывные работы, взрывы метана или пыли и др.); дыхание людей; загрязнение углекислым газом воздуха, поступающего в шахту с поверхности (горение отвалов и др.); разложение углекислых пород кислыми шахтными водами.

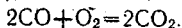
Выделение CO_2 из горных пород обычно происходит по мелким трещинам и порам с небольшой интенсивностью (обычное газовыделение). Однако в некоторых бассейнах (Гар во Франции, Силезский в Польше, калийные рудники в ФРГ) были случаи внезапных выбросов CO_2 .

Количество выделяющегося и образующегося углекислого газа в шахте характеризует ее углекислотообильность. Различают абсолютную и относительную углекислотообильность. Абсолютная углекислотообильность (Q_{CO_2}) шахты — это количество выделяющегося и образующегося в единицу времени в шахте углекислого газа, а относительная — количество углекислого газа, отнесенное к 1 т добытого полезного ископаемого. Угольные шахты по относительной углекислотообильности делятся на четыре группы. I группа — шахты, в которых выделяется до $5 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ на 1 т добываемого угля; II группа — от 5 до $10 \text{ м}^3/\text{т}$; III группа — от 10 до $15 \text{ м}^3/\text{т}$; IV группа — $15 \text{ м}^3/\text{т}$ и выше.

Существуют нормы максимального содержания CO_2 в рудничном воздухе: на общенсходящих струях угольных шахт — 0,75%, рудных — 1%; во всех остальных выработках, где могут находиться люди, — 0,5% по объему.

ОСНОВНЫЕ ЯДОВИТЫЕ ПРИМЕСИ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Оксид углерода (CO) — газ без цвета, вкуса и запаха. Удельный вес 0,97; молекулярный — 28; вес 1 л при нормальных условиях 1,25 г; температура кипения — 190° , плавления — 207° ; растворимость в воде при 0° — 3,3%. Горит и взрывается; пределы взрывчатости — от 12,5 до 75% CO в воздухе; наибольшая сила взрыва при 30%; температура воспламенения при содержании около 30% CO в воздухе — 630 — 810° , цвет пламени голубоватосиний; реакция горения:



Весьма ядовит. Легко соединяясь с гемоглобином крови, замещает в ней кислород, вызывая тем самым кислородное голодание организма. Симптомы нехронического отравления окисью углерода: слабое отравление — головная боль, шум в ушах, головокружение, сердцебиение — при вдыхании до 1 ч. воздуха с содержанием CO до 0,048%; сильное отравление, кроме вышеуказанных симптомов — потеря способности двигаться и притупление сознания при вдыхании в течение 0,5—1 ч. воздуха с содержанием CO до 0,128%; смертельно опасное отравление — потеря сознания, судороги; смерть — после очень непродолжительного вдыхания воздуха с содержанием CO 0,4%; при содержании CO около 1% потеря сознания наступает после нескольких вдохов.

Кроме концентрации CO в воздухе и продолжительности вдыхания отравленного воздуха, на степень отравления организма оказывают влияние частота дыхания, скорость кровообращения, чередование вдыхания чистого и отравленного воздуха, состояние организма человека (покой, мускульная работа), его физические особенности. Отравление наступает быстрее при большой частоте дыхания и скорости кровообращения, при отсутствии чередования вдохов чистого и отравленного воздуха, при ходьбе и выполнении физической работы.

Первая помощь при отравлении CO — искусственное дыхание на свежей струе воздуха посредством специальных аппаратов типа «Оживляющий кислородный аппарат» (ОКА), «Горноспасатель» или при помощи рук человека.

Основные причины появления окиси углерода в рудничном воздухе: взрывные работы, рудничные пожары, взрывы угольной пыли и метана, работа двигателей внутреннего сгорания. В обычных условиях наибольшее выделение CO в шахтах связано с взрывными работами.

Согласно ПБ, в рудничном воздухе действующих выработок количество CO не должно превышать 0,0016% по объему при длительном пребывании людей в них. Перед допуском людей в забой через 30 мин. после взрывных работ в глухой выработке содержание условной окиси углерода (то есть собственно окись углерода плюс двуокись азота, умноженная на коэффициент 6,5) не должно превышать 0,008% по объему при условии

непрерывного проветривания забоя. Такая концентрация окиси углерода должна достигаться не более, как через 30 мин. после взрывания.

Окислы азота образуются при взрывных работах и состоят из смеси окиси азота (NO), двуокиси (NO₂), двучетырехокиси (N₂O₄), пятиокиси (N₂O₅). Имеют бурый цвет и характерный резкий запах. Наиболее устойчивы в воздухе NO₂ и N₂O₄.

Двуокись азота (NO₂) — газ бурого цвета. Удельный вес 1,59, молекулярный — 46,01, вес 1 л NO₂ при нормальных условиях 2,05 г, температура кипения 21,2°; плавления — 10°.

Двучетырехокись азота (N₂O₄) имеет удельный вес 3,18, молекулярный — 92,02, вес 1 л при нормальных условиях 4,11 г; при повышении температуры распадается на двуокись азота: N₂O₄ ⇌ 2NO₂. Причем NO₂ и N₂O₄ легко растворяются в воде.

Окислы азота весьма ядовиты. Вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, а в тяжелых случаях — отеки легких. Токсическое действие окислов азота проявляется через 4—6 час. (иногда через 20—30 час.). Симптомы отравления: кашель, головная боль, рвота, расстройство сердечной деятельности. Смертельная концентрация окислов азота при кратковременном вдыхании 0,025%. Основное средство при оказании первой помощи пострадавшему — покой.

Содержание окислов азота в воздухе действующих выработок, согласно ПБ, не должно превышать 0,0001% по объему в пересчете на N₂O₅.

Для уменьшения образования окислов азота при взрывных работах следует применять ВВ с нулевым или небольшим отрицательным кислородным балансом и со специальными добавками. Необходимо также устранять неполное взрывание ВВ.

Сероводород (H₂S) — газ без цвета, со сладковатым вкусом и запахом тухлых яиц (запах сероводорода ощутим при содержании его в воздухе 0,0001% и выше). Удельный вес 1,19, молекулярный — 34,09, вес 1 л при нормальных условиях 1,52 г; температура плавления — 83°, кипения — 60,2°; при 0°С в одном объеме воды растворяется 4,4 объема H₂S. Горит, а при концентрации в воздухе 6% — взрывается.

Весьма ядовит. Действует раздражающе на слизистые

оболочки глаз и дыхательных путей. Симптомы отравления (в порядке увеличения степени отравления): раздражение и жжение в глазах и дыхательных путях, усталость, тошнота, обморок. Смерть наступает быстро при вдыхании воздуха с 0,1% H_2S .

Первая помощь при отравлении: искусственное дыхание на свежей струе, вдыхание хлора (платок смочить хлорной известью). Согласно ПБ, количество H_2S в воздухе действующих выработок не должно превышать 0,00066% по объему.

Причины появления H_2S в рудничном воздухе: гниение органических веществ; разложение шахтными водами содержащих серу пород (серный колчедан, гипс и др.); выделение из горных пород (особенно из пластов каменной соли) и минеральных источников; рудничные пожары; взрывные работы (неполное взрывание ВВ, горение огнепроводного шнура).

Так как сероводород образуется при гниении органических веществ (крепежного леса) и хорошо растворяется в воде, следует осторожно проходить по заброшенным обводненным выработкам, стараясь не возмущать воду, в противном случае из нее может выделиться значительное количество растворенного сероводорода.

Согласно «Единым правилам безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом», шахты, в которых хотя бы на одном пласте (залежи) обнаружен сероводород (или метан и водород), относятся к опасным по газу.

Сернистый газ (SO_2) — без цвета, с сильным раздражающим запахом и кислым вкусом. Удельный вес 2,22, молекулярный — 64,07, вес 1 л при нормальных условиях 2,86 г, температура плавления — $72,7^\circ$, кипения — 10° , при $20^\circ C$ в одном объеме воды растворяется 40 объемов SO_2 .

Весьма ядовит. Раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, при сильном отравлении вызывает воспаление бронхов, отек гортани и легких. Концентрация 0,05% опасна для жизни даже при кратковременном вдыхании. Запах SO_2 ощутим при содержании его в воздухе 0,0005%. Согласно ПБ, содержание SO_2 в воздухе действующих выработок не должно превышать 0,0007% по объему.

Причины появления SO_2 в рудничном воздухе: взрывные работы, если они ведутся в сернистых породах или ВВ содержит серу; рудничные пожары; выделение из горных пород.

ПРОЧИЕ ЯДОВИТЫЕ, РАДИОАКТИВНЫЕ И ИНЕРТНЫЕ ПРИМЕСИ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Аммиак — газ без цвета, с резким характерным запахом. Удельный вес 0,596; молекулярный — 17,03, вес 1 л при нормальных условиях 0,77 г; температура плавления — $77,7^\circ$, кипения — $33,3^\circ$; хорошо растворим в воде. Ядовит. Раздражает слизистые оболочки и кожу, при высоких температурах вызывает отек гортани. Образуется после взрывных работ. Предельно допустимая концентрация 0,0025% по объему, или 0,02 мг/л.

Компрессорные газы — смесь ядовитых и взрывчатых газов (CO , CH_4 и другие углеводороды), образующихся при разложении смазочных масел и поступающих иногда в атмосферу горных выработок со сжатым воздухом. Это может иметь место при неисправности охлаждающих устройств компрессоров либо при использовании недоброкачественных масел.

Выхлопные газы могут поступать в атмосферу шахтных выработок при работе двигателей внутреннего сгорания. В состав этих газов, кроме CO , CO_2 и окислов азота, входят также акролеин и формальдегид.

Акролеин ($\text{CH}_2 = \text{CHCHO}$) — бесцветная, легко летучая жидкость с неприятным резким запахом пригорелых жиров, поступающая в воздух в виде паров. Ядовита. Раздражающе действует на слизистые оболочки; смертельно опасна концентрация акролеина 0,0014% по объему. Допустимая — 0,000025% по объему.

Формальдегид (HCHO) — бесцветный газ с резким удушливым запахом. Ядовит. Вызывает сильное раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей уже при содержании 0,018%. Допустимой считается концентрация 0,000075% по объему.

Пары мышьяка (As) и ртути (Hg), цианистый водород (HCN) — очень редкие примеси рудничного

воздуха. Могут образовываться при взрывных работах; выделяются при разработке соответствующих руд. Весьма ядовиты. Предельно допустимое содержание паров ртути составляет 0,00001 мг/л; цианистого водорода — 0,0003 мг/л, или 0,000027% по объему.

Радиоактивные газы. При разработке некоторых руд, например урановых, в рудничный воздух могут поступать газообразные продукты их радиоактивного распада (эманации): например, радон (Rn), торон (Tn), актинон ($Аn$). Эманации радиоактивны (выделяют α и β -лучи), дают ионизирующие излучения, вызывающие у человека местные лучевые ожоги и язвления или лучевую болезнь в острой или хронической форме.

Особенностью воздействия излучения является их скрытый характер. Человек, подвергающийся опасному воздействию излучения, не ощущает его. Происходящие в организме болезненные изменения проявляются не сразу, а по истечении некоторого времени.

Предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воздухе устанавливаются с учетом вида излучения. Наиболее опасен радон (Rn), санитарная норма содержания которого в рудничном воздухе равна 10 эманам*.

Гелий (He) — инертный газ, бесцветен, выделяется из пород.

МЕТАН

Метан — основная составная часть рудничного газа, выделяющегося в горные выработки из пород. Рудничный газ, кроме метана, может содержать в себе углекислый газ, азот, водород, этан, этилен, сероводород, сернистый газ, окись углерода. Состав рудничного газа зависит от свойств горных пород. В угольных шахтах он состоит в основном из метана с примесью CO_2 (до 5%), N_2 (несколько процентов, а в калийных шахтах — до десятков процентов), H_2 и гомологов метана (суммарно 1—4%), CO (0,5—1,5%).

* Одному эману соответствует такая концентрация эманаций, при которой в 1 л воздуха в 1 сек. происходит 3,7 распада.

Метан — газ без цвета и запаха. Удельный вес 0,554, молекулярный — 16,03, вес 1 л при нормальных условиях 0,716 г, температура плавления —184°, кипения —161,4°, растворимость в воде 3,5% при 760 мм рт. ст. и 20°. При обычных условиях весьма инертен, соединяется только с галогенами. Не ядовит. Увеличение его содержания в воздухе ведет к уменьшению количества кислорода.

Метан с воздухом образует горючие и взрывчатые смеси. Горит бледным голубовато-синим пламенем. Реакция горения: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. При недостатке кислорода реакция идет с образованием окиси углерода и водорода: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 = \text{CO} + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Теплота горения метана 13300 ккал/кг. Температура воспламенения 650—750°; она зависит от насыщенности воздуха метаном, от состава атмосферы, рода воспламенителя, давления. При содержании в воздухе до 5—6% метана он горит при наличии источника тепла; от 5—6 до 14—15%, нормальном давлении и обычной температуре — смесь взрывается; свыше 14—15% — метан при обычных условиях не взрывается, но может гореть при условии притока кислорода извне.

С ростом количества метана в воздухе от 5—6 до 14—15% сила взрыва вначале нарастает, достигая максимума при 9,5%, а затем, при дальнейшем повышении содержания метана, уменьшается. Наиболее легко воспламеняются смеси с 8% метана.

Нижний предел взрывчатости смеси из нескольких близких по составу горючих газов определяется по формуле

$$x = \frac{100}{\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \frac{P_3}{N_3} + \dots}, \%$$

где P_1, P_2, P_3, \dots — содержание каждого из горючих компонентов смеси в процентах по объему при условии, что

$$P_1 + P_2 + P_3 + \dots = 100\%;$$

N_1, N_2, N_3 — нижние пределы взрывчатости в процентах по объему каждого из горючих компонентов в воздухе нормального состава (табл. 2).

Пределы взрывчатости смесей метана с воздухом,

содержащим различные проценты кислорода, показаны на диаграмме (рис. 1), которая дает представление о том, какие смеси метана с воздухом не взрывчатые при данном содержании кислорода и, наоборот, при каких концентрациях кислорода данная метано-воздушная смесь взрывчата.

Кроме химического состава, пределы взрывчатости метано-воздушной смеси зависят от ее начальной температуры и давления, расширяясь при их повышении. Так, при начальном давлении 10 ат метано-воздушная смесь взрывается при содержании метана от 5,9 до 17,2%.

Воспламенение метана происходит через некоторый промежуток времени после возникновения контакта его с источником тепла. Время запаздывания вспышки из-

Таблица 2

Г а з	Пределы взрывчатости, % по объему	
	нижний	верхний
Метан	5,0	15,0
Окись углерода	12,5	75,0
Этан	3,2	12,5
Водород	4,0	74,0

Таблица 3

Содержание метана, %	Задержка воспламенения, сек., при температуре			
	775°	875°	975°	1075°
6	1,08	0,35	0,12	0,039
7	1,15	0,36	0,13	0,041
8	1,25	0,37	0,14	0,042
9	1,30	0,39	0,14	0,044
10	1,40	0,41	0,15	0,049
12	1,64	0,44	0,16	0,055

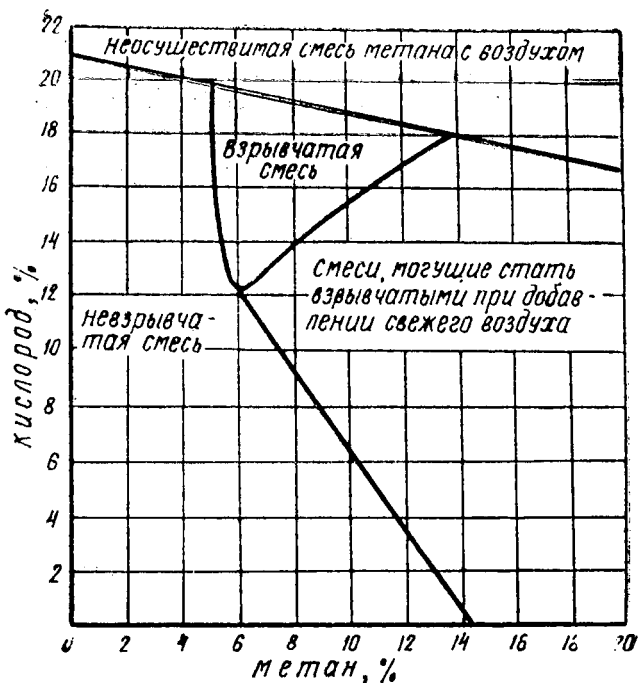


Рис. 1. Пределы взрывчатости смесей метана с воздухом

зывается индукционным периодом, который быстро уменьшается при повышении температуры воспламенителя и незначительно увеличивается при росте количества метана в воздухе (табл. 3). Наличие индукционного периода создает условия для применения в шахте предохранительных ВВ, у которых время, необходимое для остывания продуктов взрыва, ниже температуры воспламенения метана, меньше длительности индукционного периода.

Температура продуктов взрыва метана в неограниченном объеме достигает 1875° , при взрыве внутри

замкнутого объема — 2150—2650°. Давление взрыва имеет наибольшую величину при взрыве в ограниченном объеме и примерно в 9 раз превосходит начальное давление до взрыва. Так, если начальное давление смеси было равно 1 ат, то после взрыва достигло 9 ат. Предварительное сжатие объемов метано-воздушной смеси распространяющейся взрывной волной способствует возникновению высоких давлений (до 30 ат и выше) при воспламенении смеси.

Скорость распространения взрывной волны вдоль выработки по мере увеличения содержания метана выше 5—6% сначала возрастает, а затем снижается до нуля при 14—15%. Скорость больше, если смесь перед взрывом находилась в движении. Всевозможные препятствия (сужения, выступы, отдельные предметы и т. п.), способствуя повышению давления, увеличивают скорость распространения взрывной волны от нескольких десятков до нескольких сотен метров в секунду.

При взрыве метана в шахтах наблюдается два удара — прямой и обратный. Прямой удар представляет собой волну, распространяющуюся от источника воспламенения к периферии.

Обратный удар — взрывная волна, распространяющаяся в обратном направлении — к центру взрыва, вследствие возникающего там разряжения после конденсации при взрыве паров воды. Обратный удар обычно слабее прямого.

Соответственно различают и два вида пламени: первичное и вторичное. Первичное пламя — это пламя взрыва, вторичное — возникает в результате дожигания оставшегося на пути взрыва метана при притекании к нему кислорода из прилегающих выработок.

Образование метана происходит одновременно с процессами формирования пластов угля и метаморфизмом первичного органического вещества. В породах метан находится в двух состояниях: в виде свободного и сорбированного (связанного) газа. Различают три формы связи газа с твердым веществом: адсорбцию (сгущение молекул газа на поверхности твердого вещества под действием сил молекулярного притяжения), абсорбцию (проникновение молекул газа в твердое вещество без химического взаимодействия и образование «твердого

раствора») и хемосорбцию (обратимое химическое сближение молекул газа и твердого вещества). Основное количество сорбированного породами метана находится в адсорбированном состоянии и зависит от газового давления в породах и их температуры. Повышение давления увеличивает количество сорбированного метана, повышение температуры уменьшает его.

Угольные пласты и породы характеризуются метаноносностью и метаноемкостью. Метаноносность — количество метана, содержащегося в природных условиях в единице веса или в единице объема угля или породы ($\text{м}^3/\text{т}$ или $\text{м}^3/\text{м}^3$). Метаноемкостью называется количество газа в свободном или сорбированном состоянии, которое может поглотить единица веса или единица объема угля или породы при данном давлении и температуре ($\text{см}^3/\text{г}$ или $\text{см}^3/\text{см}^3$). Определяется в лабораторных условиях. Из-за невозможности создать в лаборатории условия, абсолютно подобные природным, метаноемкость обычно отличается от метаноносности.

В горных выработках метан выделяется с обнаженной поверхности угольных пластов, в небольших количествах с обнаженных поверхностей пород, из отбитого угля, из выработанного пространства. Различают обыкновенное, суфлярное и внезапное выделение метана с обнаженной поверхности угля.

Обыкновенное выделение метана происходит через мелкие, невидимые, трещины и дает основное количество выделяющегося в шахте газа. В первые моменты после вскрытия пласта газовыделение происходит весьма интенсивно, затем быстро падает и через 6—10 месяцев прекращается. Выделение метана с обнаженной поверхности угля зависит от производственных процессов, изменяющих условия дегазации массива: зарубки, отбойки угля, управления кровлей. При зарубке может быть значительное метановыделение вследствие быстрого обнажения почти не дегазированных участков пласта. При этом возможно образование высоких концентраций метана.

Значительное метановыделение наблюдается после отбойки угля взрывным способом в забоях подготовительных выработок. Отбойка угля отбойными молотками не вызывает заметного повышения метановыделения.

Метановыделение при работе добычного комбайна обычно меньше, чем при одновременно выполняемых работах по зарубке, отбойке, навалке и транспортировке угля.

Суффлярным называется выделение метана из крупных, видимых, трещин и пустот в угле и породах. Дебит их может быть от нескольких до десятков тысяч м³/сутки, продолжительность действия — от нескольких часов до нескольких лет. Опасно из-за неожиданности проявления.

При внезапном выбросе из угольного пласта за короткое время выделяется большое количество газа и угольной мелочи с образованием пустот в массиве угля. Представляет исключительную опасность для горнорабочих вследствие механического воздействия и создания удушливой и взрывоопасной атмосферы.

Выделение метана из отбитого угля происходит в очистных и подготовительных забоях, а также в тех выработках, по которым он транспортируется. Повышение газовыделения из отбитого угля происходит при его погрузке или перелопачивании.

Из выработанных пространств метан выделяется в призабойное пространство очистных забоев на вентиляционные штреки лав и в выработки, находящиеся за пределами участков, при их примыкании к выработочному пространству. Основным источником метановыделения из выработанного пространства являются близрасположенные угольные пласты-спутники. При отработке пласта угля близрасположенные угольные пласты частично разгружаются от давления, при этом часть метана в них из сорбированного состояния переходит в свободное и по образующимся в междупластье трещинам перемещается в выработанное пространство разрабатываемого пласта.

Количество выделяющегося в шахте (в выработке) метана и опасность ее по метану характеризуется метанообильностью. Различают абсолютную и относительную метанообильность. Абсолютная метанообильность — количество метана, выносимое из шахты (выработки) в единицу времени (обычно м³/сутки). Относительная — количество метана, приходящееся на 1 т добываемого угля. По относительной метанообильности шахты делятся на четыре категории (табл. 4).

Категория устанавливается ежегодно в июне-июле

Таблица 4

Категория шахты по метану	I	II	III	Сверхкатегорные
Относительная метано- обильность шахты, м ³ /т.	до 5	от 5 до 10	от 10 до 15	от 15 и выше или шахты, разрабатывающие пла- сты, опасные по выбро- сам и суфлярам

по трем замерам газообильности (в начале, середине и конце месяца) на исходящих струях шахты, отдельных пластов и участков в дни ее нормальной работы, соответствующие максимальному газовыделению с учетом способов выемки и управления кровлей. Каждый замер повторяется три раза в сутки по одному в смену и состоит из взятия пробы воздуха представителем ВГСЧ и замера его количества начальником вентиляции или его помощником. Анализ проб воздуха осуществляет лаборатория ВГСЧ.

Абсолютная газообильность шахты, пласта, участка определяется как средняя из трех наблюдений за сутки по формуле

$$Q_{CH_4} = \frac{Q_1 m_1 + Q_2 m_2 + Q_3 m_3}{3 \cdot 100}, \text{ м}^3/\text{мин},$$

где Q — количество проходящего воздуха при взятии пробы, $\text{м}^3/\text{мин}$;

m — процентное содержание газа в пробе.

Если шахта проветривается несколькими вентиляторами, то ее абсолютная газообильность определяется как сумма абсолютных газообильностей исходящих струй всех вентиляторов. Относительная газообильность определяется по трем значениям максимальной абсолютной газообильности, замеренной в начале, середине и конце месяца:

$$Q_{CH_4} = \frac{Q_{CH_4 \max} \cdot 24 \cdot 60 \cdot n}{T}, \text{ м}^3/\text{т},$$

где $Q_{CH_4 \max}$ — максимальная абсолютная газообильность трех наблюдений (в течение месяца), $\text{м}^3/\text{мин}$;

n — число рабочих дней в том месяце, когда определялась газообильность;

T — месячная добыча угля, т.

Категория шахты по газу устанавливается по относительной газообильности наиболее газоносного пласта, а последняя — по газообильности наиболее газоносного участка.

При появлении в подготовительных, нарезных или очистных выработках внезапных выбросов угля и газа или газового суфляра шахту немедленно относят к сверхкатегорным.

Согласно ПБ, содержание метана в горных выработ-

ках должно быть на вентиляционной струе, исходящей из участка, очистного забоя и подготовительной выработки, менее 1% по объему; на общей исходящей шахты, крыла — 0,75%, на поступающей струе в очистные и подготовительные забои — 0,5%. Местное (в отдельных местах) скопление метана в очистных забоях, в подготовительных и других выработках должно быть менее 2%.

ВОДОРОД И УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ

Водород H_2 — газ без цвета, запаха и вкуса. Молекулярный вес 2,016, плотность по отношению к воздуху 0,069. Водород — самый легкий газ, в 14,3 раза легче воздуха и в 8 раз легче метана, плохо растворим в воде; слабо сорбируется углем, не ядовит, дыхание не поддерживает, горит, при содержании от 4,1 до 74% (по объему) образует с воздухом взрывчатую смесь, взрывающуюся от источника, имеющего температуру 580—600° С.

Реакция соединения водорода с кислородом протекает по уравнению $2H_2 + O_2 = 2H_2O + 136\ 800$ кал. При взрыве температура достигает 3100° С, а скорость распространения взрывной волны — 3500 м/сек. Газовая смесь, содержащая более 74% водорода, будучи зажженной, горит спокойным, почти бесцветным пламенем при доступе воздуха извне.

В конечных продуктах взрыва водорода, в отличие от взрыва метана, отсутствует окись углерода, вызывающая отравление людей, застигнутых в горных выработках. Скорость горения смеси водорода с воздухом, так же как и метана, зависит от того, находится ли она в состоянии покоя или движения. При возникновении препятствий, нарушающих равномерность движения газов, происходит их перемешивание или резкое изменение скорости, что значительно увеличивает скорость горения и разрушительную силу взрыва.

Водород опаснее метана, так как он взрывается при содержании в воздухе 4%, кроме того, температура воспламенения его на 150—200° С ниже, чем метана. Присутствие водорода в составе рудничного газа весьма сокращает, а при значительном (до 30%) его количестве

устраняет совершенно «запаздывание» взрыва. Поэтому обычные предохранительные ВВ могут оказаться небезопасными при содержании водорода в воздухе. Источниками появления водорода в шахтной атмосфере могут быть: выделение его из полезного ископаемого и боковых пород, образование при пожаре, при зарядке аккумуляторных батарей.

Наличие водорода в атмосфере устанавливается химическим анализом проб шахтного воздуха.

Углеводородные газы. Кроме метана, в рудничной атмосфере могут встретиться и другие углеводороды (табл. 5).

Таблица 5

Углеводороды	Относительный удельный вес	Температура воспламенения, град	Пределы взрывчатых смесей газов с воздухом, %
Этан (C_2H_6)	1,05	548	3,2 — 15,0
Пропан (C_3H_8)	1,56	514	2,4 — 7,4
Бутан (C_4H_{10})	2,07	489	1,5 — 6,5
Пентан (C_5H_{12})	2,49	518	1,45 — 6,5
Этилен (C_2H_4)	0,97	542	3,0 — 34,0
Ацетилен (C_2H_2)	0,91	406	2,5 — 81,0

Из данных таблицы видно, что перечисленные углеводороды могут представлять большую опасность, чем метан. Содержание их в рудничном газе ничтожно, однако количество некоторых из них может резко возрасти при подземных авариях и пожарах от самовозгорания каменного угля. Иногда они поступают в горные выработки из нефтегазоносных пород, как например, в Кизеловском бассейне.

Приближенно нижний предел взрываемости L смеси метана и других углеводородных газов можно определить по формуле

$$L = \frac{k}{\gamma},$$

где k — постоянная величина (для метана $k=2,77$; для гомологов метана $k=3,9$; в среднем для рудничного газа $k=3$);

γ — удельный вес газовой смеси.

ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Состав рудничного воздуха регламентируется правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Содержание кислорода в воздухе выработок, в которых могут находиться люди, должно быть не менее 20% (по объему), углекислого газа — не должно превышать на рабочих местах и общих исходящих струях участков 0,5%, в выработках с общей исходящей струей крыла, шахты — 0,75% и при проведении и восстановлении выработок по завалу — 1%.

Воздух в действующих подземных выработках не должен содержать ядовитых газов больше предельно допустимой концентрации, указанной в табл. 6.

Таблица 6

Ядовитый газ	Предельно допустимая концентрация газа в действующих выработках шахт	
	по объему	мг/л
Окись углерода CO . . .	0,00160	0,02
Окислы азота NO ₂ . . .	0,00020	0,004
Сернистый газ SO ₂ . . .	0,00070	0,02
Сероводород H ₂ S . . .	0,00066	0,01

Перед допуском рабочих в забой после взрывных работ содержание ядовитых газов (окиси углерода, окислов азота и др.) не должно превышать 0,008% (по объему) при пересчете на условную окись углерода. Такое разжижение ядовитых газов должно достигаться за время не свыше 30 мин. В отдельных случаях с разрешения органов Госгортехнадзора время проветривания может быть изменено. При проверке достаточности разжижения ядовитых продуктов взрыва 1 л двуокиси азота принимается эквивалентным 6,5 л окиси углерода. При несоответствии состава воздуха установленным нормам работы в этих выработках должны быть остановлены и люди выведены на свежую струю. Об этом следует не-

медленно сообщить начальнику участка, а также диспетчеру (дежурному по шахте) и принять меры к улучшению качества воздуха.

Газообильность шахт по метану и углекислому газу устанавливается в соответствии с «Инструкцией по определению газообильности шахт по метану и углекислому газу и установлению категорий шахт по метану».

Шахты, в которых выделяется или выделялся метан хотя бы на одном пласте, считаются опасными по газу и должны быть полностью переведены на газовый режим, требования которого, согласно ПБ, соответствуют категории шахты по метану. Газовый режим в них должен соблюдаться и на негазовых пластах.

Если при проходке стволов обнаружен метан или ожидается его выделение, то работы переводятся на газовый режим (периодичность замеров, исполнение электрооборудования, взрывные работы).

В атмосфере подземных выработок не допускается содержание метана выше указанного в табл. 7. Запрещаются взрывные работы при содержании одного и более процентов метана в забое. При обнаружении в выработках метана в количестве, превышающем нормы, указанные в табл. 7, рабочие из этих выработок должны быть немедленно выведены на свежую струю, выработки по всему поперечному сечению закрещены, электрический ток выключен и поставлен пост у электрической аппаратуры, включающей ток. Об этом немедленно со-

Таблица 7

Вентиляционная струя	Недопустимое содержание метана, % по объему
Исходящая из участка, очистного забоя и подготовительной выработки .	1,0
Общая исходящая шахты, крыла . .	0,75
Поступающая в очистные или подготовительные забои	0,5
Местное (в отдельных местах) скопление в очистных забоях, в подготовительных и других выработках . .	2,0

общается начальнику участка, а также диспетчеру (дежурному по шахте) и принимаются меры для удаления газа.

В случае прекращения работы из-за наличия местных скоплений метана до 2% в очистных забоях и в подготовительных выработках у электрического оборудования и аппаратов (у комбайнов, врубовых машин и т. д.) возобновление работ допускается после снижения концентрации метана до 1%.

В шахтах, опасных по газу, взрывные работы в подготовительных выработках, исходящая струя из которых поступает в очистные забои, должны производиться при отсутствии в них людей и под непосредственным руководством (в присутствии) лица технического надзора по должности не ниже помощника начальника участка. Разгазирование выработок осуществляется в присутствии лиц вентиляционного надзора с соблюдением утвержденных главным инженером шахты мероприятий, обеспечивающих безопасность.

Исходящая струя из подготовительных выработок новых горизонтов шахт, опасных по газу, должна быть направлена непосредственно в исходящую струю шахты или участка. Если это технически невозможно, с разрешения главного инженера комбината допускается выпускать исходящую струю на участки эксплуатационных работ верхнего горизонта при условии, что в этой исходящей струе содержание метана не превышает 0,5, а ядовитых газов — установленных норм.

При необходимости разгазирования выработок нового горизонта работы на эксплуатационном горизонте должны быть остановлены, а люди выведены.

На газовых шахтах в тех случаях, когда средства вентиляции не могут обеспечить содержание метана в воздухе в пределах установленных норм, должна осуществляться дегазация, работы по которой проводятся в соответствии с «Временной инструкцией по безопасному ведению дегазационных работ на шахтах».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Общие положения

Согласно ПБ, для проверки качественного состава воздуха и правильности его распределения по выработкам одновременно замеряется количество воздуха и отбираются пробы. Пробы воздуха отбираются согласно «Инструкции по отбору проб рудничного воздуха». Во время аварий и в других экстренных случаях порядок отбора устанавливается главным инженером шахты, горнотехническим инспектором и командиром ВГСЧ в зависимости от целей и обстоятельств каждого конкретного случая.

Организация, сроки и места отбора проб рудничного воздуха

Пробы рудничного воздуха отбираются работниками ВГСЧ по специальному плану, который прилагается к договору, заключенному шахтой с ВГСЧ на обслуживание ее газоаналитической лабораторией. План отбора проб составляется начальником ПВС в конце квартала на весь следующий квартал, согласовывается с командиром взвода ВГСЧ, обслуживающего шахту, и утверждается ее главным инженером. Перед началом каждого месяца он просматривается указанными лицами и уточняется.

В дни, предусмотренные планом, пробоотборщик получает в лаборатории ВГСЧ акт-наряд (форма 1, табл. 8). Начальник ПВС шахты уточняет (в зависимости от состояния горных работ), утверждает его и назначает работника шахты (из лиц вентиляционного надзора), который замеряет скорость воздушной струи и температуру воздуха в выработках, где она превышает 20°С, а также участвует в отборе проб. Отбор проб должен осуществляться одновременно с замером количества воздуха.

Начальник ПВС вправе изменить места отбора проб. На каждую вычеркнутую и добавленную точку отбора в акте-наряде должна быть указана и подтверждена подписью начальника ПВС причина изменения.

Форма 1 к «Инструкции по отбору проб рудничного воздуха»

АКТ-НАРЯД № _____

на осуществление контроля за составом шахтной атмосферы на шахте _____ треста _____

Настоящий составлен в том, что «_____» _____ 197 г.

(должность) _____ (взвода пункта)

ВГСЧ т. _____

_____ и представителем шахты т. _____ произведен контроль за составом шахтной атмосферы, согласно плану, в следующих точках:

№ п/п	Наименование горных выработок и мест замера	Время замера	Скорость воздушной струи, м/сек	Тип газоопределителя и его номер	Результаты замеров CO ₂ , CH ₄ , CO, O ₂ , H ₂ , %	Содержание O ₂ , %	Количество замеров в точке контроля	Температура воздуха, град.	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Акт-наряд проверил:

Начальник пылевентиляционной службы шахты _____ (подпись)

Замеры произвели: _____

Представитель шахты _____ (подпись)

Проботборщик ВГСЧ _____ (подпись)

Извещение № _____ получил _____ (должность, подпись)

«_____» _____ 197 г. в _____ час. _____ мин.

Акт-наряд и газоопределитель приняты «_____» _____ 197 г. в _____ час. _____ мин.

Лаборант химической лаборатории ВГСЧ _____ (подпись)

О повышенном содержании газов сообщено:

1) участковому горнотехническому инспектору т. _____

Подпись передавшего _____

2) в трест и РайГТИ тт. _____

Подпись передавшего _____

Планный отбор шахтного воздуха и замер его количества производится:

— на шахтах негазовых, I и II категории по газу — один раз в месяц;

— на шахтах III категории — не реже двух раз в месяц;

— на шахтах сверхкатегорных и в зарядных камерах всех шахт — не реже трех раз в месяц.

На шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к самовозгоранию, пробы отбираются три раза в месяц.

Для контрольной проверки качественного состава воздуха при проходке стволов пробы должны браться в стволах, переведенных на газовый режим, не реже двух раз, а в остальных стволах — один раз в месяц. Пробы отбираются в трех местах: на расстоянии $\frac{1}{3}$ и $\frac{2}{3}$ глубины ствола от устья и в забос. Они должны браться в местах, характеризующих состав рудничного воздуха, в том числе в забоях подготовительных выработок, на исходящих струях лав, выемочных и подготовительных участков, пластов, крыльев и шахты в целом, а в газовых шахтах, кроме того, на поступающих струях при последовательном проветривании забоев, в случаях выделения метана на пути движения свежей струи, а также в тупиковых (особенно восстающих) забоях негазовых шахт.

Отбор проб для физико-химического анализа состава воздуха должен производиться также в зарядных камерах восстающих забоев, в выработках, проветриваемых путем диффузии, из суфляров и из-за перемычек, в местах, находящихся вблизи старых работ, откуда возможен приток углекислого газа, и в горных выработках, где скорость воздушной струи менее 0,2 м/сек.

На шахтах, вблизи которых имеются горящие терриконы или промышленные предприятия, загрязняющие атмосферу вредными примесями, которые могут попасть в шахту, планом должен предусматриваться и осуществляться отбор проб воздуха на общей поступающей струе шахты. Периодичность отбора — один раз в неделю или декаду.

Пробы для определения процентного содержания метана в струе, исходящей из лавы, должны браться в 10—20 м от выхода на вентиляционную выработку по направлению движения струи, при этом в акте-наряде

отмечается характер смены — рабочая или ремонтная. В случаях выделения метана из выработанного пространства пробы воздуха должны отбираться в вентиляционном штреке в местах наибольшего его выделения и обязательно в начале вентиляционного штрека у сопряжения с квершлагом.

Замеры количества воздуха с периодичностью, указанной выше, должны производиться на главных входящих и исходящих струях шахты, на разветвлениях воздушных струй, в начале и конце главных вентиляционных выработок, на входящих и исходящих струях крыльев, участков, очистных забоев и подготовительных выработок и обязательно в местах, где отбирались пробы при определении газообильности шахты. В местах замера количества воздуха на главных входящих и исходящих струях шахт должны быть устроены замерные станции стандартной конструкции длиной не менее 4 м. В других выработках количество воздуха замеряется на прямолинейных незагроможденных участках с крепью, плотно прилегающей к стенкам выработки.

Во всех местах замера количества воздуха устанавливаются доски, на которых записываются: дата замера, площадь поперечного сечения выработки (замерной станции), расчетное и фактическое количество воздуха, скорость воздушной струи, содержание метана и углекислого газа. Замеры количества воздуха и отбор проб должны производиться на исходящих струях участков, пластов, крыльев и шахт на расстоянии 15—30 м от сливания их с исходящими струями других участков.

Для проверки качественного состава воздуха после взрывных работ и доведения концентрации ядовитых газов в нем до нормы, предусмотренной в табл. 6, пробы воздуха берутся в зависимости от изменения условий работы, но не реже одного раза в месяц.

Время, необходимое для снижения концентрации ядовитых газов до указанной нормы при данном количестве подаваемого воздуха, должно проверяться отбором проб и анализами. Отбор проб воздуха необходимо осуществлять в типовых по условиям работы забоях не ранее чем через 15 и не позже 30 мин. после взрывания. Определенное таким путем время проветривания утверждается для типовых условий отдельных забоев как обязательное.

Представитель вентиляционного надзора, участвующий в отборе проб, должен замерить газ газоанализатором или предохранительной бензиновой лампой в каждом месте отбора проб. Отбор проб воздуха без предварительного замера метана и углекислого газа запрещается.

В выработках с удушливой атмосферой, а также содержащей ядовитые газы в концентрациях, опасных для жизни или здоровья людей, отбор проб производится только в респираторах работниками ВГСЧ.

По окончании отбора проб представитель вентиляционного надзора совместно с отборщиком проб подписывает акты-наряды.

Пробы рудничного воздуха, отбираемые в плановом порядке, анализируются на содержание трех компонентов: CO_2 , CH_4 и O_2 , а при ведении взрывных работ — на пять компонентов: CO_2 , CH_4 , CO , O_2 и NO_2 . Отбор проб для определения содержания H_2S , SO_2 и остальных газов производится по требованию шахты или органов надзора. Содержание CO_2 , CH_4 и O_2 устанавливается с точностью до 0,1%, окиси углерода — до 0,001%, сероводорода, сернистого газа и окислов азота — до 0,0005% по объему. Результаты замеров и анализов проб воздуха должны заноситься в «Вентиляционный журнал».

В шахтах, разрабатывающих пласты угля, склонного к самовозгоранию, следует вести наблюдения за ранними стадиями самовозгорания угля. С этой целью отбираются пробы воздуха для определения содержания в них O_2 , CO , CO_2 , а также замеряется температура и количество поступающего воздуха. Отбор этих проб сочетается с отбором плановых проб воздуха.

Они берутся на исходящих струях участков или около тех мест, где возможно самонагревание угля; в этих же местах замеряется температура и количество поступающего воздуха. Отбор проб воздуха, замеры температуры и количества поступающего воздуха осуществляются не реже трех раз в месяц. Все результаты наблюдений, а также данные анализа проб воздуха заносятся в «Вентиляционный журнал».

При обнаружении признаков самовозгорания угля отбор проб и замеры температуры ведутся ежедневно (ежесменно), а также принимаются меры по ликвидации очагов самонагревания.

Там, где подрабатываются участки с потушенными пожарами, должна быть организована контрольно-наблюдательная служба с ежесуточным отбором проб воздуха для анализа его и замером температур. Все данные заносятся в «Вентиляционный журнал».

При осмотре изолирующих перемычек необходимо следить за составом воздуха возле перемычек. Перемычки, отделяющие пожарный участок от эксплуатационных выработок, осматриваются ежесуточно, а в особых случаях — при резком изменении содержания газов и пр., — не реже одного раза в смену. Перемычки, отделяющие выработанное пространство без пожарных очагов (в штреках, промежуточных квершлагах и пр.), осматриваются не реже одного раза в неделю. При обнаружении негерметичности перемычек, а также других дефектов принимаются срочные меры по ликвидации дефектов или усилению перемычек. Результаты осмотра, а также перечень выполненных работ по устранению обнаруженных дефектов заносятся в «Книгу по наблюдениям за пожарными участками».

Из пожарного участка должны регулярно отбираться пробы воздуха для анализа на CO , CO_2 , O_2 и горючие углеводороды. При этом принимаются меры, исключающие засасывание воздуха извне в сосуды для проб.

Пробы воздуха отбираются работниками ВГСЧ. Места и даты их отбора устанавливаются главным инженером шахты по согласованию с ВГСЧ. Результаты анализов воздуха и все изменения заносятся в «Книгу по наблюдениям за пожарными участками». Результаты анализа проб воздуха, получаемые из лабораторий, хранятся до перевода пожара в категорию потушенных.

Пробы воздуха из непроветриваемой части затопленных выработок (при откачке) должны анализироваться на содержание CO , CO_2 , CH_4 , O_2 , H_2S и SO_2 .

В случае необходимости срочного определения состава воздуха в какой-либо выработке по указанию главного инженера пробы берутся работниками шахты либо вызванным для этой цели пробоотборщиком ВГСЧ. Эти пробы без задержки доставляют в лабораторию.

Извещение (форма 2, табл. 9) о результатах анализов плановых проб рудничного воздуха газоаналитическая лаборатория ВГСЧ передает главному инженеру шахты не позднее чем через сутки с момента поступле-

Форма 2 к «Инструкции по отбору проб рудничного воздуха»

Кому _____
 Газоаналитическая лаборатория _____
 _____ взвода (пункта)

Извещение № _____
 о результатах анализа проб шахтного воздуха по шахте № _____
 треста _____
 Отбор производился « _____ » _____ 197 г. в _____ смену

№ п. п.	Место отбора проб	Содержание газа, % по объему					Температура воздуха, град.	Примечание
		CO ₂	CH ₄	O ₂	CO	H ₂ S. SO ₂ H ₂ , NO ₂		

Командир _____ взвода (пункта) _____ ВГСО _____
 Старший лаборант _____ (подпись)

нии пробы в лабораторию. Срочные пробы анализируются в течение трех часов с момента поступления в лабораторию. Во всех случаях результаты анализов рудничного воздуха с повышенным содержанием вредных и опасных газов, а также срочные анализы немедленно сообщаются по телефону главному инженеру шахты, РГТИ или участковому горнотехническому инспектору и, кроме того, лаборатория высылает извещение о результатах анализа по почте или с нарочным.

Результаты анализа рудничного воздуха при внезапных выбросах угля и газа и суфлярных выделениях заносятся в «Книгу учета внезапных выбросов угля и газа» и в «Книгу учета суфлярных выделений»

Отбор проб

А. Подготовка к отбору проб

Пробы воздуха отбираются в соответствии с «Инструкцией по отбору проб рудничного воздуха». Ответственность за правильный отбор проб возлагается на пробоотборщика ВГСЧ.

Пипетки или бутылки, предназначенные для отбора проб воздуха «мокрым» способом, наполняются чистой водой. Запрещается их наполнение грязной, технической шахтной или газированной водой. Причем, вода должна находиться не менее двух часов в специальном отстойном баке при комнатной температуре. Сосуд заполняется водой так, чтобы в нем не оказалось пузырьков воздуха вследствие применения недостаточно отстоявшейся или холодной воды.

Бутылки или пипетки следует применять только прозрачные из белого стекла. Они должны быть пронумерованы асфальтовым лаком или эмалевой краской. Рекомендуется также обозначать номер бутылки на металлическом кольце, закрепляемом на ее шейке. Запрещается для этой цели использовать бумажные наклейки и обозначать на них места отбора пробы. Ответственность за подготовку сосудов возлагается на дежурного лаборанта, за правильность заполнения их водой — на пробоотборщика.

Б. Отбор проб «мокрым» способом

Основным способом отбора проб шахтного воздуха является «мокрый» способ. Он основан на заполнении сосуда (бутылки или газовой пипетки) воздухом при вылипании из него воды. Этим способом необходимо пользоваться при отборе проб воздуха для определения содержания в нем метана, кислорода, окиси углерода, водорода, а также углекислого газа, если не требуется высокой точности определения. Его нельзя использовать при отборе проб для установления содержания газов, активно поглощаемых водой (сернистого газа, сероводорода и окислов азота), или когда проба газа предназначена для длительного (более трех суток) хранения.

Сосуды для отбора проб воздуха герметично закрываются резиновыми пробками. Применение корковых пробок запрещено. Резиновые трубки, надетые на концы пипеток, закрываются оплавленными стеклянными пробками.

При отборе пробы бутылка открывается, из нее выливается вода, место которой занимает воздух, после чего она герметически закрывается и в дальнейшем переносится и хранится вверх дном для создания в ней гидравлического затвора из оставляемой воды высотой 10—15 мм над пробкой.

При отборе пробы отборщик становится лицом против направления воздушной струи, держа сосуд в вытянутой руке, чтобы выдыхаемый им воздух не попал в пробу. На поступающих и исходящих струях штреков, штолен, квершлаггов, ходков, бремсбергов, уклонов и лав пробы отбираются таким образом, чтобы каждая характеризовала средний состав воздуха данной выработки. Для этого пробоотборщик открывает сосуд и водит им зигзагообразно от кровли до почвы выработки, постепенно передвигаясь по всему сечению выработки.

В забоях подготовительных и очистных выработок отбор проб воздуха осуществляется с таким расчетом, чтобы они характеризовали наибольшее содержание метана или углекислого газа.

Для этой цели пробоотборщик должен в газовых шахтах отбирать пробу непосредственно под кровлей, в негазовых — у почвы выработок.

В камерах и других выработках, имеющих большую

высоту, пробы должны отбираться на уровне 1,5—2 м путем перемещения сосуда по возможно большей площади зигзагообразно параллельно почве. Кроме того, в газовых шахтах необходимо брать вторую пробу у кровли выработки. В стволах и других вертикальных выработках при отборе проб воздуха сосуд двигают зигзагообразно в горизонтальной плоскости, перпендикулярно движению струи.

Для обнаружения метана в хорошо проветриваемой выработке часть ее должна быть изолирована брезентовой перемычкой, а через шесть часов после изоляции взята проба.

В. Частные случаи отбора проб

К частным случаям отбора проб воздуха относятся:

— отбор проб из разных труднодоступных мест (зарубных щелей, буровых скважин и шпуров);

— отбор проб для точного количественного определения окиси углерода;

— отбор проб для точного определения содержания углекислого газа;

— отбор проб для определения содержания сероводорода и сернистого газа;

— отбор проб для определения содержания окислов азота;

— отбор проб газа суфлярных выделений.

Отбор проб из шпуров, зарубных щелей, скважин и других труднодоступных мест осуществляется при помощи пипетки, наполненной водой, тройника и насоса. Подсоединенная к тройнику резиновая трубка вводится в недоступное пространство, ко второму отводу тройника через резиновую трубку подсоединяется насос, а к третьему — пипетка с водой с закрытыми кранами. Предварительно насосом отсасывается воздух в количестве не менее 10-кратного объема трубок, после чего резиновая трубка, соединяющая тройник с насосом, перекрывается винтовым зажимом, открываются краны и в пипетку отбирается проба (рис. 2).

Для отбора проб воздуха из глубоких скважин и из вертикальных выработок на глубине свыше 1 м применяются специальные приборы.

Отбор проб для точного количественного определения

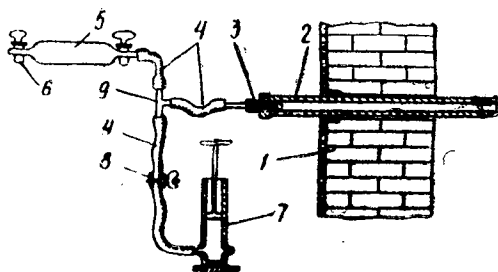


Рис. 2. Схема устройства для отбора проб воздуха из-за перемычки:

1 — перемычка; 2 — металлическая труба; 3 — резиновая пробка; 4 — резиновые трубки; 5 — пипетка; 6 — краны; 7 — ручной насос; 8 — зажим; 9 — тройник

окси углерода производится «мокрым» способом в сосуды емкостью не менее 1000 мл (в зависимости от ожидаемой концентрации окиси углерода). Если по местным условиям и обстоятельствам (теснота подземных выработок и пр.) нельзя отобрать пробы этим способом, допускается в виде исключения для определения окиси углерода применять резиновые футбольные камеры или мешки при условии, что храниться в этих сосудах пробы будут не более суток.

В такие сосуды воздух закачивается ручным насосом. Вначале они заполняются 0,5—1 л опробуемого воздуха, затем он полностью удаляется, и только после этого отбирается проба для анализа. При отборе проб в сосуды, не заполненные водой (способом продувания через сосуд), необходимо продуть воздух в количестве, превышающем емкость сосуда и трубок не менее чем в 10 раз.

Отбор проб для определения сероводорода и сернистого газа в зависимости от предполагаемых концентраций этих газов осуществляется способами химического поглощения и вакуумным. Первый применяется при малых (менее 0,0005%), второй — при больших концентрациях. Сущность отбора проб методом химического погло-

щения заключается в просасывании определенного объема анализируемого воздуха через раствор специального реактива, вступая в реакцию с которым, газы накапливаются в количестве, достаточном для анализа. Исследуемый воздух просасывают непосредственно в шахте, в месте обнаружения газа. Отбор проб вакуумным методом основан на применении сосудов, из которых предварительно выкачивается воздух до большой степени разрежения (остаточное давление не более 7 мм рт. ст.). В месте отбора пробы кран или пробка вакуумированного сосуда открывается, и через него исследуемый воздух входит в сосуд. Для этого применяются бутылки емкостью 250—500 мл, приспособленные для создания в них разрежения.

Для определения содержания окислов азота в шахтном воздухе пробы отбирают вакуумным способом или способом продувания. Пробы способами химического поглощения, вакуумным или продувания отбираются работниками ВГСЧ, имеющими специальную подготовку. Отбор проб газа суфлярных выделений осуществляется, как правило, «мокрым» способом работниками ВГСЧ в респираторах.

Г. Отбор проб из изолированных пожарных участков

Для анализа воздуха изолированных пожарных участков пробы берутся из-за перемычек и из контрольных скважин с помощью ручного насоса двумя способами: продуванием сухих пипеток или «мокрым» способом. Перед отбором проб в обоих случаях воздух откачивается насосом из-за перемычки через пипетку и трубку в количестве не менее 10-кратного их объема.

При отборе проб из-за перемычек и из контрольных скважин необходимо замерять температуру и давление в изолированном участке (водяным манометром) и делать соответствующую отметку в акте-наряде. Если скважина или труба интенсивно «выдают» воздух из пожарного участка, то пробы можно отобрать в пипетки «мокрым» способом без насоса. При давлении в изолированном участке ниже наружного (скважина или труба «принимает») пробы не берутся, о чем делается соответствующая запись в акте-наряде.

Доставка и сдача проб воздуха в лабораторию

Пробы рудничного воздуха, отобранные пробоотборщиками ВГСЧ и шахты, должны направляться в лабораторию с актом-нарядом, содержащим указания, на какой шахте и в каких местах они взяты, а также результаты замеров газа предохранительной бензиновой лампой или газоопределителем в местах отбора проб. Все это сдается дежурному лаборанту, который проверяет состояние доставленных сосудов с пробами и записывается в акте-наряде.

О всех недостатках принимаемых проб лаборант делает заметки на обороте акта-наряда, записывает в журнале и немедленно докладывает начальнику лаборатории. После приема акта-наряда лаборант обязан красным карандашом отметить в нем повышенные содержания газов, признаки начавшегося самовозгорания угля, а также нарушения пылегазового режима в горных выработках и сообщить об этом главному инженеру шахты (треста), начальнику РайГТИ и командиру подразделения ВГСЧ.

При обнаружении дефектов в доставленных пробах воздуха дежурный лаборант имеет право:

а) отказаться от анализа дефектных проб с требованием повторного отбора, поставив об этом в известность старшего лаборанта, главного инженера шахты и командира подразделения ВГСЧ;

б) провести анализ дефектных проб, письменно предупредив администрацию шахты и командование ВГСЧ о характере дефектов, возможной неточности результатов анализов с обязательным требованием повторного отбора.

О всех пробах воздуха, поступающих в лабораторию, кроме забракованных, в «Журнале записей результатов анализа рудничного воздуха» (форма 3, табл. 10) должны быть сделаны соответствующие записи.

ЗАМЕРЫ ГАЗОВ В ШАХТЕ

В газовых шахтах замеры газа должны выполняться газомерщиками или горными мастерами ПВС в данной смене во всех выработках (включая камеры, в которых

Форма 3 к «Инструкции по отбору проб рудничного воздуха»

ЖУРНАЛ ЗАПИСЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

№ анализ- зона	№ акт-на- рядов	Дата и время			Наименование шахты и мест отбора проб воздуха в гор- ных выработ- ках	№ сосудов	Результаты анализа, % по объему				
		отбора проб	поступ- ления проб	оконча- ния анали- за			CO ₂	CH ₄	O ₂	CO	SO ₂ , H ₂ S
1	2	3	4	5	6	7			8		

может быть газовыделение или скапливаться метан); в шахтах I и II категорий — не менее двух раз в смену, в шахтах III категории и сверхкатегорных — не менее трех раз в смену; один из замеров производится перед началом смены и другой — за час до ее окончания. В недействующих в данную смену забоях на их поступающих и исходящих струях, а также на пластах, где выделения метана не наблюдалось, содержание его измеряется один раз в смену.

При проходке стволов, переведенных на газовый режим, замеры газа в забое ствола должны осуществляться не менее трех раз в смену.

Результаты замеров в течение смены заносятся на доски, установленные у мест замеров, и в рапорты, подписываемые лицами, выполняющими замер*. Перед началом следующей смены заполненные рапорты передаются начальнику или помощнику начальника участка, которые, ознакомившись с состоянием газового режима на участке, расписываются в рапорте. Данные рапорта в тот же день переносятся в «Книгу замеров метана» и подписываются начальником ПВС.

На каждый случай загазирования выработки (содержание метана более 2%) длительностью более одной смены руководство шахты обязано составить акт.

При работе без газомерщиков количество замеров, выполняемых лицами вентиляционного надзора, может быть сокращено при условии, что общее количество замеров в смену будет не меньше, чем указывалось выше.

На шахтах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, сверхкатегорных, содержание метана устанавливается газоопределителями.

В каждом действующем тупиковом забое и машинной камере для контроля состава воздуха должна быть бензиновая лампа, а на шахтах сверхкатегорных — обычный или автоматический переносный газоопределитель метана. На шахтах, опасных по внезапным выбросам и сверхкатегорных, применение бензиновых ламп для контроля состава воздуха запрещено.

Горные мастера и бригадиры обязаны уметь измерять газ. Все лица технического надзора должны измерять

* Порядок замера газов в шахте интерферометрами и бензиновой лампой изложен в главе II.

содержание газа при посещении забоев, кроме регулярных замеров, предусмотренных выше.

При механической зарубке угля на пластах III категории и сверхкатегорных по газу около каждой врубовой машины или комбайна, если они не оборудованы средствами автоматического контроля содержания метана в воздухе, следует неотлучно находиться газомерщику. На шахтах, где организована работа без газомерщиков, контроль состава воздуха у забойных механизмов осуществляется машинистом врубовой машины (комбайна) с помощью газоопределителя.

В случае остановки главного или вспомогательного вентилятора или нарушения вентиляции работы на участках прекращаются, люди немедленно выводятся из забоев, а электроэнергия выключается. Если остановка главного вентилятора продолжается более получаса, то люди должны выйти к стволу, подающему свежий воздух. Одновременно в зависимости от характера аварии и местных условий начальник или главный инженер шахты обязан решить, возможно ли дальнейшее пребывание людей в шахте, сообщив РайГТИ Госгортехнадзора о принятом решении.

После остановки вентилятора продолжительностью более 10 мин. работники вентиляционного надзора должны тщательно обследовать забои, проветриваемые им, причем возобновление работы допускается только после надлежащего проветривания.

После любой остановки главного или вспомогательного вентилятора, а также вентиляторов местного проветривания или нарушения вентиляции не допускается включение электрических машин, аппаратов сразу после восстановления нормального режима вентиляции без предварительного замера метана работниками вентиляционного или технического надзора участка как в месте расположения этих машин, так и на расстоянии не менее 20 м от них во всех прилегающих выработках. Указанные требования распространяются также на случаи возобновления работ после их остановки на одну смену и более.

Замер газа осуществляется в соответствии с «Инструкцией по замеру газа в шахте».

При ведении дегазационных работ контроль за концентрацией метана в атмосфере помещения поверхност-

ной вакуум-насосной станции должен производиться перед сварочными работами, в горных выработках в месте расположения временной вакуум-насосной установки, оборудованной электродвигателем — автоматически действующим метан-реле, отключающим электродвигатель вакуум-насосной установки при содержании 1% метана. Если установка не оборудована автоматически действующим метан-реле, машинист, обученный замеру газа, должен выполнять контрольный замер переносными газоанализаторами: при расположении установки на свежей струе воздуха — не менее трех раз в смену, на исходящей струе — через каждый час, а результаты замеров отмечать на доске замеров метана, расположенной вблизи установки.

Контроль за содержанием метана в месте расположения установки, оборудованной пневматическим двигателем, осуществляется газоанализаторами.

Метан, извлекаемый временной вакуум-насосной установкой, разрешается выпускать в ближайшую выработку с исходящей струей, причем среднее содержание его в атмосфере выработки не должно превышать допустимое (табл. 7), в противном случае газ следует выводить на поверхность.

При бурении дегазационных скважин буровой станок должны обслуживать двое рабочих, имеющих право контролировать состояние газового режима. Атмосфера камеры непрерывно контролируется установленным в ней индикатором на метан или газоанализаторами через каждые 10—15 мин. и дополнительно во всех случаях, когда в процессе бурения наблюдается выделение метана из скважин. Результаты замеров отмечаются рабочими на специальной доске замеров метана, установленной у входа в камеру. В случае обнаружения в камере 2 и более процентов метана работы по бурению скважин следует прекратить, отключить электроэнергию и принять меры по удалению газа. О загазировании камеры и принятых по ее разгазированию мерах необходимо сообщить диспетчеру (дежурному по шахте). Возобновление работ разрешается при содержании не выше 1% метана.

Установленные в помещении КИП и машинном зале вакуум-насосной индикаторы метана должны быть заблокированы со звуковой сигнализацией, с пускателями электродвигателей вентиляторов принудительного про-

ветривания и вакуум-насосов таким образом, чтобы в случае утечек и появления метана в помещении машинного зала или КИП:

а) при концентрации метана 0,7% автоматически включалась предупредительная сигнализация, при этом обслуживающий персонал обязан принять меры по обнаружению и ликвидации утечек метана;

б) при достижении 1% автоматически включались вентиляторы принудительного проветривания и выключались электродвигатели вакуум-насосов.

При выключении электродвигателей вакуум-насосов обслуживающий персонал отводит поступающий по газопроводу газ в атмосферу, а в подземных установках переключает всасывающий газопровод на нагнетательный.

Для периодического контроля за содержанием метана во всех помещениях вакуум-насосной станции и на подземной установке должны отбираться пробы воздуха не реже трех раз в месяц. Для систематического контроля за концентрацией извлекаемого и используемого метана в вакуум-насосной устанавливаются два автоматических газоанализатора на метан любого типа с диапазоном измерений от 0 до 100% метана, заблокированные с запорной аппаратурой.

В вакуум-насосных установках, газ которых не используется, вместо непрерывного контроля стационарными газоанализаторами допускается периодический контроль концентрации метана в отсасываемой газовой смеси. При отсутствии непрерывного контроля за концентрацией направляемого потребителям метана использование его в качестве топлива запрещается.

Точность показаний газоанализаторов на метан один раз в неделю проверяется лабораторным анализом метана и не должна превышать 5% фактической концентрации метана.

Для периодического контроля работы газоанализаторов, а также контроля концентрации извлекаемого по скважинам метана на шахтах следует иметь лабораторный газоаналитический аппарат типа ООГ-2.

Искробезопасная контрольно-измерительная аппаратура устанавливается в помещении КИП или в машинном зале. Здесь же временно допускается установка приемника газа — газоанализатора на метан и дублирующего показывающего прибора.

Электрическая искроопасная контрольно-измерительная аппаратура (потенциометры и стабилизаторы газоанализаторов на метан, расходомеры и др.) располагается в помещении для пусковой аппаратуры.

Замеры на дегазационной установке разрежения, давления, концентрации и дебита извлекаемого метана должны производиться не реже трех раз в смену. Результаты замеров заносятся в «Книгу контроля работы дегазационной установки».

На каждой шахте, применяющей дегазацию, необходимо вести учет и периодический контроль работы пробуренных скважин. Замеры разрежения, концентрации и дебита метана на каждой скважине осуществляются не реже одного раза в неделю. Результаты проверки работы заносятся в «Книгу учета работы дегазационных скважин».

При выполнении в шахте работ по ремонту и монтажу электрооборудования и кабелей должна обеспечиваться безопасная концентрация метана в месте ведения работ. Сварочные и автогенные работы в шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается выполнять только в следующих выработках со свежей струей воздуха: стволах, околоствольных дворах и камерах, главных квершлагах, а также в откаточных выработках, где правилами безопасности разрешено применение контактных электровозов. До начала и во время сварки на месте ведения работ обязан присутствовать представитель вентиляционного надзора для непрерывного контроля за содержанием метана при помощи газоопределителей или бензиновых ламп.

В тех случаях, когда на участках есть приборы автоматического контроля за содержанием метана, в местах их установки содержание газа можно не замерять. При обнаружении следов метана сварочные работы прекращаются.

Порядок контроля за составом шахтной атмосферы во время подземных аварий и в других чрезвычайных случаях устанавливается ответственным руководителем работ по ликвидации аварий и руководителем горноспасательных работ. Если при замере установлены нарушения пылевентиляционного режима или обнаружено повышенное содержание газов против предусмотренных правилами норм, должны быть срочно выведены люди,

закрывает доступ в выработки и соответствующие горные выработки разгазированы.

В проветриваемых вентиляторами местного проветривания тупиковых выработках следует непрерывно осуществлять автоматический контроль за содержанием метана и поступлением в их забой воздуха.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗООПАСНОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Анализ причин взрывов, вспышек и горения метана, возникающих при проведении подготовительных выработок, показал необходимость классификации их по степени газовой опасности и в соответствии с ней определенного режима ведения работ в подготовительном забое. В настоящее время ВостНИИ разработана «Методика определения газоопасности подготовительных выработок и мероприятия по безопасному проведению их на шахтах восточных бассейнов», отдельные положения которой излагаются ниже.

Основные положения

1. На всех действующих и строящихся шахтах для всех забоев подготовительных выработок независимо от способа их проведения должна быть определена группа газоопасности.

2. Основными факторами, определяющими степень газоопасности тупиковых выработок, являются:

а) величина максимальной концентрации метана в забое выработки после взрывных работ;

б) интенсивность газовыделения в выработку при нарушении ее проветривания;

в) опасность по взрыву угольной пыли (содержание летучих веществ в угле);

г) наличие суфлярных выделений метана и внезапных выбросов угля (породы) и газа;

д) горнотехнические условия проведения выработок (угол подъема, длина и др.).

3. В зависимости от перечисленных факторов тупиковые выработки угольных шахт подразделяются на: I — неопасные, II — опасные, III — особоопасные.

К неопасным по взрыву метановоздушной смеси

(I группа) относятся выработки всех направлений, проходимые по негазоносным породам и угольным пластам, неопасным по газу и по взрываемости угольной пыли.

К опасным по взрыву метановоздушной смеси (II группа) относятся:

а) выработки, в забое которых максимальная концентрация газа после взрывных работ в течение первых трех минут не превышает 2%;

б) выработки, в которых при прекращении подачи в забой свежего воздуха в течение 30 мин. концентрация метана не превышает 2%.

К особо опасным по взрыву метановоздушной смеси (III группа) относятся:

а) выработки, в забое которых концентрация газа после взрывных работ в течение первых трех минут превышает 2%;

б) выработки, в которых при прекращении подачи в забой свежего воздуха уровень концентрации метана в 2% достигается ранее 30 мин. с момента прекращения проветривания (остановки ВМП);

в) выработки, проводимые по газоносным пластам и породам с помощью буровзрывных работ, исходящая из которых поступает в очистные забои, а также выработки, проветриваемые ВМП, установленными на исходящей струе очистных забоев, в которых наблюдается выделение метана;

г) восстающие (10° и более) тупиковые выработки, проходимые по газоносным пластам и породам;

д) выработки, вскрывающие газоносные угольные пласты, не опасные по внезапным выбросам, но имеющие давление газа более 10 атм на глубине, указанной для различных бассейнов в пункте 19 Инструкции к § 120 Правил безопасности;

е) выработки, проводимые по угольным пластам и породам, угрожаемым и опасным по внезапным выбросам и суфлярам, а также выработки, вскрывающие такие пласты, когда от забоя до вскрываемого пласта по нормали к напластованию остается 10 м.

4. Группа газоопасности устанавливается комиссией в составе: главного инженера шахты, начальника ПВС (ТБ и ПВК), геолога или маркшейдера шахты и участкового ГТИ.

5. Группы опасности должны быть немедленно пересмотрены:

а) при изменении горногеологических и производственно-технических условий;

б) при появлении выделений метана в забоях, отнесенных к I группе;

в) если в забоях II группы при нормальном проветривании произошло загазование метаном свыше 1% или обнаружены местные или слоистые скопления метана с концентрацией свыше 2%, а также при появлении суффляров.

6. В забоях, отнесенных ко II группе опасности, экспериментальная проверка величины максимальной концентрации метана после взрывных работ и уровня концентрации метана после прекращения проветривания на предмет отнесения забоя к III группе должна производиться ежемесячно по нижеприведенной методике.

Запрещается перевод выработок в менее опасную группу до окончания проходки данной выработки.

7. Перечень выработок, намечаемых к проходке по каждой шалте, должен быть указан в списке, который ежеквартально при рассмотрении плана развития горных работ утверждается главным инженером треста (комбината) и районной горнотехнической инспекцией (управлением округа) Госгортехнадзора.

Методика определения группы газоопасности

1. При проектировании выработки, намеченной к проходке по данному пласту, на основании анализов проб воздуха, набранных в ВГСЧ в предыдущие 12 месяцев, в любой из выработок, проводимых в этот период по данному пласту, устанавливается наличие газовыделения в указанные выработки. Если газовыделения не отмечено, то проектируемую выработку относят к неопасным (I группа).

Если хотя бы в одной из выработок, проводимых по этому пласту, зарегистрировано (за тот же срок) выделение метана, то выработки должны быть отнесены ко второй группе опасности.

2. После проведения выработок второй группы опасности от места рассечки на длину не более 20 м, а также при проведении вскрывающих выработок сразу же после вскрытия пласта на полное сечение определяется концентрация метана после взрывных работ и при на-

рушенном проветривании для отнесения к третьей группе опасности.

3. Величина максимальной концентрации метана после взрывных работ может быть определена экспериментальным или расчетным способом.

Экспериментальный способ заключается в отборе проб газовоздушной смеси в призабойном пространстве (не далее 2 м от забоя) с помощью автоматических пробоотборников или дистанционно с помощью резиновой трубки с безопасного расстояния от места взрыва (вверху выработки на противоположной стороне от вентиляционных труб).

Эта работа выполняется лицами старшего вентиляционного надзора (не ниже помощника начальника участка ПВС или сменного заместителя начальника участка ТБ и ПВК).

Автоматическим пробоотборником должно быть отобрано не менее 5 проб с интервалом 1, 2, 3, 4 и 5 мин. после момента взрыва. Замеры концентрации метана через резиновую трубку должны производиться с интервалом 30 сек. в течение 5 мин. после момента взрыва. Пробы, отобранные автоматическим пробоотборником, исследуются в лаборатории ВГСЧ, а в пробах, отобранных через резиновую трубку, концентрация метана определяется в шахте интерферометром ШИ-3.

Для установления группы опасности к учету принимается величина максимальной концентрации метана по данным анализов или непосредственных замеров.

4. Концентрация метана в забое выработки при прекращении проветривания определяется по следующей методике.

В согласованное время прекращается подача воздуха в забой (останавливается ВМП или с помощью «паруса» перекрывается исходящая струя из забоя, проветриваемого за счет общешахтной депрессии) и одновременно непрерывно замеряется концентрация метана у забоя прибором СМП-1. Если уровень концентрации в 2% образуется ранее чем за 30 мин., замеры прекращаются и принимаются меры к разгазованию выработки в установленном порядке. Если по истечении 30 мин. концентрация метана в забое не достигла 2%, то отбираются четыре средние пробы на расстоянии 0,5; 5; 20 м от забоя и на устье выработки и восстанавливается нормальное проветривание забоя.

Некоторые меры безопасности

Проведение особоопасных выработок (III группы) должно осуществляться по специальному проекту, утвержденному главным инженером шахты (треста) и согласованному с начальником РГТИ.

Запрещается проведение особоопасных выработок с помощью взрывчатых пламенных веществ.

Все забои II и III групп опасности должны быть обеспечены приборами непрерывного контроля метана СМП-1 (СШ-2) или АМТ-3м.

При проведении особоопасных подготовительных выработок с выделением метана более $2 \text{ м}^3/\text{мин.}$ должна осуществляться предварительная дегазация.

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТАВА РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Для безопасного выполнения горных работ необходимо постоянный контроль за составом рудничного воздуха. Нашей промышленностью сейчас выпускается ряд переносных и стационарных приборов контроля состава рудничной атмосферы периодического и непрерывного действия. Большинство вновь разрабатываемых приборов предназначено для анализа атмосферы непосредственно в горных выработках, так как своевременная оценка создавшихся в рудничной атмосфере условий возможна лишь с применением ускоренных (экспресс) методов, пользуясь которыми, можно просто и быстро получать необходимые результаты непосредственно в месте отбора проб.

Рассмотрим приборы для анализа рудничного воздуха, широко применяющиеся в угольных шахтах СССР.

ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

Интерференционный метод контроля состава рудничной атмосферы является одним из наиболее распространенных. Принцип действия интерференционных газоанализаторов основан на измерении смещения интерференционной картины (спектра), образованной наложением двух лучей, вышедших из одного источника света. Это смещение происходит в результате прохождения одного луча через камеру с чистым воздухом, а второго — через камеру, заполненную пробой рудничного воздуха, плотность которого отличается от плотности чистого воздуха. Величина смещения спектра пропорциональна значению

плотности (показателю преломления) анализируемой смеси, которая сама изменяется пропорционально процентному содержанию газа в смеси.

Наиболее распространенная схема интерференционного газоанализатора приведена на рис. 3. Луч света источника 9 проходит конденсор 8 и падает параллельным пучком на призму полного внутреннего отражения 7, а затем на плоскопараллельную пластину 1, где разделяется на два параллельных пучка, способных интерферировать. На пути разделенных лучей между пластиной и верхней призмой 3 помещается камера с тремя изолированными каналами А, Г и В. Каналы А и В соединены между собой трубкой и составляют объем, который заполнен воздухом. Один луч проходит последовательно каналы А и В. Второй — дважды через средний канал Г, заполненный анализируемым газом. Минувя каналы А, В и Г, оба луча попадают вновь на плоскопараллельную пластинку, где один отражается от наружной поверхности, а другой, преломившись в пластине, отражается от ее внутренней поверхности и снова преломляется на наружной. Затем оба луча падают на поворотную призму 6 и, отразившись от ее гипотенузной грани, попадают в объектив 5, которым собираются в его фокальной плоскости. Интерференционная картина рассматривается в окуляр 4.

Если анализируемая газовая смесь, которой наполнен канал Г, имеет отличный от воздуха показатель преломления, интерференционная картина, наблюдаемая в поле зрения, смещается. Концентрация определяемого компонента, мерой которого является смещение интерференционной картины, может измеряться двумя способами. Первый заключается в том, что смещение картины измеряется по окулярной шкале, которая находится в поле зрения вместе с интерференционной картиной. Второй, более точный, сводится к тому, что интерференционная картина поворотом призмы возвращается в свое первоначальное положение по отношению к визирной линии, имеющейся в середине поля зрения, а концентрации отсчитываются по барабану микрометрического устройства, с помощью которого поворачивается призма.

Анализируемая газовая смесь (обычно воздух) просасывается через газовую камеру Г ручным насосом. Воздушные каналы А и В соединяются с окружающей

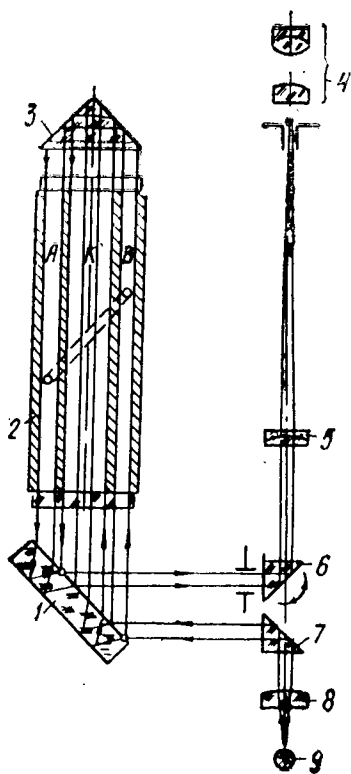


Рис. 3. Оптическая схема газового интерферометра:
 1 — плоскопараллельная пластина; 2 — газовая камера; 3 — верхняя призма; 4 — окуляр; 5 — объектив зрительной трубки; 6 — поворотная призма; 7 — призма полного внутреннего отражения; 8 — конденсор, 9 — источник света

средой специальным устройством (лабиринтом), препятствующим проникновению в каналы каких-либо газов и в то же время позволяющим уравнивать давление в воздушных каналах с атмосферным.

Интерференционные газоанализаторы получили распространение как лабораторные аналитические установки высокой точности, а также как переносные газоопределятели рудничной атмосферы.

Интерференционный метод не обладает избирательностью, поэтому, если в исследуемой смеси присутствует несколько компонентов, их измеряют последовательным приближением смеси к бинарной (двойной, например, воздух — анализируемый газ) путем поглощения неопределяемых газов.

Шахтный интерферометр типа ШИ-3

1. Назначение

Шахтный интерферометр ШИ-3 является переносным прибором периодического действия для раздельного определения концентраций метана и углекислого газа в рудничном воздухе непосредственно в горных выработках. Он предназначен для вентиляционного надзора и участковых работников шахт. Общий вид прибора показан на рис. 4.

2. Основные данные

Пределы измерения газов, %

СН ₄	0—6
СО ₂	0—6

Погрешность прибора ±0,3%

Габариты 238×115×55 мм

Время одного замера 1 мин.

Вес без футляра 1,4 кг

Исполнение рудничное искробезопасное-РИ

Питание осуществляется от элемента «Марс».

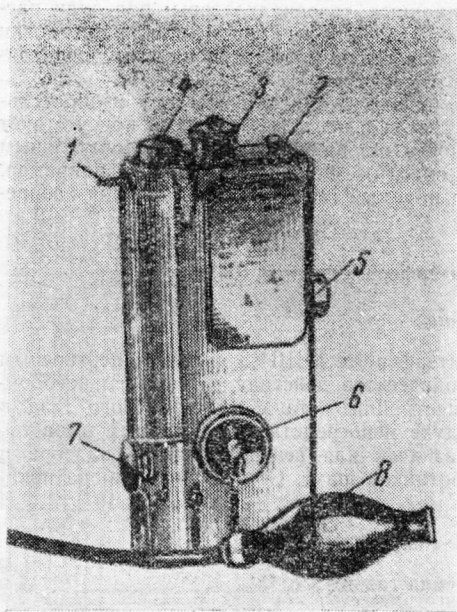


Рис. 4. Общий вид прибора ШИ-3:

1 — входной штуцер; 2 — выходной штуцер; 3 — колпачок окуляра; 4 — резьбовой колпачок; 5 — кнопка включения лампочки; 6 — колпачок установочного маховика; 7 — патрон лампочки; 8 — резиновая груша

3. Правила пользования

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.

После этого проверяется герметичность газовой линии прибора. Для этого резиновую трубку груши надеть на штуцер 2, закрыть плотно пальцем штуцер 1 и сжать грушу, если при этом расправление груши будет происходить медленно, то газовая линия герметична; при быстром расправлении груши необходимо найти и устранить неисправность прибора.

Затем прибор устанавливается на «нуль». Для этого необходимо продуть газовую и воздушную линии чистым атмосферным воздухом. Продувка последней осуществляется следующим образом: вынуть прибор из футляра, снять крышку отделения с поглотительным патроном и резиновый колпачок с входного штуцера воздушной линии. Затем на место последнего надеть трубку резиновой груши, сделать 5—10 сжатий. Прокачивание допускается только на поверхности чистым атмосферным воздухом. После этого на входной штуцер воздушной линии надеть резиновый колпачок, закрыть крышку и вставить прибор в футляр.

Для заполнения газовой линии прибора чистым воздухом резиновую грушу надеть на штуцер 2 и произвести не менее пяти сжатий. После того, как продукты и заполнены чистым атмосферным воздухом воздушная и газовая линии прибора, нажать кнопку 5 и посмотреть в окуляр 3. Видимые в поле зрения окуляра интерференционная картина и шкала могут быть неясными. Улучшение резкости достигается вращением окуляра вправо или влево в зависимости от зрения наблюдателя.

Далее необходимо установить прибор на «нуль», то есть совместить середину левой черной полосы с нулевой отметкой шкалы. На «нуль» устанавливаются следующим образом: отвертывают резьбовой колпачок 6 и, наблюдая в окуляр за положением интерференционной картины,

медленно вращают маховичок вправо или влево, добиваясь совмещения середины левой черной полосы интерференционной картины с нулевым делением шкалы. После установки на «нуль» маховичок закрывается резьбовым колпачком — прибор к работе готов.

В шахте при определении метана в рудничной атмосфере необходимо произвести 3—4 сжатия резиновой груши и, наблюдая в окуляр 3, по шкале отсчитать процентное содержание метана по левой черной полосе интерференционной картины. Для определения углекислого газа необходимо отвернуть колпачок 4 и 3—4 раза сжать ручной насос. Затем, наблюдая в окуляр 3, снять по шкале отсчет, который в данном случае выражает сумму $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ газов. Содержание углекислого газа получается вычитанием из второго замера первого. Оба замера следует делать в одной точке горной выработки.

Так как тарировка прибора осуществляется при нормальных условиях ($p=760$ мм рт. ст., $t=20^\circ\text{C}$), то при любых отклонениях температуры и давления от нормальных показания прибора умножаются на поправочный коэффициент

$$K = \frac{2,59 (273 - t)}{P},$$

где t — температура;

P — давление в момент определения концентрации газа.

Через 300—400 замеров поглотительный патрон заменяется.

Шахтный интерферометр типа ШИ-7

Назначение

Шахтный интерферометр ШИ-7 — переносной прибор периодического действия. Предназначен для определения высоких концентраций метана и углекислого газа в рудничном воздухе горных выработок угольных шахт. Отличительными особенностями прибора являются малые габариты и повышенные пределы измерения метана и углекислого газа. Общий вид прибора показан на рис. 5.

Допустимая погрешность при определении углекислого газа от 0 до 100% (при поправочном множителе,

равном 0,95) $\pm 2,5\%$. Прибор дает правильные показания в пределах допустимой погрешности при температуре окружающей среды $+20 \pm 15^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении 760 мм рт. ст. ± 30 мм рт. ст.

При отклонении температуры и давления от указанных значений необходимо показания прибора приводить к стандартным условиям.

Основные данные

Пределы измерения газов CH_4 , CO_2	0—100%
Цена деления шкалы	5%
Габариты прибора без футляра	165×105×45 мм
Вес прибора без футляра	0,9 кг
Исполнение — рудничное искробезопасное (РИ)	
Питание осуществляется от элемента «Марс»	
Допустимая суммарная погрешность при определении метана от 0 до 100% (при содержании углекислого газа в рудничном воздухе не более 2%)	2,5%

Краткие правила пользования прибором

Перед спуском в шахту прибор должен быть подготовлен к работе, для чего необходимо продуть газовую и воздушную линии чистым атмосферным воздухом и установить интерференционную картину на «нуль» так же, как и в приборе ШИ-3. В шахте при определении концентрации метана распределительный кран 4 ставится в положение « CH_4 » и резиновый насос сжимается не менее трех раз. Рудничный воздух засасывается в прибор либо непосредственно через входной штуцер 1, либо через резиновую трубку (прикладывается к прибору), надеваемую на этот штуцер. В последнем случае не нужно тянуться с прибором к кровле выработки.

Если набранный в прибор воздух содержит метан, то интерференционная картина сместится вправо вдоль шкалы. При наблюдении в окуляр по смещению левой черной полосы интерференционной картины, находящейся

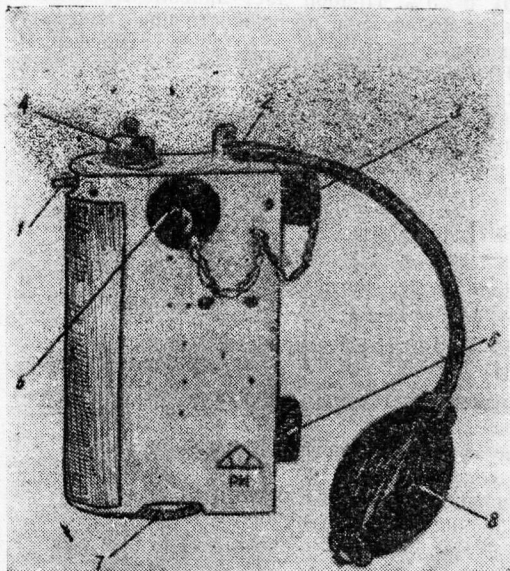


Рис. 5. Общий вид прибора ШИ-7:

1 — входной штуцер, 2 — выходной штуцер с фильтром; 3 — окуляр; 4 — распределительный кран; 5 — кнопка включения лампочки; 6 — поводок для перемещения интерференционной картины в поле зрения окуляра; 7 — патрон лампочки; 8 — резиновая груша

ся перед спуском в шахту в нулевом положении, процентное содержание метана отсчитывается с точностью до единицы.

При отклонениях температуры и давления от указанных значений показания прибора приводить к стандартным условиям ($t = +20^\circ$ и $p = 760$ мм рт. ст.) по формуле:

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

где P — концентрация CH_4 по прибору;

P — атмосферное давление в момент измерения;

t — температура окружающей среды в момент измерения.

Для определения содержания углекислого газа в рудничной атмосфере распределительный кран ставится в положение « CO_2 » и трехкратным сжатием груши воздух засасывается в прибор. Далее необходимо сделать отсчет по шкале так же, как и при определении метана. Полученный в этом случае отсчет выражает суммарное содержание метана и углекислого газа в воздухе. Вычитая из второго отсчета ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) первый (CH_4) и умножая разность на поправочный коэффициент (0,95), получим содержание углекислого газа в рудничном воздухе. Оба эти определения необходимо делать в одной точке горной выработки.

Поглотительный патрон меняется через 160—180 определений метана при содержании 5—6% углекислого газа и через 400—500 определений при содержании до 2% углекислого газа.

Шахтный интерферометр типа ШИ-5

Назначение

Шахтный интерферометр ШИ-5 — переносный прибор периодического действия. Предназначен для определения концентрации метана и углекислого газа в рудничном воздухе действующих проветриваемых горных выработок шахт. Отличительная особенность — отсутствие электрической части. Световой поток, необходимый для создания интерференционной картины, направляется от шахтерского головного светильника через специальное окно в корпусе прибора (рис. 6).

Основные данные

Пределы измерения газов CH_4 и CO_2	0—6%
Погрешность прибора при определении концентрации метана и углекислого газа	$\pm 0,3\%$

Предел температур окружающей среды, при котором прибор дает правильные показания	от +5 до +35° С
Габариты	200×102×55 мм
Время одного замера	1 мин.
Вес прибора без футляра	1,1 кг
Исполнение прибора — рудничное искробезопасное (РИ)	

Правила пользования прибором

Перед спуском в шахту газовая и воздушная линии прибора продуваются чистым воздухом и левая черная линия интерференционной картины устанавливается в нулевое положение. (При установке на «нуль» подсветка шкалы прибора осуществляется от головного светильника, поток света которого направляется в окно б).

В шахте при измерении метана трижды сжимается резиновая груша, и после снятия головного светильника световой поток его направляется в окно б прибора. Наблюдая в окуляр з, отсчитать по шкале процентное содержание метана.

Для определения содержания углекислого газа отвернуть колпачок 2 и повторить операции, сделанные при измерении метана. Отсчет по шкале в данном случае выражает сумму газов ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$). При вычитании из второго замера ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) первого (CH_4) получается искомое содержание углекислого газа в анализируемой смеси. Как и в предыдущих случаях, оба измерения производятся в одной точке выработки.

При отклонении температуры и давления от нормальных показания прибора умножаются на поправочный коэффициент

$$K = \frac{700}{P} \cdot \frac{273 - t}{293}$$

где P — атмосферное давление в момент замера;

t — температура в месте замера.

Поглотительный патрон в приборе заменяется через каждые 400 замеров.

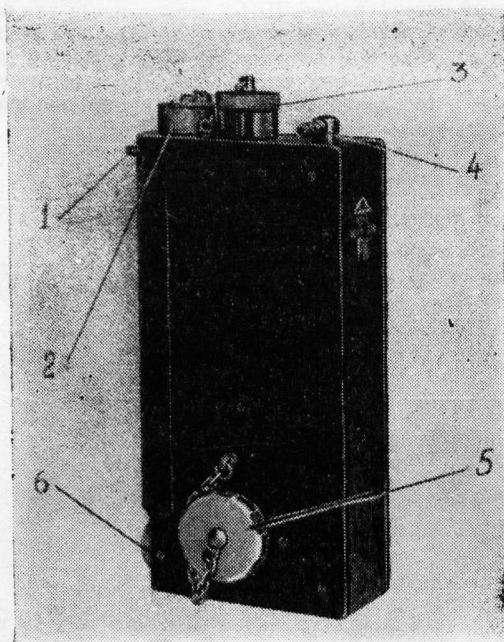


Рис. 6. Общий вид прибора ШИ-5:

1 — входной штуцер; 2 — колпачок мостика; 3 — колпачок окуляра; 4 — выходной штуцер; 5 — резиновый колпачок поводка; 6 — входное окно прибора

Шахтный интерферометр типа ШИ-8

Назначение

Шахтный интерферометр ШИ-8 предназначен для раздельного определения концентрации метана и углекислого газа в рудничном воздухе непосредственно в горных выработках угольных шахт. Отличительная особенность его — повышенная точность определения метана и углекислого газа, малые габариты и вес.

Основные данные

Пределы измерения газов CH_4 и CO_2	0—6%
Погрешность прибора при определении концентраций метана и углекислого газа	$\pm 0,2\%$
Время одного определения	1 мин.
Габариты	$175 \times 100 \times 45$ мм
Вес без футляра	0,9 кг
Исполнение рудничное искробезопасное (РИ)	
Питание прибора осуществляется от сухого элемента типа «Марс»	

Правила пользования

Содержание метана и углекислого газа в шахтах измеряется прибором ШИ-8 после предварительной проверки на поверхности исправности резиновой груши, прокачивания газовой и воздушной линий чистым атмосферным воздухом и установки прибора на «нуль».

При измерении метана распределительный кран ставится в положение « CH_4 », и в результате троекратного сжатия резиновой груши рудничная смесь проходит в прибор, освобождаясь от углекислоты и паров воды. Затем, нажав кнопку включения лампочки и наблюдая в окуляр, снять по шкале отсчет процентного содержания метана.

Для определения углекислого газа кран ставится в

положение «СО₂», и рудничная смесь, как и при измерении метана, прокачивается в прибор.

Нажав кнопку включения лампочки и наблюдая в окуляр, снимают по шкале второй отсчет, который в данном случае равен сумме концентрации газов (СН₄+СО₂). Вычитанием из второго замера первого определяется содержание углекислоты в атмосфере. Как и прежде, оба измерения производятся в одной точке выработки, а в случае, если температура и давление в месте замера отличаются от нормальных ($t=20^{\circ}\text{C}$, $P=760$ мм рт. ст.), показания прибора умножают на коэффициент.

$$K = \frac{2,59 (273 + t)}{P},$$

где t — температура окружающей среды;

P — давление в месте замера.

Шахтные интерферометры типа ШГИ-1В и ШГИ-2В

Назначение

Шахтные газовые интерферометры типа ШГИ-1В и ШГИ-2В — переносные приборы периодического действия, предназначены для определения процентного содержания метана и углекислого газа в рудничной атмосфере горных выработок угольных шахт.

Отличительными особенностями приборов являются их малые габариты, вес и конструкция, не имеющая выступающих за корпус частей. Кроме того, прибор ШГИ-2В отличается от ШГИ-1В (рис. 7) тем, что не имеет автономного источника питания, а подсветка его шкалы, как и в приборе ШИ-5, осуществляется от головного шахтерского светильника.

Основные данные

Пределы измерений газов СН ₄ и СО ₂	0—6%
Цена деления шкалы	0,5%
Допустимые погрешности	±0,3%

Габариты:

ШГИ-1В 202×78×28 мм

ШГИ-2В 180×80×28 мм

Вес приборов без футляров:

ШГИ-1В 0,7 кг

ШГИ-2В 0,5 кг

Исполнение рудничное искробезопасное (РИ)

Питание прибора ШГИ-1В осуществляется от сухого элемента типа 1,3=ФМЦ=0,25.

Правила пользования приборами

Перед спуском в шахту прибор готовится к работе. Сначала проверяется исправность оптики и осветителя: при нажатии кнопки 2 в поле зрения окуляра, наведенного по глазу, появляется интерференционная картина и четкое изображение шкалы. Затем опробуется герметичность прибора и исправность насоса: пальцем левой руки закрывается входное отверстие газовой линии, а пальцами правой сжимается баллон насоса, линия герметична, если баллон расправляется за время около 0,5 мин. Если баллон расправляется быстро, то насос необходимо вывернуть (спецключом) и проверить исправность его клапанов: закрыв пальцем отверстие выходного клапана, сжать насос — баллон сжимается легко при неисправности всасывающего клапана; затем, сжав баллон, закрыть пальцем отверстие входного клапана (верхнего) — баллон расправляется быстро при неисправности выходного клапана. Быстрое расправление баллона исправного насоса в приборе указывает на неисправность прибора — нарушение герметичности его газовой линии. (При неисправности насос заменяется запасным, а неисправный — направляется в ремонт).

Убедившись в исправности прибора, прокачать его воздушную и газовую линии чистым атмосферным воздухом. Для этого резиновый насос 3 плотно ввертывает-

Рис. 7. Общий вид прибора ШГИ-1В:

1 — патрон лампочки;
2 — кнопка включения лампочки; 3 — резиновая груша; 4 — боковое отверстие поглотительного патрона; 5 — входной штуцер газовой линии; 6 — регулировочный винт; 7 — входной патрубков воздушной линии; 8 — выходной патрубков воздушной линии; 9 — окуляр



ся в патрубков 8 (при этом штуцер насоса открывает клапан патрубков), после чего баллон насоса сжимается 20 раз так, чтобы он расправлялся полностью после каждого сжатия. Далее насос переставляется в рабочее положение (в вырез корпуса) и десятикратным сжатием баллона прокачивается газовая линия прибора. Подготовка прибора к работе завершается проверкой и установкой его в нулевое положение.

Включив осветитель нажатием кнопки 2, навести окуляр по глазу для получения четкого изображения шкалы прибора. При этом нулевой штрих шкалы должен совпадать с серединой левой черной полосы спектра интерференции. Если совпадения нет, то прибор выставляется на «нуль» путем смещения спектра до совпадения левой черной полосы его с нулевым штрихом шкалы. Это осуществляется вращением регулировочного винта 6 с помощью специальной отвертки, закрепленной на конце

ремня прибора. После установки в нулевое положение регулировочный винт не вращать, чтобы избежать ошибок измерений.

При определении метана в рудничном воздухе закрывается боковое отверстие и пальцами правой руки десять раз сжимается баллон резинового насоса. Если набранный в прибор воздух содержит метан, то спектр интерференции сместится вправо вдоль шкалы. Наблюдая в окуляр при нажатой кнопке осветителя, отсчитать концентрацию метана по положению середины левой черной полосы по шкале прибора.

Для установления содержания углекислого газа в воздухе вначале обязательно определяется метан в том же месте указанным ранее способом; затем, удерживая прибор за его верхнюю часть левой рукой, пальцем этой руки закрывается верхнее входное отверстие газовой линии прибора. Пальцами правой руки десять раз сжимается баллон резинового насоса. Далее отсчет ведется по шкале так же, как при определении метана. Он показывает суммарное содержание метана и углекислого газа в данной точке горной выработки. Вычитанием из второго замера ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) первого (CH_4) получаем содержание углекислого газа в рудничном воздухе.

Правила пользования прибором ШГИ-2В аналогичны вышеперечисленным с той лишь разницей, что при установке прибора в положение «нуль» и при отсчете концентраций газов шкала подсвечивается головным шахтерским светильником, поток света от которого направляется в окно прибора.

Поглотительные патроны в приборах ШГИ-1В и ШГИ-2В заменяются через 200—300 замеров.

Газоопределитель интерференционный комплексный типа ГИК-1

Назначение

Комплексный интерференционный газоопределитель ГИК-1 представляет собой переносный прибор периодического действия, предназначенный для измерения содержания водорода, метана и углекислого газа в воздухе горных выработок. Прибор позволяет замерять содержание водорода, метана и углекислого газа при

раздельном и одновременном их присутствии в анализируемом воздухе. Им могут пользоваться вентиляционный надзор, горнотехническая инспекция и горноспасательные службы.

Прибор дает правильные показания при температуре $t=20^{\circ}\text{C}$ и давлении $P=760$ мм рт. ст. окружающего воздуха; при существенном отличии температуры и давления от указанных показания прибора пересчитываются по формуле:

$$A_{\text{пр}} = A \cdot \sigma,$$

где $A_{\text{пр}}$ — показания прибора, приведенные к условиям градуировки;

A — фактическое показание;

σ — коэффициент приведения (табл. 11).

Отличительной особенностью прибора ГИК-1 (рис. 8) является наличие поглотителя водорода, позволяющего раздельно анализировать H_2 , CH_4 , CO_2 при совместном их присутствии в рудничной атмосфере, и отсчетнокомпенсирующего устройства, заменяющего утомительный подсчет компонентов простым механическим способом.

Основные данные

Пределы измерения газов H_2 , CH_4 , CO_2	0—6%
Абсолютная погрешность прибора, %	$\pm 0,3$
Время одного замера	1 мин.
Габариты прибора	233×118×61 мм
Вес	1,8 кг
Исполнение прибора рудничное искробезопасное	(РИ — $\frac{\text{ИЧА}}{\text{водород}}$)
Питание прибора осуществляется от двух элементов типа 1,3=ФМЦ=0,25	

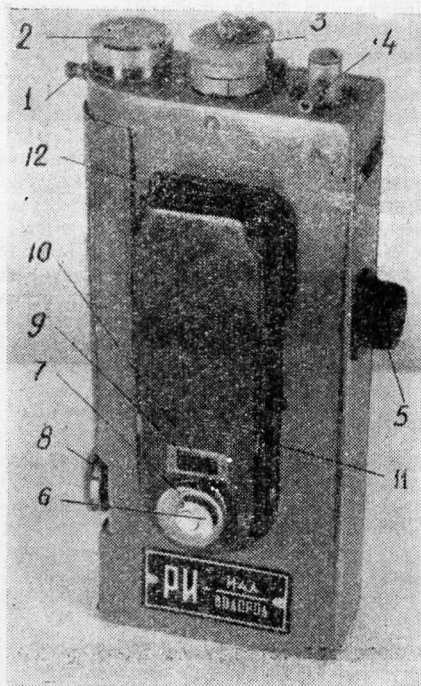


Рис. 8. Общий вид прибора ГИК-1:

1 — входной штуцер; 2 — распределительный кран; 3 — колпачок окуляра; 4 — выходной штуцер; 5 — кнопка включения лампочки; 6 — резиновая груша; 7 — ручка; 8 — маховичок; 9 — стрелка; 10 — диск; 11 — регулировочный винт; 12 — защитное окно отсчетного лимба

Таблица 11

P	740	745	750	755	760	765	770	775	780	785	790	795	800	805	810	815	820	825	830	835	840	845	850	855	860
5	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,89	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84
7	0,99	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,85	0,85	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,84
9	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,89	0,86	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85
11	1	1	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,89	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,85
13	1	1	1	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,89	0,89	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86
15	1,01	1	1	1	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,9	0,9	0,89	0,89	0,88	0,88	0,87	0,87
17	1,02	1,01	1	1	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,89	0,89	0,88	0,88	0,87
19	1,02	1,02	1,01	1	1	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,89	0,89	0,88	0,88
21	1,03	1,02	1,02	1,01	1	1	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,89	0,89
23	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1	1	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,89
25	1,04	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1	1	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9
27	1,05	1,04	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1	1	0,98	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	0,9
29	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1	1	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91
31	1,06	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1	1	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92
33	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1	1	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92
35	1,08	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,02	1,01	1,01	1	1	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,95	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93

Правила пользования прибором

Перед спуском в шахту прибор готовится к работе. Сначала проверяется исправность резиновой груши ранее указанным способом (см. ШИ-3). Затем проверяется герметичность газовой линии. Для этого резиновую грушу надеть на ниппель 4, поставить ручку переключателя 2 в положение CH_4 , закрыть плотно пальцем штуцер 1 и сжать грушу. Если расправление груши происходит так же медленно, как и при ее проверке, то газовая линия герметична. Аналогично проверяется герметичность газовых линий в положениях переключателя H_2 и CO_2 .

Для проверки исправности отсчетного устройства необходимо нажать кнопку включения 5 лампочки; наблюдая в окуляр и в окно 12 за шкалой барабана и вращая при этом ручку 7, убедиться, что интерференционная картина не смещается при вращении шкалы барабана. Далее откинуть ручку 6 и, вращая ее, убедиться, что интерференционная картина и шкала перемещаются одновременно. При соблюдении обоих условий отсчетное устройство работает правильно.

При установке прибора на «нуль» газовая и воздушная линии продуваются чистым атмосферным воздухом так же, как и в ранее рассмотренных интерферометрах. Затем откинуть ручку 6 и, вращая ее, совместить две черные полосы картины с двумя рисками в поле зрения окуляра, винтом — 11 с шлицом под отвертку совместить стрелку 10 с контрольной риской диска 9. После этого прибор готов к работе.

Газы измеряются в следующей последовательности: метан — водород — углекислый газ. Для измерения метана снимают крышку 3 окуляра, ставят ручку переключателя 2 в положение CH_4 , делают не менее пяти сжатий резиновой груши и ручкой 7 устанавливают шкалу барабана по неподвижной риске на окне 12 барабана в нулевое положение. Ручку 6 ставят в вертикальное положение по отношению к плоскости ручки 7 и, наблюдая в окуляр прибора, ручкой 6 возвращают сместившуюся картину в исходное положение; по шкале прибора относительно неподвижной риски окна 12 отсчитывают содержание метана. Затем ручку 6 переводят в горизонтальное положение.

Для измерения водорода откидывают ручку 6, руко-

ятку 2 переключателя переводят в положение H_2 , делают не менее пяти сжатий резиновой груши, ручкой 7 ставят шкалу в нулевое положение, ручку 6 переводят в вертикальное положение и вращают, наблюдая в окуляр, до тех пор, пока картина не возвратится в исходное положение: по шкале прибора через окно 12 снимают отсчет процентного содержания водорода. Затем ручку 6 переводят в горизонтальное положение.

Для измерения углекислого газа рукоятку 2 ставят в положение CO_2 , делают не менее пяти сжатий резиновой груши, ручкой 7 ставят шкалу прибора в нулевое положение, ручку 6 — в вертикальное положение и вращают ее, наблюдая в окуляр, до тех пор, пока интерференционная картина не займет нулевое положение. По шкале снимают отсчет содержания углекислого газа.

Перед началом каждого последующего комплекса замеров стрелку 10 ручкой 6 совместить с контрольной риской диска 9.

Патрон — поглотитель водорода в приборе ГНК-1 сменяется через 1000, а углекислоты и паров воды — через 300—400 замеров.

Шахтный интерферометр типа ШИ-6 (ИГА)

Назначение

Интерференционный газоанализатор ШИ-6 (рис. 9) представляет собой переносный прибор периодического действия. Предназначен для определения концентрации метана, углекислого газа и кислорода в рудничном воздухе действующих проветриваемых горных выработок. Им могут пользоваться инженерно-технические работники и рабочие, обученные правилам обращения с прибором. Он позволяет определять концентрацию метана, углекислого газа и кислорода при их одновременном присутствии в рудничном воздухе.

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

Основные данные

Пределы измерения газов, %

CH ₄	0—6
CO ₂	0—6
O ₂	5—20,8

Допустимая погрешность прибора:

по метану и углекислому газу	±0,3
по кислороду при содержании CH ₄ +CO ₂ в пробе до 2%	±0,3
по кислороду при содержании CH ₄ +CO ₂ в пробе от 2.1 до 6%	±0,5

Прибор дает правильное показание при изменениях температуры окружающей среды от 10 до 30° С.

Изменения атмосферного давления на точность показаний не влияют.

Габариты прибора 320×135×22 мм

Вес прибора без футляра 2,2 кг

Время одного определения 2 мин.

Исполнение прибора рудничное искробезопасное (РИ).

Питание прибора осуществляется от сухого элемента типа «Марс».

Правила пользования прибором

Перед спуском в шахту проверяется исправность резиновой груши, герметичность газовой линии и продувается воздушная и газовая линии чистым атмосферным воздухом способами, рассмотренными выше (см. ШИ-3, ШИ-7).

Затем прибор устанавливается на «нуль».

Для этого необходимо отвернуть резьбовой колпачок 6 и, наблюдая в окуляр 3 за положением интерференционной картины, медленно вращать маховичок вправо или влево, добиваясь совмещения середины левой черной полосы интерференционной картины с нулевым

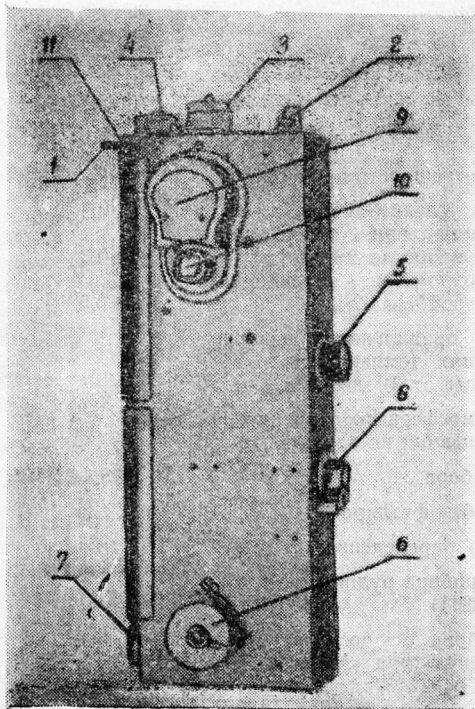


Рис. 9. Общий вид прибора ШИ-6:

1 — входной штуцер; 2 — выходной штуцер с фильтром; 3 — колпачок окуляра; 4 — резьбовой колпачок; 5 — кнопка включения лампочки; 6 — закрытый колпачок регулировочного маховичка; 7 — патрон лампочки; 8 — переключатель положения подвижной газовой воздушной камеры; 9 — механизм верньера; 10 — маховичок механизма верньера; 11 — винт крепления поглощающего патрона

делением шкалы. Нулевое деление шкалы верньера при этом должно быть совмещено с неподвижной риской.

Подвижная газоздушная камера вводится в поток интерференционных лучей, что обеспечивается установкой переключателя 8 в положение « O_2 ». После установки прибора на «нуль» маховичок закрывается резьбовым колпачком — прибор готов к работе.

Содержание кислорода в рудничном воздухе определяется в средней части сечения выработки следующим образом. Переключатель 8 ставится в положение « O_2 », колпачок 4 переходного мостика закрывается, к штуцеру 1 подсоединяется поглотительная трубка с активированным углем и одиннадцать раз сжимается резиновая груша.

Наблюдая в окуляр при нажатой кнопке включения 5, отсчитывается процентное содержание кислорода в рудничном воздухе. Целое число процента отсчитывается по шкале кислорода, видимой в окуляре, а десятые доли — по шкале верньера. Если левая черная полоса отсчета находится между двумя штрихами шкалы кислорода, то вращением маховичка 10 верньерного устройства против часовой стрелки эту полосу совместить с целым делением шкалы кислорода и отсчитать содержание кислорода в целом значении процента, а по шкале верньера — его десятые доли.

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

При определении содержания метана переключатель 8 ставится в положение « CH_4 », а нулевое деление шкалы верньера совмещается с неподвижной риской. Не отсоединяя от прибора поглотительную трубку и не продувая прибора, нажать кнопку 5 и выполнить начальный отсчет по шкалам метана. Отсоединить поглотительную трубку от прибора и сделать не менее пяти сжатий резиновой груши. Нажать на кнопку 5 и, наблюдая в окуляр, произвести отсчет по шкале метана. Вычитанием из второго отсчета первого определяется содержание метана в рудничном воздухе.

В том случае, когда необходимо определить содержа-

ние только метана, переключатель 8 ставится в положение «СН₄», не менее пяти раз сжимается резиновая груша и отсчитывается по шкале метана его содержание.

Для определения количества углекислого газа в рудничном воздухе необходимо вначале определить концентрацию метана. Затем отвернуть и снять колпачок 4 и в той же точке выработки взять пробу воздуха в прибор пятикратным сжатием груши. Далее необходимо провести 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. Содержание последнего в рудничном воздухе получается путем вычитания из второго отсчета (СН₄+СО₂) первого (СН₄).

В местах, где наблюдаются значительные отклонения температуры и давления от нормальных, следует применять поправочный коэффициент, который рассчитывается по формуле

$$k = \frac{2,59 (273 + t)}{P},$$

где t — температура;

P — давление в момент определения концентрации газа.

Основные правила замера газов интерферометрами

Контроль за составом шахтной атмосферы посредством интерферометров осуществляется в горных выработках. Во всех случаях замера метана и углекислого газа интерферометром всасывающая резиновая трубка прибора должна удерживаться неподвижно в одной точке.

Для определения средней концентрации метана и углекислого газа на входящих и исходящих струях главных выработок, участков и крыльев шахт лицо, производящее замер, располагается посередине выработки против движения воздушной струи, держа всасывающую трубку прибора на равном расстоянии от почвы, кровли и боковых стенок выработки. Если при этом концентрация газа превысит 1%, осуществляются дополнительные замеры в верхней и нижней частях данной выработки.

В забоях очистных и подготовительных выработок, а также на исходящих струях лав состав шахтной атмосферы контролируется так, чтобы замеры характеризовали наибольшее содержание метана или углекислого газа. Для этой цели при замерах необходимо резиновую трубку прибора держать:

а) в газовых шахтах — непосредственно под кровлей;

б) в негазовых шахтах — у почвы выработки;

в) в камерах и других выработках, имеющих большую высоту, на уровне 1,5—2 м от почвы и у кровли выработки.

С помощью интерферометров содержание метана в воздушной струе, исходящей из лавы, определяется на вентиляционном штреке, в 10—20 м от «окна» лавы, по направлению движения воздушной струи.

При выделении метана из выработанного пространства необходимо дополнительно осуществлять контроль в местах наибольшего выделения газа на вентиляционном горизонте и обязательно в начале вентиляционного штрека в 20 м от ходка уклона, бремсберга или промежуточного квершлага.

Перед замером необходимо не менее пяти раз сжать резиновую грушу прибора для продувки газовой линии рудничным воздухом.

После окончания замеров на поверхности следует продуть газовую камеру прибора чистым атмосферным воздухом и проверить совпадение нулевой точки. Если нулевая точка окажется смещенной, все замеры газов данной смены считаются недействительными, и их необходимо повторить исправным интерферометром.

БЕНЗИНОВАЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ ЛАМПА

Предохранительная бензиновая лампа (рис. 10) может быть использована для определения кислорода, углекислого газа и метана. Она состоит из резервуара 1 с горелкой 2, стекла 3, двух предохранительных сеток 4 и 5, крышки 6, соединенной при помощи стоек 7 с затворным кольцом 8. Для переноски у лампы есть крючок 9. Высота пламени регулируется гайкой 10. Лампа имеет

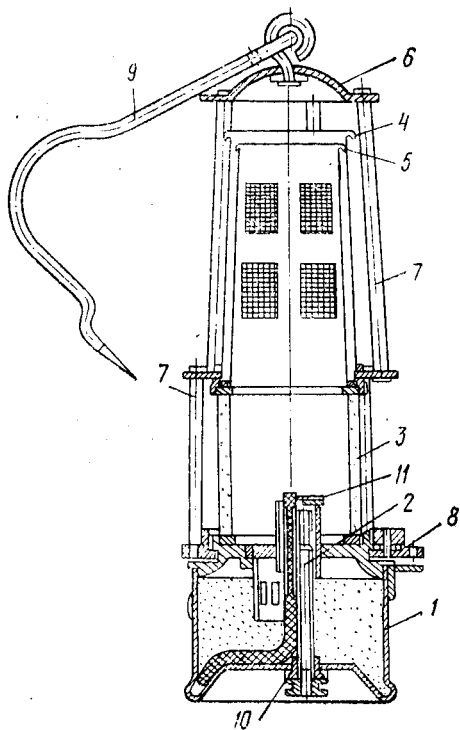


Рис. 10. Предохранительная бензиновая лампа

ограничитель высоты фитиля 11. Резервуар лампы заполняется ватой и заправляется 50 см³ бензина.

Применение бензиновой лампы для индикации O₂ основано на уменьшении силы света при снижении содержания O₂ в воздухе. При содержании 20% O₂ сила света лампы уменьшается на 30% при постоянной высоте пла-

мени и на 20% при регулируемой путем поднятия фитиля. При 19% O_2 сила света уменьшается соответственно на 65 и 30%, при 16,5 — 18% лампа гаснет.

В настоящее время назрела необходимость применения предохранительной бензиновой лампы для определения O_2 в тупиковых горных выработках, так как другие непрерывнодействующие сигнализаторы O_2 промышленностью пока не выпускаются.

Нельзя применять для индикации O_2 ацетиленовые лампы, пламя которых более устойчиво к пониженному содержанию O_2 .

Предохранительная бензиновая лампа позволяет определять содержание CO_2 по силе света: при содержании в воздухе 1—1,5% CO_2 сила света уменьшается на 20—30%, при 2,5—3% — на 60—70%, при 4—5% — она гаснет (в неподвижном воздухе гаснет при 3—4% CO_2). Такая лампа может быть использована для индикации CH_4 в шахтах I, II и III категорий, не опасных по внезапным выбросам.

Для замера CH_4 должны применяться исправные бензиновые лампы с двумя предохранительными металлическими сетками. № 05 (с размером ячеек в свету 0,5 мм), стандартные, целые и чистые. Стекло должно быть цилиндрической формы, белое, прозрачное, без пузырей и трещин, плоскости оснований — перпендикулярны к оси цилиндра; между стеклом, сетками, и резервуаром помещаются асбестовые прокладки.

Метан замеряется вначале при полном пламени лампы (высотой 25 мм) путем медленного перемещения лампы от почвы к кровле. Если при этом будет замечено ослабление света, удлинение пламени, копоть, то дальнейший замер прекращается, концентрация CH_4 фиксируется равной 4%, принимаются меры по выводу всех людей из загазованной выработки на свежую струю и дается указание о немедленном выключении электроэнергии.

Если при замере газа лампа потухнет, а газ будет продолжать гореть внутри лампы (в сетке), то не следует пытаться задуть огонь. Нужно осторожно опустить лампу вниз, прикрутить фитиль до отказа и закрыть лампу одеждой.

Высота неприкрученного пламени лампы в зависимо-

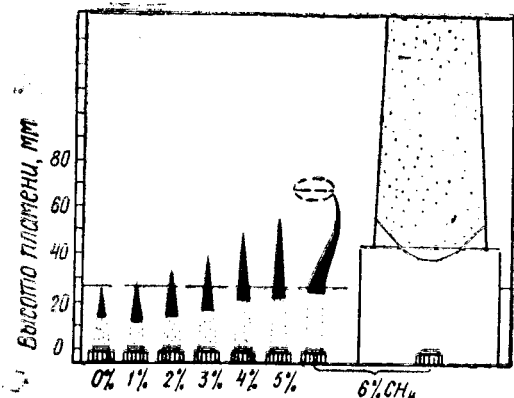


Рис. 11. Высота неприкрученного пламени бензиновой лампы при различных концентрациях метана в воздухе

сти от содержания метана в воздухе показана на рис. 11.

Если не произошло удлинения полного пламени, то его прикручивают до высоты примерно 2 мм так, чтобы внутри его оставалась светлая точка, и замер повторяют. Содержание CH_4 определяется по высоте ореола (табл. 12).

Таблица 12

Высота ореола (мм) от трубки фитиля при уменьшении пламени до 2 мм	5	7	9	12	15	20	30
Содержание метана, %	1	1,5	2,0	2,5	3,5	3,0	4,0

Замер прекращается, когда ореол достигает половины высоты стекла. При вспышке газа в лампе ее надо осторожно опустить и погасить, прикрыв одеждой.

ХИМИЧЕСКИЙ ГАЗОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ГХ-4

Назначение

Химический газоопределитель ГХ-4 предназначен для экспресс-определения низких концентраций окиси углерода, окислов азота, сернистого газа и сероводорода в воздухе шахт и рудников в соответствии с нормами, предусмотренными правилами безопасности в угольной и рудной промышленности. Прибор может использоваться для обнаружения начальных стадий самовозгорания угля и для контроля за разгазированием горных выработок от ядовитых газов после взрывных работ, при пожарах, затоплении выработок и т. д.

Газоопределитель рекомендуется для подземных рабочих подготовительных и очистных забоев, работников ПВС шахт; горноспасателей и горнотехнических инспекторов.

Устройство и принцип действия

Прибор ГХ-4 состоит из набора четырех видов индикаторных трубок, являющихся его измерительной частью, и мехового насоса для протягивания воздуха через трубки (рис. 12).

Применяемый экспресс-метод основан на использовании специфических цветных реакций, протекающих в индикаторных трубках между определяемым газом и специальным реактивом, нанесенным на твердый носитель — силикагель, и измерении длины возникающего при этом окрашенного слоя, являющегося функцией концентрации определяемого газа и объема протянутого воздуха. Концентрация газа отсчитывается по шкале, имеющейся на картонной упаковке, и по цветным линиям на поверхности трубок.

Индикаторные трубки — это стеклянные трубки длиной 125 мм и наружным диаметром 7 мм; концы их оттянуты на конус и запаяны. Трубки снаряжаются в заводских условиях специфическими на каждый определяемый газ реактивными порошками, которые уплотняются и удерживаются в таком виде прокладками. На поверхности трубок красками нанесены следующие обозначения: формула определяемого газа; маркировочные коль-

Пределы измеряемых концентраций

Определяемый газ	Объем исследуемой пробы, мл	Пределы измеряемых концентраций по шкале	
		проценты объемные	мг/л
Оксид углерода	1000	0—0,02	0—0,25
То же	100	0—0,2	0—2,5
Сернистый газ	1000	0—0,007	0—0,2
Сероводород	1000	0—0,0066	0—0,1
Оксиды азота	1000	0—0,005	0—0,1025

Примечание. Предельные и промежуточные значения отмечены цветными линиями, нанесенными на поверхность трубки.

Гарантийный срок действия трубок, мес:

на оксид углерода 24

на сероводород, сернистый газ и

оксиды азота 12

Основная погрешность в процентах от

значения шкалы, не более ± 25

Объем пробы исследуемого газа

Время выполнения замеров, мин: 100—1000 мл

CO; SO₂ и H₂S 0,5—2

NO + NO₂ 1—5

Газоопределитель дает правильные показания в интервале температур:

при определении CO от 0 + 35°C

при определении H₂S; SO₂; NO + NO₂ от +5 до +35°C

Бес. прибора (мехового аспиратора и

одной коробки трубок) 0,42 кг

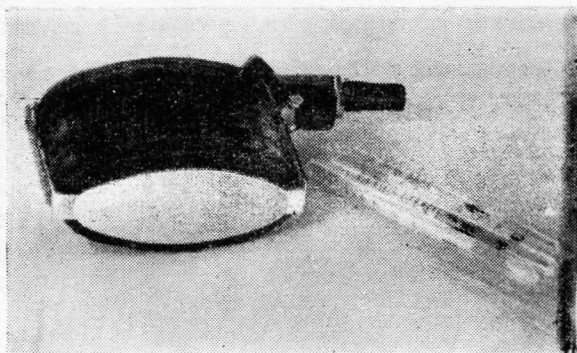


Рис. 12. Общий вид химического газоопредели-
теля GX-4

ца шкалы измерения, стрелка, указывающая направление движения исследуемого воздуха через трубку при анализе; товарный знак завода-изготовителя; кроме того, на одном из концов трубок имеется закрашенная полоса для нанесения необходимых отметок при замере (например, даты и места отбора пробы).

Аспиратор меховой типа АМ-3 представляет собой ручной резиновый мех с объемом одного хода, равным 100 мл.

Экспресс-метод определения окиси углерода

Метод предназначен для прямого определения низких концентраций окиси углерода в подземных условиях и используется для контроля за разгазированием выработок после взрывных работ для обнаружения начальных стадий самовозгорания угля, а также для контроля за атмосферой в процессе ликвидации подземного пожара. Он позволяет устанавливать с помощью индикаторной трубки и аспиратора количественное содержание окиси углерода в течение 0,5—2 мин. в интервале концентрации 0—0,2% по объему и обнаружить в шахтном воздухе концентрации СО порядка 0,0001%.

Определение основано на реакции окисления окиси углерода йодноватокислым калием в кислой среде с об-

разованием на твердом носителе-силикагеле продуктов реакции, окрашенных вначале в коричневый цвет, быстро переходящий в зеленый. Длина окрашенного слоя силикагеля является мерой концентрации окиси углерода.

Для анализа на содержание СО вскрывают индикаторную трубку, для чего отламывают оба ее конца в специальной проушине меха легким нажатием трубки так, чтобы не нарушить прокладку и слой порошка. Трубку плотно вставляют в резиновую трубку меха, чтобы стрелка показывала направление в аспиратор. Затем резиновый мех сжимают до упора и отпускают его. Конец всасывания определяется натяжением дистанционных ремешков. Перед следующим сжатием меха делается трехсекундная пауза.

После первого хода аспиратора рассматривают индикаторную трубку, и если окраска достигла первого деления, то анализ на этом следует прекратить, так как концентрация окиси углерода выше предельно допустимой. Продолжать замер можно только в самоспасателе или респираторе. Длина окрашенной зоны трубки при этом является мерой для определения концентрации СО при протягивании 100 мл воздуха.

Если окраска после одного хода меха не появилась или не достигла первого деления шкалы, делают еще девять сжатий и по длине окрашенной зоны трубки определяют концентрацию окиси углерода при протягивании 1000 мл воздуха. Значение концентрации при протягивании 100 или 1000 мл воздуха определяется по шкале, имеющейся на упаковке и в инструкции.

Трубка после отрицательного результата замера может быть использована до трех раз в тот же день. После положительного показания ее больше не применяют.

Экспресс-методы определения сернистого газа, окислов азота и сероводорода

Метод определения сернистого газа используется для обнаружения начальных стадий самовозгорания угля и руды, а также для контроля за атмосферой в процессе ликвидации подземного пожара. Количественное содер-

жание SO_2 устанавливается в течение 0,5—2 мин. в интервале от 0 до 0,007% по объему с нижним пределом порядка 0,00035%. Определение концентраций окислов азота может быть использовано для контроля за степенью разгазирования горных выработок после взрывных работ и установления режима проветривания забоев.

Метод определения окислов азота ($\text{NO} + \text{NO}_2$) позволяет устанавливать с помощью трубки-анализатора и аспиратора содержание окислов азота в течение 1—5 мин., в интервале концентраций от 0 до 0,005% по объему с нижним пределом 0,0001%.

Для отдельного определения окиси и двуокиси азота при совместном их присутствии исследуемый воздух из одной точки просасывается параллельно через две трубки, подключенные в прямом (стрелкой к аспиратору) и обратном направлениях. По трубке, подключенной в обратном направлении, определяется концентрация двуокиси азота, концентрация окиси азота устанавливается путем вычитания NO_2 из суммарной концентрации ($\text{NO} + \text{NO}_2$), замеренной трубкой, подключенной к аспиратору в прямом направлении.

Экспресс-метод определения сероводорода используется при оценке пригодности атмосферы для дыхания вблизи водосборников, старых выработок, заполненных водой, и в других случаях. Количественное содержание H_2S устанавливается в течение 0,5—2 мин. в интервале 0—0,0066% по объему с нижним пределом 0,00033%.

Учитывая высокую степень токсичности сероводорода, при его замерах нужно соблюдать меры предосторожности.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОСНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ТИПА УГ-2

Назначение

Универсальный переносный газоанализатор УГ-2 предназначен для определения в воздухе концентраций следующих вредных газов (паров):

Таблица 14

Сределяемый газ (пары)	Просасы- ваемые объемы, м.л	Пределы измерения, мг/л
Сернистый ангидрид	300 60	0—0,03 0—0,2
Пары этилового эфира	400	0—3,0
Ацетилен	265 60	0—1,4 0—6,0
Оксид углерода	220 60	0—0,12 0—0,4
Сероводород	300 30	0—0,03 0—0,3
Хлор	350 100	0—0,15 0—0,08
Аммиак	250 30	0—0,03 0—0,3
Оксиды азота	325 150	0—0,05 0—0,2
Бензин	300 60	0—0,1 0—5,0
Бензол	350 100	0—0,2 0—1,0
Толуол	300 100	0—0,5 0—2,0
Ксилол	300 120	0—0,5 0—2,0
Ацетон	300	0—2,0
Углеводороды нефти	300	0—1,0

Прибором можно определять перечисленные вредные газы в воздухе при следующих условиях:

Содержание кислорода, водорода и азота	любое;
Содержание инертных газов . .	любое;
Содержание пыли	не более 40 мг/м ³
Давление	740+780 мм рт. ст.
Относительная влажность . .	не более 90%
Температура	от +10° до +30° С

Основные технические данные

Погрешность показаний прибора не более верхнего предела каждой шкалы	±10%
Продолжительность проведения одного анализа составляет 2—10 мин.	
Вес воздухозаборного устройства . .	1,37 кг
Вес коробки со специальным комплектом	2 кг
Срок годности индикаторных трубок, приготовленных согласно инструкции, один месяц с момента их приготовления; для определения паров ацетона — двое суток.	

Принцип работы и устройство

Работа газоанализатора основана на измерении длины окрашенного столбика, полученного в процессе просасывания через индикаторную трубку воздуха, содержащего вредные примеси. Воздух просасывается воздухозаборным устройством. Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке, пропорциональная концентрации анализируемого газа в воздухе, измеряется по шкале, градуированной в мг/л. Газоанализатор состоит из воздухозаборного устройства со съемной подставкой для шкал, установленной на плате прибора, штоков, измерительных шкал, индикаторных трубок, фильтрующих патронов и набора принадлежностей, необходимых для приготовления индикаторных трубок и фильтрующих патронов.

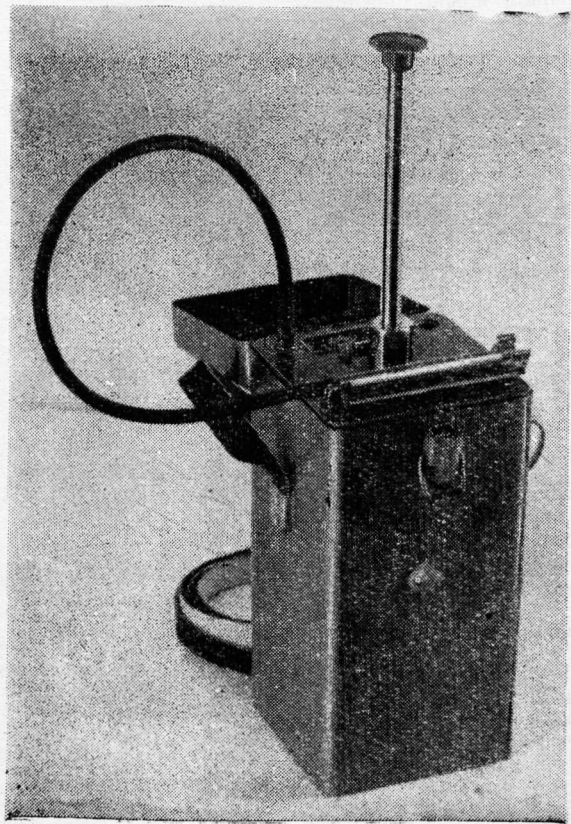


Рис. 13. Внешний вид газоанализатора УГ-2

Прибор комплектуется 6—10 штоками; при их помощи можно протянуть через индикаторные трубки любой из объемов исследуемого воздуха, указанных в таблице.

Основной частью воздухозаборного устройства является резиновый мех с расположенной внутри стакана сжатой пружиной, которая удерживает мех в растянутом состоянии. Исследуемый воздух просасывается через индикаторную трубку после предварительного сжатия меха штоком, на гранях которого обозначены объемы просасываемого при анализе воздуха (рис. 13).

Индикаторная трубка для количественного определения анализируемого газа в воздухе — это стеклянная трубка, заполненная в соответствии с инструкцией индикаторным порошком.

ГАЗОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ООГ-2

Назначение

Объемно-оптический газоанализатор типа ООГ-2 — лабораторный прибор (рис. 14), предназначенный для отдельного определения углекислого газа, окиси углерода, метана и водорода в пробах рудничного воздуха, а также для анализа высокопроцентного кислорода и углекислого газа из баллонов.

Основные данные

Допустимая погрешность прибора, %	
для CO_2 , O_2 , CO	$\pm 0,2$
для CH_4 , H_2 на участке шкалы 0—5%	$\pm 0,2$
для CH_4 , H_2 на участке шкалы 5,1—12%	$\pm 0,3$
Время анализа на 5 компонентов	15—20 мин.
Габаритные размеры	620×520×216 мм
Вес газоанализатора без реактивов	не более 7 кг
Питание газоанализатора	6,3 в

В основу работы объемно-оптического газоанализатора положен принцип совмещения объемного и оптического методов анализа газов. Углекислый газ, кислород и окись углерода на ООГ-2 определяются газообъемным методом, метан—водород — оптически.

Сущность газообъемного метода сводится к следующему.

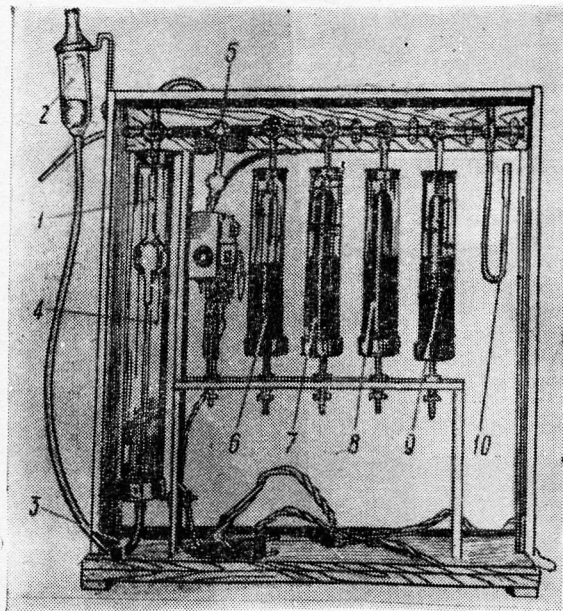
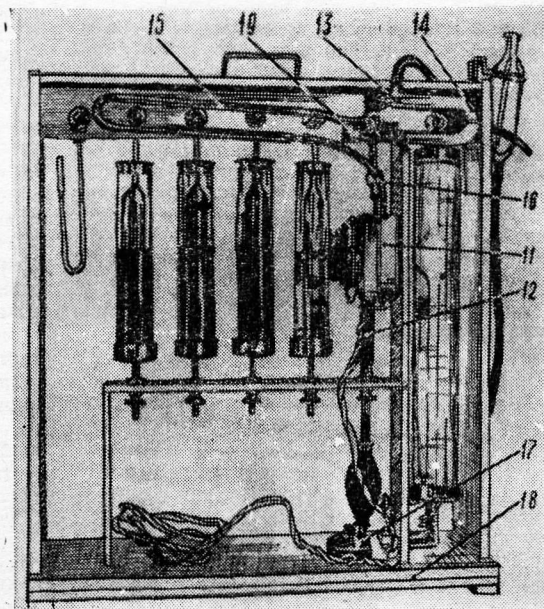


Рис. 14 а, б. Общий вид газоанализатора ООГ-2 (а — вид спереди, б — вид сзади): 1 — измерительная бюретка; 2 — напорный сосуд; 3 — винтовой сосуд поглощения углекислоты; 4 — цилиндр термостата; 5 — распределительный кран; 6 — сосуд поглощения кислорода; 7 — сосуд поглощения окиси углерода; 8 — сосуд поглощения паров аммиака; 9 — сосуд поглощения паров аммиака; 10 — манометр; 11 — интерферометр; 12 — подставка; 13, 14, 15 — поглотительные трубки, заполненные рованным углем; 16 — поглотитель с ХПИ; 17 — выключатель; 18 — штатив

Точно измеренный объем анализируемой газовой смеси приводится в соприкосновение с реактивом, который взаимодействует только с одной составной частью этой газовой смеси, но не реагирует с другими. В результате реакции объем смеси уменьшается на объем прореагировавшей составной части. По величине его су-



вид сзади);

16 — поглотитель с ХПИ; 17 — выключатель; 18 — штатив

дят о концентрации газа, поглощенного данным раствором.

Оптическое измерение метана и водорода в газоопределителе ООГ-2 осуществляется с помощью лабораторного интерферометра ЛИ-4, принцип действия которого такой же, как и у рассмотренных шахтных интерферометров, с той лишь разницей, что в момент измерений водорода водородно-воздушная смесь заполняет крайние каналы газо-воздушной камеры интерферометра. Благодаря этому смещение спектра интерференции, обусловленное присутствием водорода в камере, происходит вправо от нуля шкалы прибора, хотя коэффициент преломления водорода меньше коэффициента преломления воздуха.

Краткие правила пользования ООГ-2

Перед анализом необходимо убедиться в исправности прибора. Для этого сначала осмотреть смазку кранов и проверить проходимость гребенки. Затем проверить герметичность газоанализатора, газовых линий интерферометра, работу клапанов резиновой груши, установить интерферометр на «нуль» и сделать пробный анализ атмосферного воздуха.

Газоопределитель считается исправным, если результаты анализа будут следующими: а) углекислого газа $0-0,1$; б) кислорода $20,9 \pm 0,1\%$; в) отсутствует окись углерода, метан и водород.

Определение CO_2 , O_2 и CO . Пипетка с пробой рудничного воздуха подсоединяется к левому отростку крана измерительной бюретки 1. Кран бюретки ставят в положение Г и продувают 10-15 мл пробы через трубку, соединяющую пипетку с измерительной бюреткой. Затем его ставят в положение Г, опускают камерный сосуд 2 бюретки, открывают зажим З и в течение 40-50 сек. равномерно набирают исследуемую пробу в бюретку; мениск затворной жидкости в бюретке доводится до деления 100. После этого снимается напорный сосуд пипетки и в ней устанавливается одинаковый уровень воды с напорным сосудом, чтобы привести пробу в измерительной бюретке к атмосферному давлению. Не изменяя положения напорного сосуда, кран измерительной бюретки переводится в положение Г, а мениск во-

ды в манометре 10 подводится к нулю. При выравнивании давления в бюретке совмещение уровней воды в коленах манометра должно быть в пределах $\pm 0,5$ мм. Для исключения погрешностей от стекания затворной жидкости отсчеты по бюретке при измерении объемов ведутся через одинаковые интервалы времени (1,2—2 мин. от момента заполнения бюретки пробой), при этом не допускается параллакса. Объем пробы записывается в рабочую тетрадь.

Проба газа из измерительной бюретки переводится в сосуд 6, в котором поглощается углекислый газ. Для этого кран поглотительного сосуда ставится в положение \dashv , открывается винтовой зажим 3 и поднимается напорный сосуд бюретки. Поднимая и опуская напорный сосуд бюретки, пробу несколько раз переводят из бюретки в колокол и обратно до полного поглощения углекислого газа. Объем остатка пробы записывается в рабочую тетрадь. После полного поглощения углекислого газа остаток пробы переводится в сосуд 7 для поглощения кислорода. После его полного поглощения объем остатка записывается в рабочую тетрадь. Остаток пробы переводится в сосуд 8 для поглощения окиси углерода. Далее остаток пробы переводится в сосуд 9 для поглощения паров аммиака. После этого данные оставшегося объема пробы записываются в рабочую тетрадь.

Остаток пробы после определения CO_2 , CO и O_2 выпускается в атмосферу через кран манометра.

Определение H_2 и CH_4 . При определении H_2 кран бюретки ставится в положение \dashv и через интерферометр (при положении распределительного крана 5 \perp) пропускается 160—170 мл пробы (если CO_2 более 10%, то пропускается 180—190 мл). Проба газа, проходя через поглотительные трубки 13, 14 и 15, освобождается от углекислого газа, окиси углерода и метана, а крайние полости интерферометра 11 заполняются водородом пробы и воздухом.

При наблюдении за смещением интерференционной картины отсчитывается процентное содержание водорода в пробе по шкале, видимой в поле зрения окуляра. Если при определении концентрации водорода произведение величины концентрации водорода на сумму концентраций примесей (CO_2 , CO , CH_4) $K_{\text{H}_2} \cdot K_{\text{пр}}$ превышает

ст 10, то вносится поправка на изменение состава пробы и концентрация водорода определяется по формуле

$$\% \text{H}_2 = K_{\text{H}_2} \cdot \frac{100 - K_{\text{пр}}}{100},$$

где K_{H_2} — концентрация водорода по показанию интерферометра;

$K_{\text{пр}}$ — сумма концентраций примесей (CO_2 , CO , CH_4).

Если водорода или углекислоты в пробе окажется более 12%, проба разбавляется в пипетке в 10 раз и анализируется повторно.

После определения водорода распределительный кран ставится в положение \rightarrow и 25 мл пробы (до метки 25 на пипетке) пропускается через трубки 13 и 14 в среднюю полость камеры интерферометра. Если интерференционная картина сместится не более чем на 10%, пропускается еще 25 мл пробы, в противном случае остаток пробы в пипетке разбавляется в 10 раз для повторного анализа (на H_2 и CH_4). Перед этим необходимо продуть систему поглотительных трубок 13, 14 и 15, а крайние и среднюю полости интерферометра заполнить атмосферным воздухом. При повторном анализе необходимо определить % O_2 для внесения поправки на CH_4 .

При определении метана из пробы газа поглотятся углекислый газ и окись углерода, а в среднюю полость камеры интерферометра вместе с воздухом попадут водород и метан. Процентное содержание CH_4 отсчитывается по той же шкале, что и для водорода. Если в пробе кислорода меньше 20,7%, то концентрация метана определяется по формуле

$$\% \text{CH}_4 = K_{\text{CH}_4} \cdot \frac{100 - K_{\text{пр}}}{100} \left(20,9 - K_{\text{O}_2} - \frac{100}{100 - K_{\text{пр}}} \right) \times \\ \times 0,18 - \frac{K_{\text{CH}_4} \cdot K_{\text{H}_2}}{100 - K_{\text{CH}_4}},$$

где K_{CH_4} — концентрация метана по показанию интерферометра;

K_{H_2} — концентрация водорода по показанию интерферометра;

K_{O_2} — концентрация кислорода в пробе,
 $K_{пр}$ — сумма концентраций примесей ($CO_2 + CO$),
 поглощенных в трубках при определении
 метана.

Для удобства расчета значение

$$\left(20,9 - K_{O_2} \frac{100}{100 - K_{пр}}\right) \cdot 0,18$$

берется из табл. 15, а значение

$$\frac{K_{CH_4} \cdot K_{H_2}}{100 - K_{CH_4}}$$

из табл. 16.

В тех случаях, когда кислорода меньше 20,7, а K_{CH_4} , $K_{пр}$ и $K_{H_2} \cdot K_{CH_4}$ меньше 10%, концентрацию метана можно определить по формуле

$$\% CH_4 = K_{CH_4} - (20,9 - K_{O_2}) \cdot 0,18.$$

После определения метана все поглотительные трубки и камера интерферометра продуваются с помощью резиновой груши комнатным воздухом. Вначале продувают при положении распределительного крана \perp (груша надевается на штуцер 7), делается 9—10 качаний, затем распределительный кран ставится в положение \perp (груша надевается на штуцер 8) и ведется продувка до возвращения интерференционной картины в нулевое положение. При большой концентрации метана в пробе на продувку требуется 2—3 мин.

В случае отклонения температуры свыше $\pm 10^\circ C$ и атмосферного давления ± 15 мм рт. ст. от нормальных условий ($20^\circ C$ и 760 мм рт. ст.) при определении концентраций водорода и метана от 1,5% и выше следует поправку ввести по формуле

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

где $P_{пр}$ — исправленное значение показания прибора;

P — отсчет по шкале прибора;

t — температура ($^\circ C$) во время определения;

P — давление (мм рт. ст.) во время определения.

Таблица 15

K _{np}	K _{C₂}							
	20	19	18	17	16	15	14	13
1 — 5,5	0,05	0,25	0,45	0,60	0,80	1,0	1,15	1,35
5,6—10	0	0,05	0,25	0,45	0,65	0,8	1,0	1,2

K _{np}	K _{H₂}							
	12	11	10	9	9	7	6	5
1 — 5,5	1,55	1,70	1,9	2,1	2,25	2,45	2,65	2,8
5,6—10	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8

Таблица 16

K _{H₂}	K _{CH₄}				
	1—2	2,1—4	4,1—6	6,1—8	8,1—10
1	0,0	0,0	0,05	0,05	0,1
2	0,0	0,05	0,1	0,15	0,2
3	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3
4	0,05	0,15	0,2	0,3	0,4
5	0,05	0,2	0,3	0,4	0,5
6	0,1	0,2	0,35	0,5	0,6
7	0,1	0,25	0,4	0,6	0,7
8	0,1	0,3	0,45	0,6	0,8
9	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
10	0,15	0,35	0,55	0,8	1,05

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Из всех известных методов газового анализа к наиболее совершенным можно отнести хроматографию. Преимуществом ее является быстрота и высокая чувствительность при анализе небольших количеств газа, хорошая воспроизводимость результатов, возможность определения большого количества компонентов.

Хроматографический метод — это физический метод определения сложных смесей по составляющим их компонентам, при этом компоненты пробы распределяются между двумя фазами: одна — неподвижная, другая — подвижная.

Физическая сущность метода зависит от природы атомно-молекулярного взаимодействия между двумя веществами. В газовой (или паровой) хроматографии используется в основном различная адсорбируемость или абсорбируемость (растворение) компонентов газовой смеси, проявляющаяся при их продвижении с помощью инертного газа-носителя через слой неподвижного сорбента. Принцип хроматографического разделения показан на рис. 15.

Газ, состоящий из трех компонентов, продувается с помощью какого-либо инертного газа (азота, гелия, водорода) через слой измельченного сорбента, помещенного в трубку (колонку). В силу того, что компоненты смеси обладают различной сорбируемостью или растворимостью, их движение в колонке будет замедляться по-разному: чем больше сорбируемость молекул, тем сильнее будет их торможение, и компоненты газа в свя-

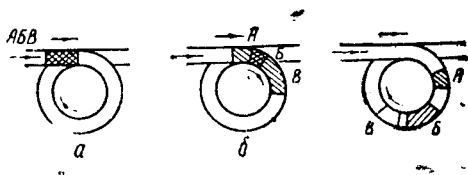


Рис. 15. Принцип разделения смеси на хроматографической колонке. А, Б, В — компоненты газа

зи с этим будут двигаться с разной скоростью. Через некоторое время вперед уйдет компонент В как менее сорбирующийся, за ним компонент Б и, наконец, А, как более сорбирующийся и поэтому движущийся медленнее. В данное время компоненты еще не отделились полностью друг от друга. Однако через некоторое время различие в скоростях движения приведет к их полному разделению. Из хроматографической колонки будет выходить газ-носитель или бинарная смесь (газ-носитель — компонент), что фиксируется детектором, сигнал которого пропорционален концентрации компонентов в смеси. Для каждого компонента при определенных постоянных условиях разделения время выхода всегда постоянно (что используется для их идентификации), поэтому оно является качественным показателем при хроматографическом анализе.

На методе хроматографии основаны приборы ХТ-2М, ХЛ-3, ХЛ-4, УХ-1, «Цвет-1» «Цвет-4» и др. Для анализа рудничного газа, являющегося смесью углеводородных и неуглеводородных газов, может быть применен любой из выпускаемых промышленностью хроматографов, обеспечивающих требуемую чувствительность и точность определения компонентов.

Хроматограф лабораторный аналитический ХЛ-4М предназначен для анализа неуглеводородных газов, газообразных и жидких углеводородов с температурой кипения до 300° С. Прибор рассчитан для работы при различной температуре колонки, начиная от окружающей комнатной и до 250° С. Выбранная температура термостатирования поддерживается в термостате постоянной с помощью пропорционального электронного терморегулятора.

Методика разделения, отвечающая условиям и требованиям анализа, выбирается из рекомендуемых методик. Анализ жидких углеводородов осуществляется в паровой фазе. Компоненты газа обнаруживаются с помощью детектора по теплопроводности.

Основные технические данные

Газ-носитель	азот, водород, гелий, воздух
Расход газа-носителя	1—8 л/час

Температура в блоке колонки	10—250° С (по не ниже окружающей)
Чувствительность прибора по бутану, %	
при азоте (газ-носитель)	0,05
при водороде	0,005
Пределы измерения по концентрации	0 ÷ 100 %
Диапазоны шкалы регистратора	1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 мВ
Объем дозы, мл:	
газообразной	2, 3, 5, 10
жидкой	0,06
Потребляемая мощность (максимальная)	700 Вт
Габаритные размеры, мм:	
датчика	650×320×535
регистратора	510×400×400
Вес прибора	около 100 кг

Хроматограф состоит из блока колонки, блока управления, регистратора ЭПП-17 и газовой панели (рис. 16). Линия газа-носителя, поступающего из баллона (давление до 150 кгс/см²), имеет редукторы высокого давления на баллоне и низкого — на приборе. После снижения давления газа-носителя до 1,5—2 кгс/см² с помощью игольчатого вентиля (дресселя) устанавливают необходимый расход газа-носителя, контролируемый ротаметром, после которого газ проходит через сравнительную ячейку детектора и поступает в кран-дозатор, имеющий два положения: в одном происходит забор пробы, в другом — продувка ее газом-носителем в колонку. После крана-дозатора поток газа-носителя поступает через испаритель жидкой пробы в колонку для разделения на соответствующие компоненты, затем они в виде бинарной смеси пройдут через измерительную камеру детектора и дальше — на выход в атмосферу, где для

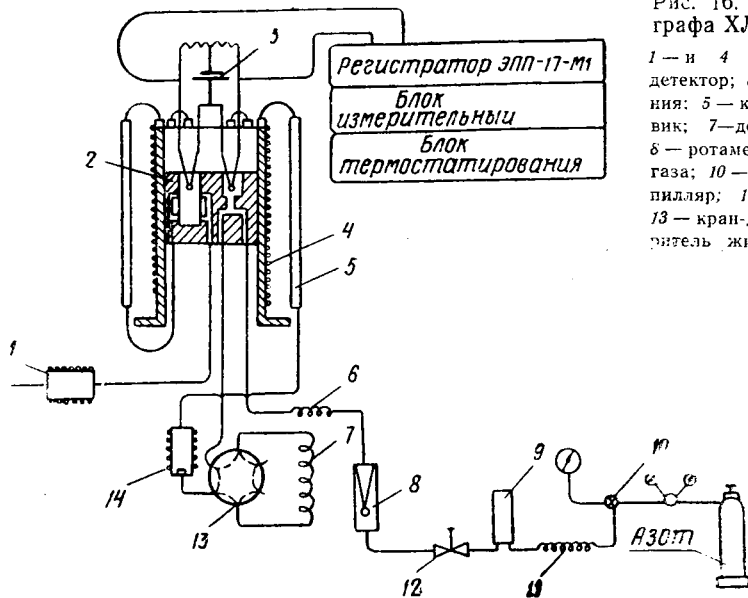


Рис. 16. Схема хроматографа ХЛ-4М:

1 — и 4 нагреватели; 2 — детектор; 3 — источник питания; 5 — колонка; 6 — змеевик; 7 — дозировочный объем; 8 — ротаметр; 9 — осушитель газа; 10 — редуктор; 11 — капилляр; 12 — дроссель газа; 13 — кран-дозатор; 14 — испаритель жидкой пробы

предохранения от конденсации предусмотрен нагреватель.

В зависимости от задач анализа размер пробы исследуемого газа может быть 2, 3, 5 и 10 мл, что достигается установкой соответствующего дозированного объема. С его помощью вводится только газовая проба, а жидкие — через резиновую мембрану испарителя специальным микрошприцем. Введенная проба испаряется и увлекается потоком газа-носителя в колонку, где разделяется в паровой фазе.

Блок колонки состоит из подставки, газораспределительной панели, колонки, детектора, нагревательного элемента, термоизоляционного корпуса, испарителя. Колонка состоит из отдельных звеньев длиной 0,6 м каждое, заполняемых сорбентом для разделения соответствующих компонентов. Звенья соединяются между собой переходными трубками. Несколько типов таких трубок позволяют набирать колонки длиной от 0,6 до 7,2 м.

Для обнаружения разделенных компонентов исследуемой пробы на выходе колонки установлен детектор. Принцип действия его основан на измерении разности теплопроводности чистого газа-носителя и бинарной смеси (газ-носитель --- компонент). Детектор представляет собой небольшой блок из нержавеющей стали, в котором находятся две камеры: через одну из них проходит диффузионно только газ-носитель (сравнительная камера), через другую (измерительная камера) — газ-носитель или бинарная смесь. В обеих камерах имеются вольфрамовые термосопротивления, являющиеся плечами моста постоянного тока. При прохождении через обе камеры газа-носителя условия теплопередачи от термосопротивления к стенкам камеры почти одинаковы. В это время устанавливается баланс мостовой схемы и нулевое положение каретки с пером регистратора.

Как только в измерительную камеру начнет поступать бинарная смесь, теплопроводность которой отличается от теплопроводности чистого газа-носителя, температура нити в измерительной камере изменится, соответственно изменится ее сопротивление, что вызовет разбаланс моста. Прохождение через детектор бинарной смеси будет записано регистратором в виде пика, площадь которого пропорциональна концентрации компонента в анализируемой смеси.

Тип прибора	Назначение	Разделительная колонка
1	2	3
Хроматограф лабораторный ХТ-2М	Анализ сложных смесей газов и паров	Спиралеобразная, $d=4$ мм Сорбент-алюмогель, обработанный щелочью или диаболитовый кирпич с соответствующей пропиткой
Хроматограф лабораторный ХЛ-3	Анализ постоянных газов, углеводородных газов и жидких углеводородов с температурой кипения до 180°C	Спиралеобразная, $d=6$ мм Сорбент-модифицированный силикагель и алюмогель
Хроматограф лабораторный ХЛ-4	Анализ постоянных газов, углеводородных газов и жидких углеводородов с температурой кипения до 200°C	U-образная, $d=6$ мм различные сорбенты
Универсальный лабораторный хроматограф УХ-1	Анализ газовых смесей и жидкостей с температурой кипения до 300°C	Две спиралеобразные $d=6$ мм в комплект прибора входит 8 колонок с различными сорбентами
Универсальный лабораторный хроматограф ХТ-63	Анализ газовых смесей и жидкостей с температурами	Программная изотермическая U-образная $d=4$ мм

Тип детектора	Дозатор	Чувствительность, %
4	5	6
Термохимический	Автоматический клапанный со сменными дозирующими объемами	0,02 по метану
Теплопроводности	Кран-дозатор со сменными дозирующими объемами для газов. Микрошприц для жидкостей	По бутану при газоносителе: азоте 0,2, водороде 0,02
Теплопроводности	Кран-дозатор со сменными дозирующими объемами для газов. Микрошприц для жидкостей	По бутану при газоносителе: азоте 0,06, водороде 0,005
Теплопроводности	Медицинский шприц для газов Микрошприц для жидкости	0,02 по бутану
Термохимический теплопроводности, плотности, пламенно-ионизационный	Автоматический для газообразных и жидких веществ со сменными	$10^{-2}-10^{-4}$ по бутану

Тип прибора	Назначение	Разделительная колонка
Аналитический газовый хроматограф «Цвет-1»	Анализ органических и неорганических соединений с температурами кипения до 400° С	и теплодинамическая $d=6$ мм Различные сорбенты U-образные, набивные от 1 до 6 м, капиллярные 50 м

Блок управления с регистратором ЭШ-17 служит для управления работой блока колонки хроматографа. Он измеряет компоненты газа, последовательно проходящие через детектор, измеряет и регулирует температуру в блоке колонки, управляет вспомогательными операциями: установкой нуля измерительного моста и тока детектора, контролем нуля регистратора и переключением пределов измерения. Перечисленные операции выполняются вручную.

В табл. 17 приведены технические данные некоторых отечественных лабораторных хроматографических газоанализаторов.

СИГНАЛИЗАТОР КИСЛОРОДНЫЙ ПЕРЕНОСНЫЙ СКП-1

Назначение

Сигнализатор кислорода переносный предназначен для непрерывного автоматического контроля процентного содержания кислорода в рудничной атмосфере и автоматической подачи светового и звукового сигналов при снижении концентрации кислорода ниже допустимой величины.

Тип детектора	Дозатор	Чувствительность, %
Ионизационно-пламенный, катарометр	Газовый кран-дозатор, микрошприц, дозатор-испаритель	Чувствительность, % Микрошприц для жидкостей Ионизационно-пламенный детектор $5 \cdot 10^{-5}$ катарометра $5 \cdot 10^{-3}$

Принцип действия

Принцип действия прибора основан на использовании явления термомагнитной конвекции кислородосодержащего газа в неоднородном магнитном поле при наличии в нем температурного градиента. Под термомагнитной конвекцией подразумевается конвекция газа, окружающего нагретое тело, расположенное в неоднородном магнитном поле. Подобно тому как при тепловой конвекции частицы нагретого газа, увеличивающегося в объеме и обладающего меньшим удельным весом, двигаются вверх в сторону падения гравитационного поля, при термомагнитной конвекции частицы нагретого газа двигаются в сторону падения напряженности магнитного поля.

В термомагнитных газоанализаторах термомагнитная конвекция газовой смеси, содержащей кислород, образуется в неоднородном постоянном магнитном поле, в котором расположен нагретый проводник или чувствительный элемент.

В результате термомагнитной конвекции происходит охлаждение нагретого электрическим током чувствительного элемента, вследствие чего изменяется его температура и, следовательно, электрическое сопротивление. При этом изменение величины электрического сопротивления

дения чувствительного элемента служит мерой концентрации кислорода в газовой смеси.

Абсолютная величина удельной магнитной восприимчивости кислорода на два порядка больше магнитной восприимчивости остальных газов (за исключением редко встречающейся окиси азота). Из этого следует, что концентрация кислорода определяет магнитную восприимчивость газовой смеси независимо от содержания других компонентов. Это позволяет использовать магнитные свойства кислорода для избирательного измерения его концентрации в сложных газовых смесях.

Основные данные

Прибор состоит из датчика с измерительной схемой, указателей кислорода и напряжения питания, блока световой и звуковой сигнализации и источника автономного питания.

1. Пределы измерения концентрации кислорода — от 13 до 21% объемных.

2. Автоматическая подача световой и звуковой сигнализации при снижении концентрации кислорода — до 19%.

3. Основная погрешность измерения и срабатывания — не более $\pm 0,3\%$ O_2 .

4. Инерционность срабатывания сигнального устройства при изменении концентрации кислорода от 21 до 18,5% — не более 1 мин.

5. Время установления теплового равновесия не превышает 1 мин. с момента включения напряжения питания.

6. Световой сигнал виден в условиях эксплуатации на расстоянии 10 м.

7. Звуковая сигнализация обеспечивает громкость сигнала на расстоянии 1 м не менее 80 дБ при нижнем допустимом пределе напряжения источника питания.

8. Автономный аккумуляторный источник питания обеспечивает непрерывную работу в течение 10 час.

9. Вес сигнализатора — не более 3 кг.

10. Исполнение РИ — 2,5.

АППАРАТУРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

Для безопасного применения электрической энергии и повышения общей безопасности работ в шахтах важное значение имеет автоматическая газовая защита. Под системой автоматической газовой защиты понимается широко разветвленная сеть приборов, устройств и аппаратуры, осуществляющих непрерывный контроль за содержанием метана в атмосфере шахт, опасных по газу, и автоматически воздействующих на аппаратуру защитного отключения электрооборудования и аварийной сигнализации. Система автоматической газовой защиты в сочетании с другими средствами создает возможность телеметрии и регулирования работы различных объектов в подземных выработках.

Научные исследования и проектно-конструкторские работы по созданию автоматической газовой защиты выполнены ИГД им. А. А. Скочинского, институтами Гипроуглеавтоматизации, МакНИИ и заводом «Красный металлист». Ими разработаны стационарные анализаторы метана типа АМТ-2, АМТ-3, АМТ-2И, встроенные комбайновые метан-реле типа ТМРК-2, и переносные сигнализаторы метана типа СМП-1 (СШ-2).

АНАЛИЗАТОР МЕТАНА ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ ТИПА АМТ-2

Стационарный анализатор метана термокаталитический типа АМТ-2 предназначен для непрерывного автоматического контроля содержания метана в рудничной

атмосфере на исходящей вентиляционной струе лавы, участка, крыла или шахты.

Аппаратура осуществляет:

1. Непрерывное измерение концентрации метана в месте установления датчика.
2. Аварийную звуковую местную сигнализацию при содержании метана свыше 1%.
3. Предупредительную и аварийную диспетчерскую телесигнализацию при повышении содержания метана соответственно до 0,7 и 1%.
4. Автоматическое отключение фидерного автомата или пускателя при аварийном содержании метана.

Технические данные анализа АМТ-2

Диапазон измерений CH_4 . . .	от 0 до 1,2%
Погрешность анализатора CH_4 .	$\pm 0,2\%$
Предупредительная сигнализация горному диспетчеру при содержании метана	$0,7 \pm 0,1\%$
Аварийная сигнализация на участке и горному диспетчеру при содержании метана . . .	$1 \pm 0,1\%$
Время отключения фидерного автомата или пускателя после включения аварийного сигнала	1 мин.
Температура контролируемого воздуха при относительной его влажности до 98%	от 0 до +40 град.
Инерционность показаний (при изменении концентрации метана от 0,7 до 1%)	не более 0,5 мин.
Потребляемая мощность . . .	50 вт

Аппаратура позволяет контролировать метан в воздухе, содержащем углекислый газ до 2% и угольную пыль не более 5 г/м³ при скорости движения воздуха до 5 м/сек.

В комплект анализатора метана входят: датчик метана ДМТ-2, аппарат сигнализации АСМТ-2, табло сигнальное ТСМ-5, фильтр заградительный ФЗ-2, индикатор выхода ИВМ-60 и гудок ГПРВ-2М.

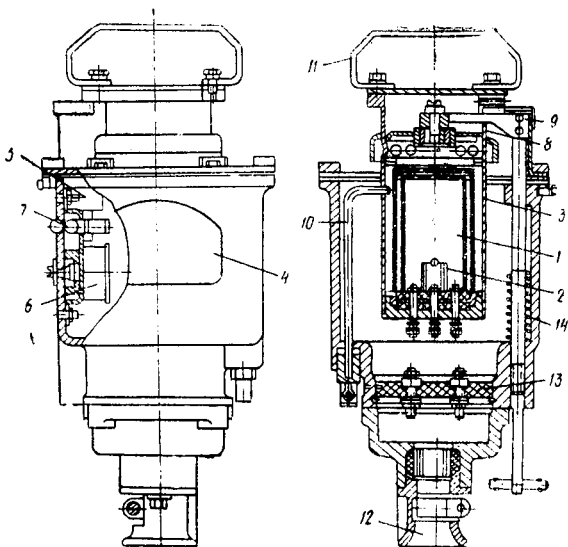


Рис. 17. Датчик метана термокаталитический ДМТ-2

Датчик метана термокаталитический типа ДМТ-2

Основными его узлами (рис. 17) являются: камера сгорания, элементы измерительной схемы, блок питания, указывающий прибор и механизм перекрытия камеры сгорания. Камера сгорания 1 представляет собой взрывобезопасную оболочку, основание которой закрыто двумя сетчатыми колпаками. Внутри камеры сгорания расположена колодка с термоэлементами 2. Камера сгорания укреплена внутри цилиндра 3, приваренного к крышке датчика. Указатель метана 4 (микроамперметр М24-3), плечевые сопротивления 5, потенциометр 6, блок питания и индикаторная лампочка 7 расположены на внутренних стенках датчика. Потенциометр 6 регулируется отверткой через отверстие в стенке датчика.

Шахтный воздух поступает в реакционную камеру через отверстия, расположенные по окружности цилиндра камеры, и далее через взрывозащитные сетки проникает к термоэлементам. Сгорание метана происходит на измерительном элементе, продукты сгорания через те же отверстия в цилиндре реакционной камеры выходят наружу. Прохождение шахтного воздуха через реакционную камеру датчика происходит благодаря конвективной тяге и диффузии.

Механизм перекрытия камеры сгорания состоит из диска 8 и рычага 9 с пружиной 14. При навинчивании ключа на рычаг 9 диск надежно перекрывает цилиндр, в котором размещена камера сгорания.

При выворачивании ключа пружина возвращает диск в исходное положение. Из цилиндра камеры сгорания выведена трубка 10, через которую в камере сгорания можно искусственно создавать требуемую концентрацию метана.

С помощью механизма перекрытия осуществляется:

— контроль «нуля» прибора продуванием через реакционную камеру чистого воздуха;

— контроль точности работы датчика продуванием через реакционную камеру однопроцентной концентрации метана.

Для крепления датчика на его крышке имеется скоба 11. Допустимый угол отклонения датчика от вертикали 15°. В нижней части корпуса датчика находится кабельный ввод 12 и переходная колодка 13 с токоведущими шпильками. Исполнение датчика — РВИ. Питание осуществляется переменным током напряжением 65 в от аппарата сигнализации АСМТ-2.

Аппарат сигнализации метана термокаталитического типа АСМТ-2

Аппарат сигнализации служит для обеспечения:

- визуального контроля содержания метана в месте установки датчика;

— работы релейно-исполнительного блока и схемы телесигнализации;

— питания датчика по искробезопасной цепи.

Аппарат сигнализации (рис. 18) имеет исполнение РВИ-1,1.

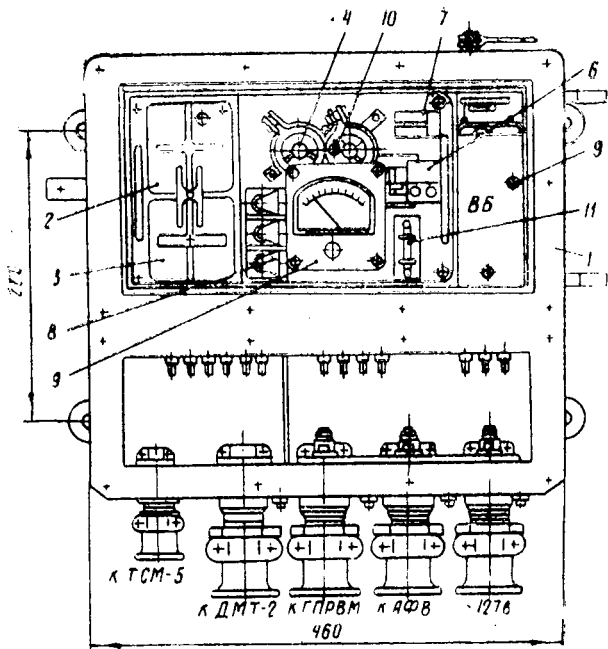


Рис. 18. Аппарат сигнализации метана термокаталитический АСМТ-2:

1 — корпус; 2 — стабилизатор напряжения; 3 — блок генератора; 4 — магнитоэлектрическое реле; 5 — указывающий прибор; 6 — реле МКУ-48; 7 — тепловое реле; 8 — реле повторитель РКМ; 9 — блокировочный выключатель; 10 — лампа подсветки; 11 — предохранитель

Стальная оболочка 1 разделена перегородкой на две камеры: основную и камеру вводов, которая также разделена перегородкой, отделяющей зажимы с искробезопасными параметрами. В основной камере установлена панель, на которой расположены все узлы аппарата сигнализации, кроме блокировочного выключателя 9. По-

Следний крепится справа на боковой стенке корпуса. Поверх крышки аппарата крепится блокировочная рамка, закрывающая доступ к болтам.

При открывании блокировочной рамки на угол 20—30° поворачивается валик, что приводит к размыканию контактов блокировочного выключателя и обесточиванию аппарата.

Указывающий прибор 5 установлен на латунной панели вместе с лампой 10 подсветки шкалы прибора. Лампа является также индикатором включения аппаратуры.

Для осуществления диспетчерской телесигнализации в аппарате сигнализации установлен блок генераторов сигналов 3 с частотами 32 и 38 кгц. Блок состоит из двух однокаскадных генераторов типа L—C, собранных на триодах П4Б. На выходе каждого генератора имеется фильтр, который состоит из катушки индуктивности КФ₁ (КФ₂) и емкостей С₈, С₉ (С₁₀, С₁₁). Генератор на 32 кгц отличается от генератора на 38 кгц только величинами емкости колебательного контура и индуктивности фильтра. Напряжение питания блока генераторов — 20 в постоянного тока.

Для проверки работы блока генераторов на вход надо подвести напряжение питания 16 в. При этом следует соблюдать полярность, подводя на штырь 1 минус, а на штырь 2 плюс источника питания. Затем перемычкой соединить штырь 2 поочередно со штырем 3 или 4. При этом будет соответственно работать генератор на 32 или 38 кгц. К штырям 5—6 подсоединяется измеритель выхода ИВМ-60 и проверяется выходное напряжение.

В аппарате сигнализации АСМТ-2 имеется пять вводов, два из которых предназначены для искробезопасных цепей. Первый слева ввод Ø 12 мм предназначен для подсоединения системы телесигнализации к телефонной линии, остальные вводы Ø 20 мм — для кабелей датчика, гудка ГПРВ-2М, отключающей катушки фидерного автомата и питания аппарата сигнализации. Внутри и снаружи камеры вводов имеются шпильки внутреннего заземления аппарата и кабеля.

Напряжение питания аппарата — 127 в переменного тока частотой 50 гц.

Табло сигнальное метана типа ТСМ-5

Сигнальное табло служит для приема сигналов на частотах 32 и 38 кГц, поступающих от аппарата сигнализации АСМТ-2 по занятой паре телефонных проводов. Табло представляет собой сварную коробку, закрывающуюся сверху крышкой. На крышке табло установлены четыре лампы с цветными линзами, которые обозначают следующее: первая зеленая — «Табло включено», вторая зеленая — «Анализатор включен», синяя — «0,7% метана», красная и предупредительный сигнал — «1% метана» (аварийный сигнал).

Внутри табло на панели смонтированы приемники сигналов ТПС на 32 кГц и 2ПС на 38 кГц, трансформатор питания, выпрямитель, сглаживающий конденсатор, исполнительное реле P_1 и P_2 , реле сигнальное РС и звонок З в. Приемник сигналов собран на шестиштырьковой панели и закрывается сверху карболитовым кожухом. Для получения высокой чувствительности и избирательности приемников применена схема резонансного усилителя, собранного на двух полупроводниковых триодах. Чувствительность приемников сигналов составляет 150—200 мВ. Напряжение питания табло — 220 В переменного тока. Исполнение — РН.

Место расположения датчика в шахте указывается на бумаге, закрепленной в кассете на крышке табло. Здесь же установлена кнопка выключения звонка. При помощи трех ушек табло крепится в диспетчерской.

Фильтр заградительный типа ФЗ-2

Заграждает прохождение телесигналов 32 и 38 кГц и их разностной частоты в коммутатор горного диспетчера, пропуская при этом в обе стороны тональные частоты. Это исключает ложные показания сигнальных табло при соединении абонентов двух участков и устраняет прослушивание в телефонах частот выше 3,5 кГц.

Схема фильтра состоит из двух индуктивностей и пяти конденсаторов. Фильтр монтируется на одной панели и заливается массой МБК. Так как электрическая схема фильтра симметрична, то каждые два вывода, расположенные с одной стороны, могут служить и входом и выходом. Фильтр устанавливается в рассечку телефонной линии, подходящей к кроссу телефонного коммутатора.

Индикатор выхода типа ИВМ-60

Служит для измерения величины выходного напряжения блока генераторов на частотах 32 и 38 кГц.

Схема его построена на основе последовательного резонансного контура, перестраивающегося на резонансную частоту 32 и 38 кГц в зависимости от частоты входного сигнала переключателем частоты измерения ПЧ.

Снимаемое с катушки индуктивности напряжение высокой частоты после выпрямления диодами измеряется указывающим прибором, отградуированным в вольтах.

Индикатор ИВМ-60 выполнен в виде коробки, в которой смонтированы: указывающий прибор (микроамперметр М494), конденсатор C , катушка индуктивности, сопротивления, переключатели пределов и частоты измерений. Индикатор выхода дает возможность в зависимости от величины входного сигнала измерять на двух пределах $x1$ и $x0,1$. При нормальной работе системы телесигнализации величина сигнала, замеренного на входе канала связи (телефонной линии) на пределе $x1$, должна быть не менее 2,5 в, а сигнал, замеренный на входе табло на пределе $x0,1$ — не менее 0,2 в.

Принцип работы аппаратуры

В основу автоматического контроля содержания метана положено измерение теплового эффекта, получаемого в результате беспламенного сжигания метана на поверхности катализатора. При этом величина теплового эффекта пропорциональна концентрации метана, содержащегося в рудничном воздухе. Сгорание метана происходит при температуре 360—400° С на платино-палладиевом катализаторе 2 измерительного элемента, имеющего форму полого цилиндра (рис. 19). Катализатор разогревается нихромовой спиралью, вставленной внутрь цилиндра. Эффект сжигания воспринимается платиновым термометром сопротивления R_1 (рис. 20), введенным в одно из плеч неуравновешенного электрического моста постоянного тока.

Для обеспечения высокой точности и стабильной работы аппаратуры в шахтных условиях необходимо исключить влияние на измерительную схему датчика

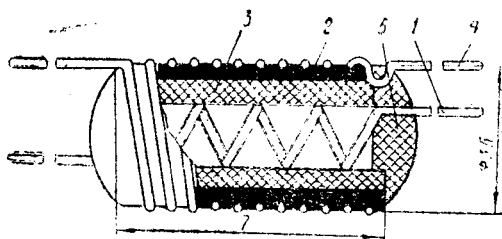


Рис. 19. Измерительный элемент:

1 - нагревательная спираль; 2 - катализатор; 3 - окись алюминия; 4 - термометр сопротивления; 5 - замазка

изменений физико-химических параметров среды, температуры, влажности, содержания углекислого газа и пр. Для этого в камере сгорания, кроме измерительного нагревательного элемента $R_{и}$ и термометра сопротивления R_1 , установлен также компенсационный нагревательный элемент $R_{к}$ и его термометр сопротивления R_2 . На элементе $R_{к}$, имеющем одинаковые параметры с элементом $R_{и}$, сгорания метана не происходит, так как его цилиндр из окиси алюминия не имеет активного платино-палладиевого покрытия (измерительный элемент имеет темный цвет, компенсационный — светлый). Термометры сопротивления R_1 и R_2 намотаны непосредственно на элементы $R_{и}$ и $R_{к}$ и выполнены из платиновой проволоки диаметром 0,5 мм.

Любое изменение физико-химических параметров рудничной атмосферы, кроме изменения содержания метана, одинаково воспринимается обоими термометрами сопротивления R_1 и R_2 , являющимися смежными плечами мостовой схемы, благодаря чему последняя остается уравновешенной. Таким образом, мостовая схема датчика, собранная на двух термометрах сопротивления R_1 и R_2 и на двух балластных сопротивлениях R_3 и R_4 , установленных вне камеры сгорания, является чувствительной только к изменению содержания метана в рудничной атмосфере.

Так как платина имеет положительный температурный

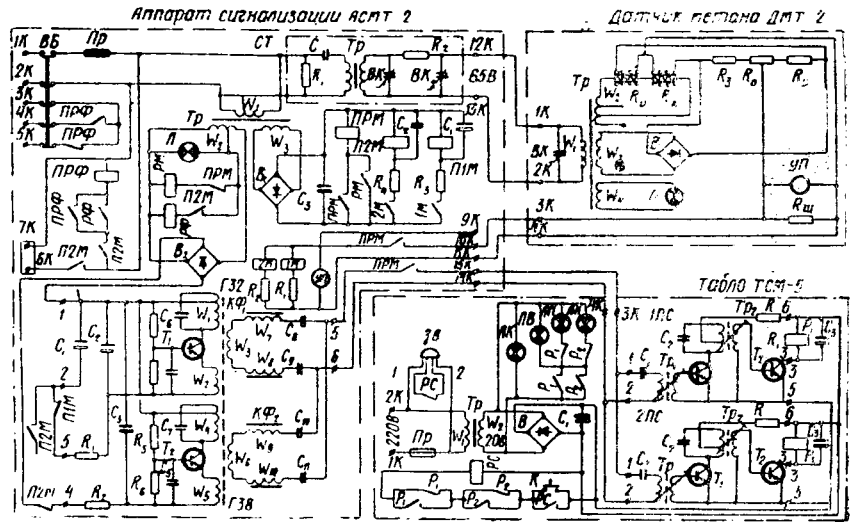


Рис. 20. Схема анализатора метана АМТ-2

коэффициент сопротивления, то при увеличении содержания метана сопротивление термометра линейно увеличивается, что приводит к небалансу мостовой схемы и увеличению тока в диагонали моста. Концентрация метана измеряется указывающим прибором УП (микроамперметром типа М24-3), включенным в диагональ мостовой схемы и отградуированным в процентах CH_4 . Ток небаланса мостовой схемы поступает также в аппарат сигнализации АСМТ-2, в котором установлены второй измерительный прибор и элементы релейно-исполнительной схемы.

При включении аппарата сигнализации АСМТ-2 напряжение 127 в переменного тока через контакты блокировочного выключателя ВВ и предохранитель Пр. поступает на входе питающего трансформатора Тр. и феррорезонансного стабилизатора Ст. Выходное напряжение стабилизатора 65 в с зажимов 12к, 13к аппарата АСМТ-2 подается на зажимы 1к, 2к датчика ДМТ-2 и загорается лампочка Л, указывающая на включение датчика. Со вторичных обмоток трансформатора Тр. аппарата АСМТ-2 напряжение 24 в подается на выпрямитель B_1 ; 16 в — на выпрямитель B_2 , 9 в подводится к тепловым реле РМ, РФ и на лампу Л. Тепловое реле РМ получает напряжение через н. з. контакты реле ПРМ. Через минуту, необходимую для уравнивания измерительного моста датчика по температуре, реле РМ срабатывает и своими контактами включает реле-повторитель ПРМ. Реле ПРМ самоблокируется, размыкает н. з. контакты в цепи реле РМ, н. о. контактами включает указывающий прибор УП и два первичных исполнительных реле 1М и 2М, подключает выход генераторов частот к действующей телефонной линии. Первичные исполнительные реле 1М и 2М настраиваются сопротивлениями R_1 и R_2 на срабатывание при концентрации метана соответственно 0,7 и 1%. Указывающие приборы градуируются подбором величины сопротивления $R_{ш}$. При содержании метана до 0,7% величина сигнала разбаланса, поступающего с измерительного моста датчика, недостаточна для срабатывания реле 1М, 2М; реле-повторители П1М, П2М обесточены и своими н. з. контактами включают генераторы 32 и 38 кГц (соответственно Г32 и Г38), которые посылают сигналы в телефонную линию. При этом в табло ТСМ-5 срабатывают резонансные приемники ППС,

ИИС и включают реле P_1 и P_2 . Последние замыкают свои н. о. контакты и на табло загорается лампа *ЛВ* («Анализатор включен»). При срабатывании реле P_1 и P_2 происходит переключение контактов в цепи реле *РС*, которое обесточивается, и н. з. контактами включает звонок. При нажатии кнопки *К* выключения звонка включается реле *РС*, которое самоблокируется, а н. з. контактами выключает звонок *Зв*.

Схема звуковой сигнализации построена таким образом, что всякая перемена светового сигнала на табло сопровождается звуковым сигналом, так как в момент срабатывания реле P_1 и P_2 размыкается цепь питания реле *РС*, включающего звонок. При увеличении концентрации метана до 0,7% срабатывает реле *1М* и контактами включает реле-повторитель *П1М*, которое размыкает н. з. контакты в цепи питания генератора Г32.

Поскольку в табло не поступает сигнал частотой 32 кгц, то выходной сигнал приемника *ИПС* равен нулю, реле P_1 обесточивается и своими н. з. контактами замыкает цепь сигнальной лампы *ЛП* («0,7% метана»). Одновременно, как описано выше, включается звонок *Зв*.

При увеличении концентрации метана до 1% срабатывает реле *2М* и контактами включает реле-повторитель *П2М*. Последнее включает тепловое реле фидера *РФ*, замыкает н. о. контакты в цепи повторителя реле фидера *ПРФ*, включает сирену *ГПРВ-2М* (подключается к зажимам *6к, 7к*), размыкает н. з. контакт и замыкает н. о. контакты в цепи питания генераторов частоты Г32 и Г38. При этом генератор Г38 отключается, а Г32 — включается. В сигнальном табло ТСМ-5 реле P_2 обесточивается и н. з. контактами включает лампу *ЛА* («1% метана»), а реле P_1 отключается, и лампа *ЛП* гаснет. С выдержкой времени в 1 мин. срабатывает тепловое реле фидера *РФ* и своими контактами включает реле-повторитель *ПРФ*. Последнее самоблокируется, а н. о. контактами замыкает цепь отключающей катушки фидерного автомата.

Эксплуатация аппаратуры

При эксплуатации аппаратуры необходимо:

1. Ежедневно сверять показания аппаратуры с показаниями переносных приборов *ИИ-3*, *ОВ-2301* или с анализом проб рудничного воздуха.

2. Раз в месяц продуваем камеру сгорания датчика чистым воздухом и метаном контрольной концентрации проверять «нуль» прибора точность измерения аппаратуры. В процессе продувания проверить работу телесигнализации, включение гудка и отключение питания при аварийной концентрации метана.

3. Один раз в три месяца чистить сетку камеры сгорания, для чего:

- а) выключить питание анализатора;
- б) отсоединить датчик и выдать его на поверхность;
- в) снять кабельный ввод, стопорное кольцо и колодку;
- г) ключом 973-34 вывернуть камеру с сеточным колпаком;
- д) осторожно, не задевая термоэлементов, снять колпак и сжатым воздухом продуть сетки;
- е) собрать в обратной последовательности;
- ж) смонтировать датчик и включить аппаратуру в работу.

4. Результаты работы по пп. 1—3, а также данные о срабатывании фидерного автомата необходимо заносить в специальный журнал.

Наиболее вероятной причиной того, что погрешность аппаратуры превышает $\pm 0,2\%$ CH_4 , является выход из строя катализатора, то есть потеря им каталитических свойств, обеспечивающих нормальное сгорание метана. В этом случае необходимо заменить термогруппу на запасную по заводской методике. При последующих заменах необходимо переградуировать аппаратуру в лабораторных условиях. Для этого достаточно выдать на поверхность только датчик. На зажимы 1К, 2К датчика подать переменное напряжение 65 в, а на зажимы 3К, 4К подключить эквивалентное сопротивление, величина которого указана в паспорте датчика.

АНАЛИЗАТОР МЕТАНА ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ ТИПА АМТ-3

В 1966 г. успешно прошли промышленное испытание опытные образцы стационарного анализатора метана типа АМТ-3, изготовленного заводом «Красный металлист».

От анализатора метана АМТ-2 аппаратура АМТ-3 отличается следующим:

- расширена область применения датчика на исходящей вентиляционной струе шахты, лавы, участка, а также в забоях подготовительных выработок в различных камерах;

- коэффициент искробезопасности повышен до 2,5, благодаря чему датчики могут работать без ограничений в загазованной метано-воздушной среде;

- питание датчика и передача информации от него осуществляются по двухпроводному телефонному кабелю протяженностью до двух км;

- уменьшены вес и размеры аппаратуры;

- достигнута высокая ремонтопригодность датчика, конструктивно он выполнен легкоизвлекаемым, что позволяет заменять его при профилактическом ремонте и проверке на поверхности, не нарушая работу всей аппаратуры;

- все основные электрические цепи самоконтролируются;

- предусмотрена возможность местной телефонной связи между местами установки датчика и блока питания (аппарата сигнализации) по кабелю электропитания датчика;

- телесигнализация заменена телеизмерением и унифицированным выходом, что позволяет сочетать прибор в качестве датчика метана с различными шахтными телеметрическими системами, имеющими унифицированный вход, а также осуществлять выход на диспетчерский пункт по индивидуальному каналу связи.

Анализатор метана типа АМТ-3 обеспечивает:

- непрерывное измерение концентрации метана в месте установки датчика;

- предупредительную (звуковую и световую) сигнализацию в шахте, а также диспетчерскую телесигнализацию при критической концентрации метана;

- автоматическое отключение электроснабжения контролируемого участка при аварийной концентрации метана.

Завод «Красный металлист» в 1968 г. выпустил опытную партию аппаратуры АМТ-3, а серийное производство ее началось в 1969 году.

Технические данные анализатора АМТ-3

Диапазон измерений CH_4 . . .	от 0 до 1,2% от 0 до 2,4%
Погрешность анализатора . . .	$\pm 1,5\%$ CH_4
Предупредительная сигнализация горному диспетчеру при содержании метана	0,5; 0,75; 1,0%
Аварийная сигнализация на участке и горному диспетчеру и отключение электроснабжения при содержании метана .	1,0; 1,5; 2,0%
Инерционность показаний . . .	не более 1 мин.
Конструктивное исполнение:	
датчика метан-реле	РВИ-2,5
блока питания	РВ
табло диспетчера	РН

Телеметрический метаномер типа АМТ-2И

На базе анализатора метана АМТ-2 разработан телеметрический метаномер типа АМТ-2И. Его отличие от АМТ-2 в том, что телесигнализация о содержании метана заменена телеизмерением.

Телеметаномер АМТ-2И предназначен для непрерывного измерения концентрации метана в рудничной атмосфере в месте установки датчика ДМТ.

Аппаратура АМТ-2И осуществляет:

1. Воспроизведение показаний концентрации метана на выходном приборе.
2. Телеметрическую передачу показаний на диспетчерское табло с использованием в качестве канала связи занятых телефонных линий.
3. Предупредительную звуковую местную сигнализацию и диспетчерскую свето-звуковую телесигнализацию при достижении критической концентрации метана.
4. Автоматическое отключение электропитания контролируемого участка при аварийном содержании метана.

5. Непрерывную регистрацию концентрации метана в атмосфере контролируемого участка с помощью самопишущего прибора в диспетчерском пункте.

6. Диспетчерскую телесигнализацию о повреждении канала связи.

Технические данные телеметаномера АМТ-2И соответствуют данным анализатора АМТ-2.

Комплект аппаратуры АМТ-2И (рис. 21) состоит из 4 или 12 датчиков метана ДМТ-2, такого же количества аппаратов сигнализации и питания АСМТ-2И, включающих передатчик и приемник частотной системы телеизмерения и диспетчерского табло ТСМ-5М на 4 или 12 каналов телеизмерения. Исполнение аппаратуры — рудничное искровзрывобезопасное с коэффициентом искробезопасности 1,1 — «РВИ-1». Схема внешних электрических соединений аппаратуры АМТ-2И показана на рис. 22.

Аппаратура работает следующим образом. При ее включении напряжение 127 в переменного тока (потребляемая мощность 50 вт) от осветительного трансформатора 380—127 в подводится к аппарату сигнализации АСМТ-2И, расположенному на распределительном пункте откаточного штрека. Через блокировочный выключатель ВБ напряжение поступает на вход питающего трансформатора Tr_2 и феррорезонансного стабилизатора $Ст_1$.

Выход стабилизатора напряжения ($65 \pm \frac{2}{3}$ в, 120 ма) через искрогасящий шунт на двух варикондах по П-образной схеме ($ВК_1$ и $ВК_2$) от клемм 12к, 13к подается по четырехжильному кабелю на клеммы 1к, 2к датчика ДМТ-2, расположенного на вентиляционном штреке (при этом загорается лампочка подсветки шкалы 1, указывающая, что датчик включен). С выхода трансформатора Tr_2 напряжение 16 в подается на выпрямитель B_1 , 29 в — на выпрямитель B_2 и затем, после полупроводникового стабилизатора, на передатчик системы телеизмерения ИДТИ; напряжение 9 в подводится к тепловым реле $РМ$, $РФ$ и на лампочку подсветки $Л$, а через н. з. контакты реле-повторителя $ПРМ$ становится под напряжение тепловое реле моста $РМ$.

После минутного интервала, необходимого для уравновешивания измерительного моста датчика по темпера-

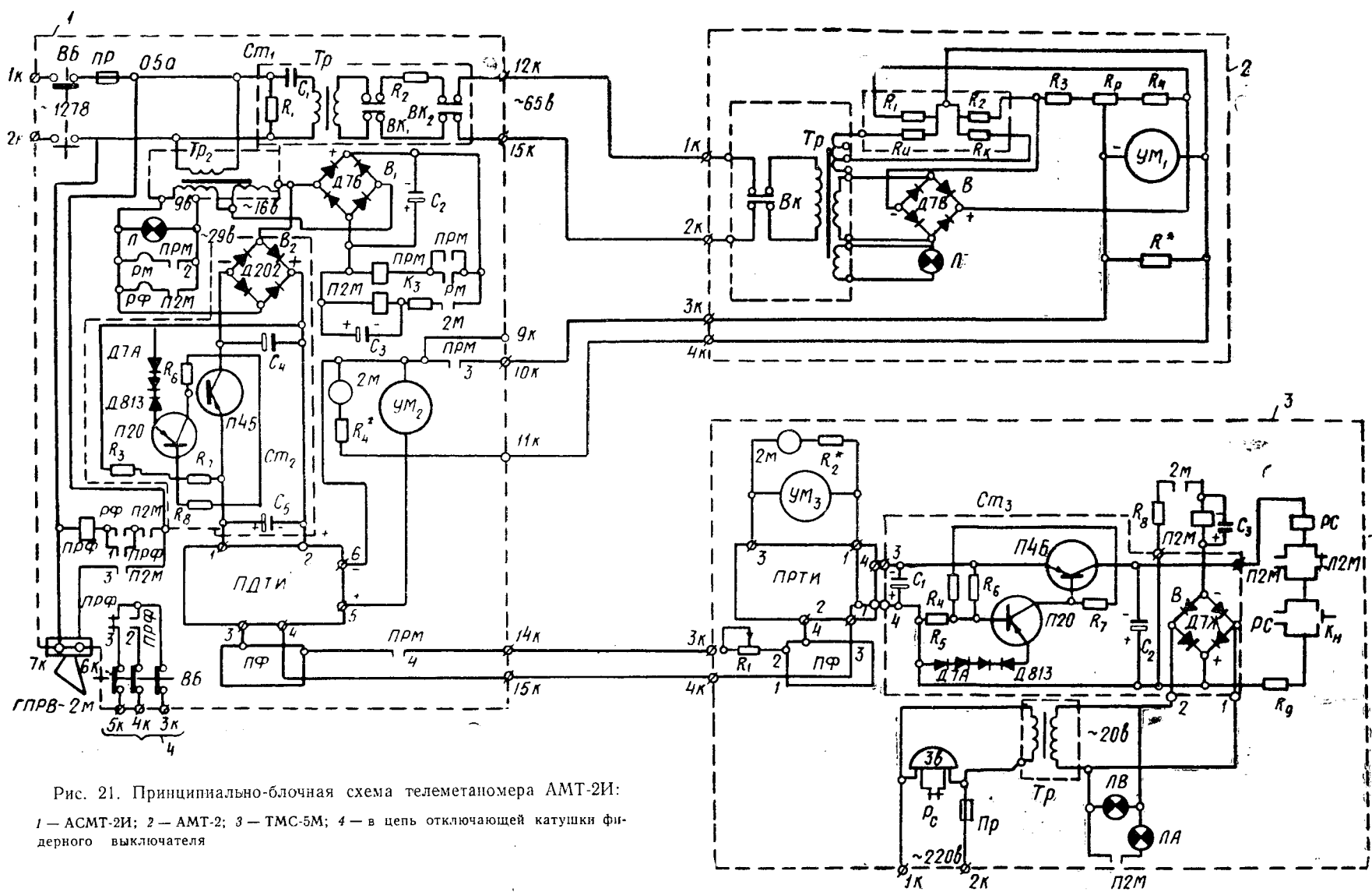


Рис. 21. Принципно-блочная схема телеметра АМТ-2И:

1 — АСМТ-2И; 2 — АМТ-2; 3 — ТМС-5М; 4 — в цепь отключающей катушки фидерного выключателя

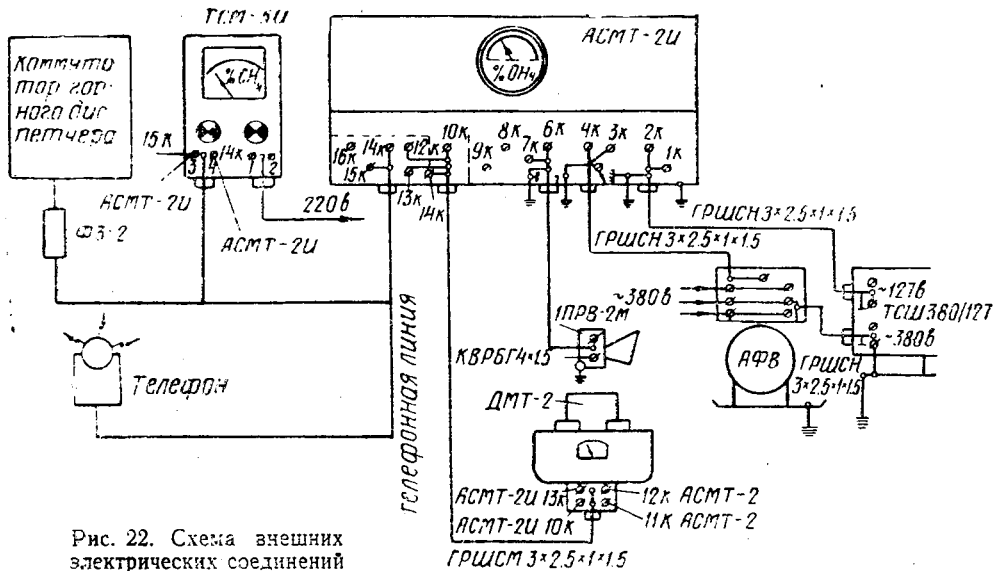


Рис. 22. Схема внешних электрических соединений АМТ-2И

туре, срабатывает реле PM и своими контактами включает реле-повторитель $ПРМ$. Реле $ПРМ$ срабатывает и н. о.₁ контактами самоблокируется; н. з.₂ контактами снимает напряжение с реле PM ; н. о.₃ контактами включает на измерение указывающий прибор $УМ_2$ (АСМТ-2И), первичное поворотное реле $2М$ и передатчик телеизмерения $ПДТИ$; н. с.₄ контактами подключается выход передатчика (после полосового фильтра $ПФ$) к действующей телефонной линии. При подключении аппаратуры АМТ-2И к действующей телефонной линии необходимо применять заградительный фильтр $ФЗ-2$ для запирания телефонного канала связи током частотой свыше 3,5 кгц. Фильтры $ФЗ-2$ устанавливаются в рассечку телефонной линии у коммутатора горного диспетчера (внутри кросса) и вблизи телефонного аппарата.

Первичное исполнительное реле $2М$ настраивается сопротивлением R_4 на концентрацию метана 1%. Измерительные указывающие приборы $УМ_1$ и $УМ_2$ градуируются подбором величины добавочного сопротивления P . При содержании метана до 1% величина сигнала разбаланса, поступающего с измерительного моста датчика ДМТ-2, недостаточна для срабатывания реле $2М$, реле-повторитель $П2М$ обесточено. Частотный сигнал, пропорциональный содержанию метана в воздухе, с выхода передатчика, пройдя полосовой фильтр (7—13 кгц), поступает через линию связи на вход диспетчерского табло аппаратуры ТСМ-5И. Через переменное сопротивление R_1 , служащее для подстройки (однократной) необходимого уровня входного сигнала (от 11 до 200 мв) приемника системы телеизмерения $ПРТИ$ (в зависимости от длины линии связи), частотная информация, пройдя полосовой фильтр, поступает в приемник. Последний преобразует частотный сигнал, пропорциональный содержанию метана, в постоянный ток, фиксируемый выходным прибором $УМ_3$. Параллельно прибору подключается вторичное поворотное реле $2М$, настраиваемое с помощью сопротивления на концентрацию метана 1%.

При включении диспетчерского табло напряжение 220 в переменного тока поступает на вход питающего трансформатора (Тр). Одновременно включается звонок (Зв). При нажатии кнопки квитирования звонка сраба-

тывает реле *РС* и своими н. з. контактами выключает звонок. Схема звуковой сигнализации табло построена так, что всякое переключение реле П2М (при 1% CH_4 или обрыве канала связи) сопровождается на табло звуковым сигналом, вследствие того, что в момент срабатывания его замыкается цепь питания реле *РС*, включающего звонок. С выходом трансформатора (*Тр*) напряжение 20 в подается на выпрямитель *В* и затем на обмотку реле-повторителя (через н. о. контакт реле 2М) и после полупроводникового стабилизатора — на приемник телеизмерения; одновременно напряжение 20 в переменного тока подводится к сигнальной лампочке включения диспетчерского табло *ЛВ* и через н. о. контакт реле П2М — на лампочку аварийной сигнализации *ЛА*.

При аварийном газовом режиме (1% CH_4) срабатывает первичное реле 2М (в аппарате сигнализации) и своими н. о. контактами включает реле-повторитель П2М. При этом н. о.₁ контакты его замыкаются, замыкаются н. о.₂ контакты, включая под напряжением реле РФ; н. о.₃ контакты включаются и действует в течение 2 мин. местная звуковая сигнализация (сирена ГПРВ-2М). С выдержкой времени 1 мин. срабатывает тепловое реле фидера РФ (если за это время концентрация CH_4 не спадает) и своими н. о. контактами включает реле-повторитель ПРФ. Последнее своими н. о.₁ контактами самоблокируется и н. о.₂ контактами замыкает цепь отключающей катушки фидерного автомата АФВ, выключая электропитание лавы или участка. На диспетчерском табло срабатывание при 1% CH_4 вторичного реле 2М приводит к включению реле-повторителя П2М, которое своими н. о. контактами включает лампочку аварии *ЛА*. Одновременно включается звонок *ЛВ*.

Опытный образец телеметаномера АМТ-2И прошел лабораторно-заводские испытания, испытания на искробезопасность и промышленные испытания на шахтах. На основе телеметаномера АМТ-2И разработана шахтная телеметанометрическая централь (АМТ-2И-12) для одновременного газового контроля 12 эксплуатационных участков.

ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ МЕТАН-РЕЛЕ КОМБАЙНОВОЕ ТИПА ТМРК-2

Для непрерывного контроля содержания метана в местах работы добычных и проходческих комбайнов и других машин, а также автоматического отключения комбайна после достижения 2%-ной аварийной концентрации метана разработано встроенное метан-реле типа ТМРК-2. С помощью метан-реле можно периодически замерять концентрацию метана перед включением комбайна благодаря питанию прибора от автономного источника тока.

Технические данные комбайнового метан-реле ТМРК-2

Диапазон измерений CH_4	от 0 до 2,5%
Погрешность прибора	$\pm 0,3\%$
При следующих параметрах контролируемой атмосферы:	
температура	от $+5$ до $+35^\circ \text{C}$;
относительная влажность	до 98%;
запыленность	от 0 до 5 г/м ³ ;
атмосферное давление	760 \pm 100 мм рт. ст.;
скорость воздушной струи	от 0 до 8 м/сек;
содержание CO_2	от 0 до 1%.
Инерционность показаний при изменении концентрации мета- на от 0 до 2%	не более 1 мин.
Потребляемая мощность	250 Вт
Габариты, мм:	
метан-реле	440 \times 250 \times 110
блока питания	290 \times 117 \times 65
Вес, кг:	
метан-реле	16
блока питания	2,5
Исполнение	РВИ-2,5
В комплект метан-реле входят, собственно, метан-реле ТМР-2 и блок питания БП-3,	

Метан-реле ТМР-2

Метан-реле ТМР-2 представляет собой стальную прямоугольную оболочку во взрывобезопасном исполнении, которая укрепляется на комбайне. Внутри корпуса на пружинных амортизаторах подвешена платформа, на которой крепится шасси с элементами электрической схемы. Электрические соединения выполнены посредством штепсельных разъемов.

Электрическая схема блока ТМР-2 (рис. 23) состоит из термокаталитического датчика метана, измерительного моста, фазочувствительного усилителя, реле времени и контрольного устройства. Камера сгорания датчика метана объемом примерно 12 см³ выполнена взрывобезопасной и представляет собой цилиндрический коляк из металлической сетки в два слоя.

Выходной сигнал с измерительного моста, пропорциональный измеряемой концентрации метана, поступает на показывающий прибор и усилитель БУ, состоящий из трех полупроводниковых триодов, Т₁—Т₃, резисторов R₁—R₆, R₈ и электролитических конденсаторов C₁—C₃. На выходе последнего включено электромагнитное реле Р₁, отключающее электропитание комбайна при 2%-ной аварийной концентрации метана.

Реле времени предотвращает ложные срабатывания метан-реле в момент его включения до полного разогрева термоэлементов датчика. Реле времени обеспечивает выдержку при срабатывании 2—3 сек., при отпуске 7—10 сек, и состоит из реле Р₂, резистора R₁₃ и конденсатора C₈. Реле питается от стабилизатора Ст. 1 напряжением 36 в.

Для обеспечения искробезопасности обмотка Р₂ шунтируется двумя варикондами В₂ емкостью по 6800 пф.

Контрольное устройство служит для того, чтобы установить, по какой причине произошло отключение комбайна: вследствие критической концентрации метана или из-за отключения электропитания участка. Контроль осуществляется с помощью неоновой лампы ЛС, которая горит постоянно и гаснет при отключении электропитания участка. Лампа питается от цепи дистанционного пускателя через генератор на полупроводниковом триоде ПТ₂. Генератор состоит из трехобмоточного трансформатора на ферритовом сердечнике, сглаживающего конден-

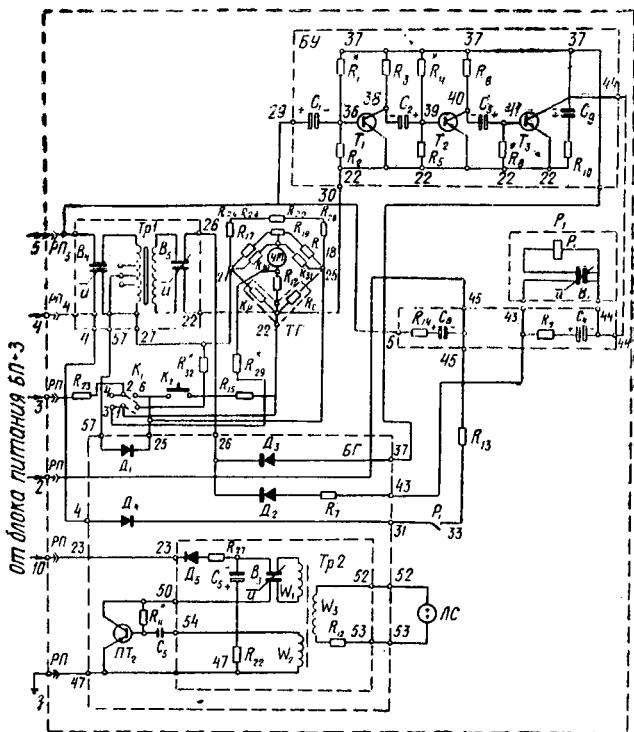


Рис. 23. Принципиальная электрическая схема метан-реле ТМР-2

сатора C_5 и искрогасящих элементов — резистора R_{22} и вариконда B_3 . Трансформатор и элементы искрогашения залиты эпоксидной смолой в единый неразборный блок.

Блок питания БП-3

Блок питания (рис. 24), предназначенный для понижения сетевого напряжения с 660/380 до 220 в и его

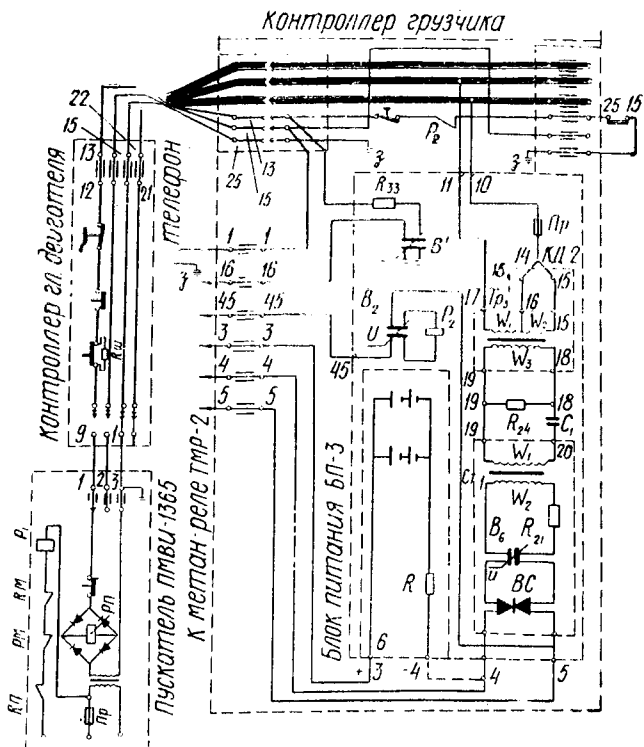


Рис. 24. Принципиальная электрическая схема внешних соединений блока питания БП-3 с комбайном ЛГД-2

стабилизации, встраивается в корпус пускателя грузчика комбайна. Он состоит из трансформатора (Тр. 3) и феррорезонансного стабилизатора (Ст. 1), имеющего искробезопасный выход на 36 в. В комплект блока питания входит автономный источник тока, состоящий из четырех сухих элементов типа ТВЦМ-50 и служащий

для питания метан-реле при отключении электроэнергии на участке. В этом случае концентрацию метана можно замерять при отключенной силовой сети.

Принцип работы реле

При включении комбайнового пускателя подается напряжение на трансформатор Тр. 3 и стабилизатор Ст. 1, со вторичной обмотки которого на измерительный мост через трансформатор Тр. 1 поступает однополупериодное напряжение 2,3 в. При отсутствии метана или при концентрации его ниже критической из моста в усилитель поступает максимальный сигнал, который после усиления открывает триод Т₃. Вследствие этого якорь реле Р₁ притянут, а контакты его разомкнуты. При 2%-ной концентрации метана поступающий на вход усилителя сигнал становится равным нулю или меняется по фазе. В обоих случаях Т₃ окажется запертым, а Р₁ включит цепь питания реле времени Р₂. Через 2—3 сек. реле времени разорвет цепь дистанционного управления комбайна, в результате чего последний остановится. Через 7—10 сек. после этого реле Р₂ отпустит якорь, замкнет свои контакты и восстановит цепь дистанционного управления, вследствие чего комбайн снова включится. Однако, если за 7—10 сек. концентрация газа не упала ниже критической, то после повторного включения метан-реле снова отключит комбайн. После этого необходимо принять меры для разгазирования забоя.

При отключении силовой цепи комбайна метан-реле питается от автономного источника Б₁, и замер концентрации метана в этом случае осуществляется периодически при нажатии кнопки К₁.

Эксплуатация аппаратуры

После установки аппаратуры ТМРК-2 на комбайн необходимо проверить точность показывающего прибора с помощью шахтного интерферометра ШИ-3. В процессе эксплуатации метан-реле необходимо еженедельно очищать сетки камеры сгорания от угольной пыли. Для этого съемную часть выдают на поверхность, а в метан-реле ставят запасную.

ПЕРЕНОСНЫЙ СИГНАЛИЗАТОР ТИПА СМП-1 (СШ-2)

С 1965 г. завод «Электроприбор» начал серийно выпускать переносные сигнализаторы метана СМП-1, а с 1966 г. аналогичные приборы под индексом СШ-2 серийно изготавливаются заводом «Красный металлист». Различие приборов СМП-1 и СШ-2 чисто конструктивное (размещение измерительных приборов и др.).

Сигнализатор метана типа СМП-1 «Спутник шахтера» предназначен для непрерывного контроля метана в рудничной атмосфере подготовительных выработок. Прибор обеспечивает непрерывное измерение концентрации метана и подачу звукового и светового сигнала при достижении допустимого предела его содержания, равного 2%.

Технические данные

Диапазон измерений, % CH_4 :

по нижней шкале	от 0,5 до 2
по верхней шкале	от 1 до 4

Погрешность сигнализатора,
% CH_4 :

на пределе 0,5—2%	$\pm 0,3$
на пределе 1—4%	$\pm 0,5$

Инерционность прибора при
концентрации метана 2,5% не более 1 мин.

Параметры контролируемой
рудничной атмосферы:

температура	от +5 до 35 град.
относительная влажность	до 98%
запыленность	от 0 до 1 г/м ³
давление	от 710 до 810 мм рт. ст.
скорость струи	от 0 до 5 м/сек.
содержание углекислого газа	от 0 до 1%

Длительность непрерывной работы без перезарядки аккумуляторов	10 час.
Уровень сигнала на расстоянии 1 м при включении сигнализации	не менее 80 дб.
Допустимое отклонение от вертикальной оси при эксплуатации прибора	не более 20 град.
Габариты	215×146×83 мм
Вес	не более 2,5 кг.

Прибор имеет рудничное искробезопасное исполнение «РИ-2,5», камера сгорания метана выполнена в рудничном взрывобезопасном исполнении «РВ». Питание прибора осуществляется от двух аккумуляторов типа КНГК-10Д, залитых с ограничительным сопротивлением в неразборный блок. Напряжение контролируется контактным индикатором напряжения питания. При снижении напряжения аккумуляторов ниже 2,05 в, а также при появлении неисправностей в схеме включается сигнализация. Показателем исправности сигнальной системы прибора при концентрации метана ниже 2% является постоянное слабое звучание sireны.

В конструкцию сигнализатора метана (рис. 25) входят датчик метана, контактный индикатор метана с панелью, контактный индикатор напряжения питания, блок аккумуляторов и монтажный, на котором расположены генератор звуковой частоты и сигнальное устройство. Все функциональные блоки помещены в корпус из прочной пластмассы.

Датчик метана

Подобно датчику ДМТ-2 датчик метана состоит из измерительного и компенсационного элементов, помещенных в камеру сгорания, представляющую взрывобезопасный колпак из металлической сетки в два слоя. Анализируемый воздух поступает в камеру через фильтрующую диафрагму в виде жалюзи с металлической сеткой и капроновой тканью.

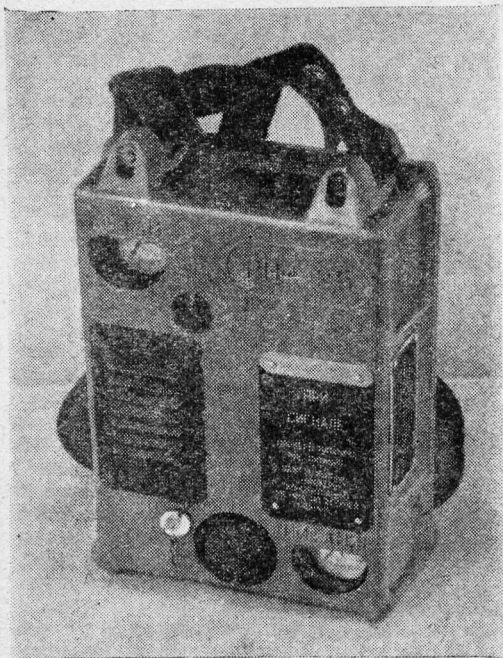


Рис. 25. Переносный сигнализатор метана СМП-1

Отличие от датчика ДМТ-2 состоит в том, что нагревательные спирали измерительного и компенсационного элементов выполнены из платиновой проволоки диаметром 0,07 мм. Эти же спирали служат термометрами сопротивления в измерительной схеме (рис. 26).

Контактный индикатор метана

В качестве индикатора метана применен малогабаритный милливольтметр, отградуированный в процентах

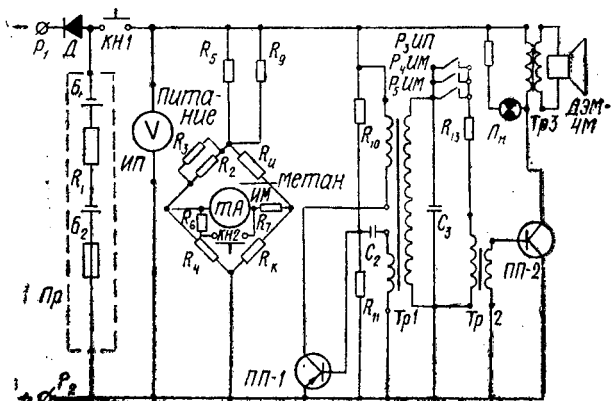


Рис. 26. Принципиальная электрическая схема сигнализатора метана СМР-1

содержания метана. Прибор имеет контактную систему, электрически изолированную от измерительного механизма. Один контакт связан с подвижной системой прибора, два других, электрически связанные друг с другом, установлены вначале и в конце шкалы.

При появлении аварийной концентрации метана стрелка прибора отклоняется от конца шкалы. Расположенный на ней подвижный контакт замыкается с неподвижным и включает сигнализацию. Неисправность измерительной схемы (обрыв или короткое замыкание одного из плеч моста и др.) вызывает отклонение стрелки индикатора либо влево за нуль, в начало шкалы, либо вправо, в конец ее. В том и другом случаях подвижный контакт замыкается с неподвижным и включает сигнализацию.

Контактный индикатор напряжения питания

Индикатор напряжения питания служит для контроля напряжения аккумуляторов и представляет собой малогабаритный контактный вольтметр. Шкала прибора про-

градуирована от 2,05 до 3 в. В начале шкалы имеется неподвижный контакт. При понижении напряжения аккумуляторов до 2,05 в подвижный контакт, связанный со стрелкой прибора, замыкается с неподвижным и включает сигнализацию. Для регулировки положения стрелки на цоколе индикатора имеется корректор. Оба контактных индикатора крепятся в специальных гнездах прибора на амортизационных прокладках.

Блок аккумуляторов

Блок аккумуляторов состоит из двух малогабаритных герметизированных аккумуляторов типа КНГК-10Д, токоограничивающего сопротивления 0,26 ом и держателя предохранителя, залитых терморезистивным компаундом в неразборный блок питания типа «Метан». С помощью токоограничительного сопротивления 0,26 ом выполненного в виде неотключаемого элемента, залитого с аккумуляторами в единый блок, обеспечивается искробезопасность источника питания и всей схемы прибора.

Принцип работы прибора

Сгорание метана на измерительном элементе $R_{и}$ вызывает повышение его температуры и разбаланс моста, в диагональ которого включен контактный индикатор метана ИМ. Стрелка индикатора метана при 2%-ной аварийной концентрации отклоняется до конца шкалы и замыкает контакты $R_{4ИМ}$, которые включают систему сигнализации. Последняя состоит из генератора звуковой частоты, усилителя, электромагнитного капсюля ДЭМ-4М и сигнальной лампочки ЛН.

Генератор звуковой частоты на триоде ПП1 состоит из трансформатора Тр.1 и резисторов R_{10} , R_{11} . Напряжение генератора с выводов 5 и 6 выходной обмотки трансформатора Тр. 1 через контакты индикатора метана, резистор R_{13} и промежуточный трансформатор Тр. 2 поступает на вход усилителя, собранного на триоде ПП2. Параллельно первичной обмотке выходного трансформатора Тр. 3 включена сигнальная лампочка ЛН с ограничительным резистором R_{14} . К вторичной обмотке Тр. 3 подключен электромагнитный капсюль ДЭМ-4М.

Контакты индикатора метана $R_{4ИМ}$, $R_{5ИМ}$ и индика-

тора напряжения Р₃ИП расположены параллельно. Это позволяет включать систему сигнализации как при аварийном содержании метана, так и при снижении напряжения аккумуляторов и неисправностях в схеме прибора. Если содержание метана в атмосфере меньше 2% и напряжение аккумуляторов выше 2,05 в, то контакты обоих индикаторов разомкнуты и выходное напряжение генератора благодаря емкостной связи между элементами схемы поступает на первичную обмотку трансформатора Тр. 2. При этом величина напряжения невелика и прибор издает лишь слабое гудение, свидетельствующее о его нормальной работе. При повышении содержания метана до 2% замыкаются контакты Р₄ИМ, в результате чего на первичную обмотку Тр. 2 подается полное выходное напряжение генератора и появляется сильный звуковой сигнал. Одновременно загорается лампочка ЛН. Точно так же прибор реагирует на снижение напряжения аккумуляторов менее 2,05 в и обрыв или закорачивание сопротивления в мостовой схеме, которые вызывают разбаланс моста и замыкание контактов Р₃ИП и Р₅ИМ.

Во избежание разряда аккумуляторов в нерабочем состоянии прибора индикатор напряжения ИП включен после кнопки КН1, с помощью которой подается питание на весь прибор. Специальное зарядное устройство подключается через штепсельное гнездо к контактам Р₁ и Р₂. Диод Д служит для предотвращения короткого замыкания аккумуляторов и их переплюсовки при неправильном подключении к зарядному устройству.

Правила эксплуатации прибора

Для включения прибора заднюю крышку необходимо повернуть в положение «Вкл.». О включении прибора будет свидетельствовать слабое гудение. Индикатор «Питание» должен показать напряжение не ниже 2,4 в. После 10-минутного прогрева стрелка индикатора «Метан» должна быть слева от отметки 0,5% СН₄.

При подаче прибором во время работы в шахте звукового и светового сигнала необходимо:

1. Проверить концентрацию метана по индикатору «Метан». Если стрелка показывает 2% по нижней шкале (стрелка в крайнем правом положении), значит содержание метана превысило норму, допустимую правилами

безопасности. Если стрелка показывает менее 2% метана — прибор не исправен. Наиболее вероятной причиной неисправности является преждевременная разрядка аккумуляторов, поэтому необходимо по индикатору «Питание» проверить величину напряжения. Если стрелка стоит на отметке шкалы 2,05 в — аккумуляторы разряжены.

2. Для определения концентрации метана выше 2% необходимо нажать кнопку КН2 и по верхней шкале индикатора прочесть показания. Когда концентрация метана меньше 4%, при нажатии кнопки сирена должна отключиться, а при опускании — продолжать гудеть.

3. Убедившись, что концентрация метана превышает допустимую норму и прибор исправен, необходимо отключить электроэнергию в забое и принять меры к его разгазированию.

Уход за прибором состоит в следующем:

1. Сданные после работы приборы должны быть немедленно выключены и очищены от пыли и грязи. Не допускается применение промасленного и влажного обтирочного материала. Особенно осторожно следует очищать жалюзи во избежание попадания внутрь грязи и влаги.

2. После очистки прибора и внешнего профилактического осмотра его ставят на зарядку.

3. Один раз в три месяца каждый прибор, независимо от его состояния, должен подвергаться профилактическому ремонту, проверке и регулировке в специальной мастерской.

4. Во избежание короткого замыкания аккумуляторов запрещается очищать щетельное гнездо металлическими предметами.

5. Заряжаться аккумуляторы должны при температуре окружающего воздуха от +15 до +35° С.

6. Если прибор более двух недель находился в нерабочем состоянии, перед выдачей его необходимо подвергнуть аккумуляторы двум тренировочным циклам заряда-разряда.

Для обеспечения эксплуатации приборов выпускаются:

а) зарядное устройство типа ЗУ-1МР (Днепропетровский завод шахтной автоматики), рассчитанное на зарядку от 1 до 100 приборов;

б) испытательная камера К-21 для проверки исправ-

ности приборов на шахтах (завод «Электроприбор»);
в) комплект измерительной аппаратуры К-22 (завод «Электроприбор») для ремонтных мастерских ВГСЧ.

МАЛОИНЕРЦИОННОЕ МЕТАН-РЕЛЕ ТИПА ММР-61

В отличие от датчиков, работающих на термокаталитическом принципе, завод «Красный металлист» выпускает оптикоакустическое метан-реле типа ММР-61.

Малоинерционное метан-реле типа ММР-61 предназначено для непрерывного контроля концентрации метана в подготовительных и очистных забоях шахт, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

Аппаратура обеспечивает непрерывное измерение концентрации метана и автоматическое отключение фидерного автомата.

Технические данные

Диапазон измерений CH_4 . . .	от 1,5%
Время срабатывания реле после появления концентрации метана 1,5%	450 мсек.
Общее время срабатывания реле вместе с фидерным автоматом	600—800 мсек.
В комплект метан-реле входят: собственно метан-реле ММР-61 и исполнительное устройство типа БП-2	—

Принцип действия малоинерционного метан-реле основан на известном явлении поглощения некоторыми газами инфракрасной радиации (рис. 27). Два потока инфракрасной радиации, исходящие от излучателя (1—2) и прерываемые механическим прерывателем (3) с электрическим приводом (4), проходят: один — через рабочую камеру (5), второй — через сравнительную камеру (6). Затем оба потока попадают в лучеприемник (7), заполненный 100%-ным метаном. Через рабочую камеру пропускается исследуемая смесь.

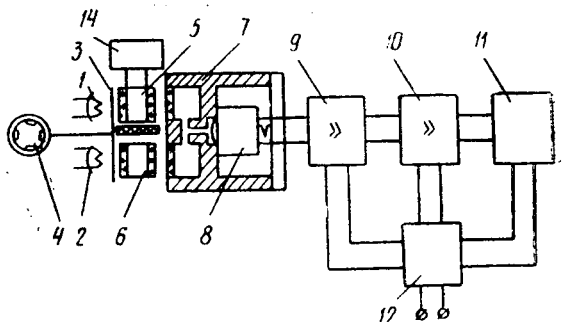


Рис. 27. Блок-схема малоинерционного метан-реле типа ММР-61

Сравнительная камера герметизирована и не содержит поглощающих компонентов. Потoki радиации пропускают в лучеприемник попеременно с частотой 450 периодов в секунду. Реле настраивается так, чтобы при отсутствии метана в рабочей камере поглощение потоков радиации в правой и левой частях лучеприемника было бы одинаковым и результирующее давление газа в лучеприемнике равнялось нулю.

При появлении метана часть радиации одного из потоков будет поглощена в рабочей камере. В правую и левую часть лучеприемника поступят неодинаковые потоки радиации и вызовут разные по величине колебательные движения газа. Результирующее колебание окажет определенное давление на мембрану электродинамического микрофона (8). Это давление всегда будет пропорционально концентрации метана в газовой среде, проходящей через рабочую камеру. Чем больше концентрация метана, тем выше уровень сигнала на выходе микрофона.

Электродинамический микрофон включен на вход четырехкаскадного электронного усилителя (9 — предварительная ступень усилителя, 10 — оконечная ступень усилителя). На выходе электронного усилителя включен исполнительный орган (11). Он принимает команду на одно реле при появлении метана в выработке и при любой неисправности прибора. Электронный усилитель,

исполнительный орган и спирали излучателя питаются от одного блока питания (12).

Малоинерционное реле имеет двухступенчатое пылезадерживающее устройство. Газовая смесь просасывается через рабочую камеру со скоростью 8—10 м/сек. с помощью двух мембранных насосов (14), включенных на параллельную работу. Метан-реле имеет общую с блоком питания взрывобезопасную оболочку «РВ». Габаритные размеры его — 362×612×366 мм, вес — 78 кг.

Исполнительное устройство типа БП-2

Предназначено для питания метан-реле и передачи отключающего сигнала фидерному автомату, питающему электрооборудование участка. На это устройство возлагаются также некоторые функции блокировки. Например, нельзя включить фидерный автомат, питающий электрооборудование контролируемого участка, пока не будет подано питание на метан-реле, установленное в этой выработке, и пока это реле не придет в рабочее состояние.

Схема исполнительного устройства БП-2 предусматривает возможность воздействия на отключение любого низковольтного или высоковольтного выключателя с отключающей или нулевой катушкой, рассчитанной на напряжение до 660 в и ток до 10 а. Принципиальная схема исполнительного устройства БП-2 изображена на рис. 28. Оно подключается к выводным зажимам фидерного автомата. Нормально открытый блок-контакт 2РК контрольного реле РК соединяется последовательно с исполнительным, нормально закрытым контактом реле утечки и нулевой катушкой фидерного автоматического выключателя.

При наличии на вводе автомата и выключении блокировочного разъединителя БР трансформатор ТР получает питание. Однако фидерный автомат не может быть включен ни вручную, ни автоматически, так как цепь его нулевой катушки разомкнута нормально открытым контактом 2РК.

После нажатия кнопки «пуск» на метан-реле подается стабилизированное напряжение 12 в и включается реле времени РВ. Выдержка времени, обусловленная

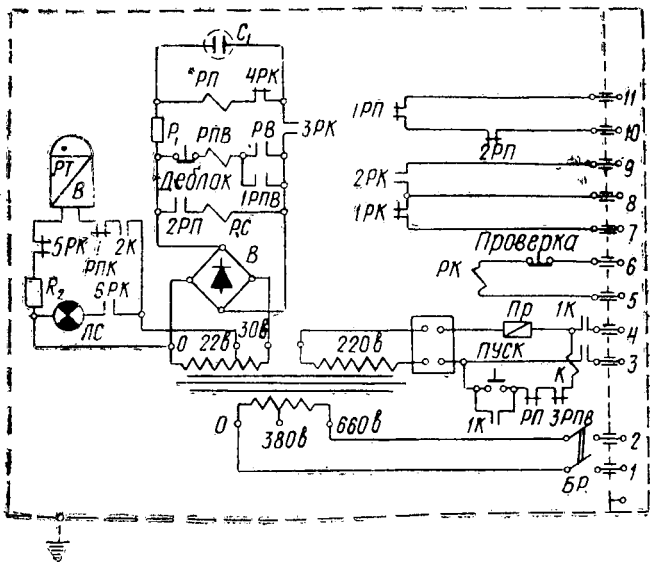


Рис. 28. Принципиальная схема исполнительного устройства типа БП-2

длительностью прогрева электронных ламп метан-реле, составляет примерно 1 мин.

После того, как лампы прогреются и метан-реле придет в рабочее состояние, реле РК, получающее питание от метан-реле, срабатывает и замыкает свои контакты 2РК в цепи нулевой катушки автомата. При этом можно включить автомат вручную или автоматически. Если после подачи питания на метан-реле последнее из-за неисправности не заработает, контакты 2РК останутся разомкнутыми, и автомат нельзя будет включить. Не загорится также сигнальная лампа ЛС, что будет свидетельствовать о том, что метан-реле не действует. Кроме того, через 1,5 мин. сработает реле времени РВ, затем реле-повторитель РПВ и разомкнутся нормально закрытые контакты 3РПВ в цепи катушки контактора К. Та-

ким образом, напряжение с метан-реле будет снято и повторное включение заблокировано с помощью реле РПВ. Блокировка снимается нажатием кнопки «Деблок». Остальные элементы схемы участвуют при работе исполнительного устройства в комплекте с другими типами выключателей.

Отличительной особенностью схем электроснабжения участков с применением газовой защиты является то, что исполнительное устройство БП2 и метан-реле присоединяются к вводным зажимам автоматического выключателя и находятся в работе независимо от того, включена сеть участка или не включена. Газовая защита в таком исполнении хорошо сочетается с любыми видами электрической, в том числе с опережающим отключением, защитой от утечек тока, блокировкой поврежденных участков сети и др. Общее время срабатывания газовой защиты вместе с существующими автоматическими выключателями — 600—800 мсек.

Исполнительное устройство помещено во взрывобезопасную оболочку, размеры которой 463×413×480 мм, вес — 78 кг.

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА И СРЕДСТВА ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

Прибор	Марка	Определяемые компоненты и пределы измерения	Организации, которые разработали прибор, и завод-изготовитель	Состояние разработки
А. Переносные приборы периодического действия для контроля состава рудничного воздуха				
Шахтный интерферометр	ШИ-3	Метан, углекислый газ 0—6%	ЦНИЛ ВГСЧ Кузбасса, Приборостроительный завод им. Ленина, г. Новосибирск.	Выпускается серийно
»	ШИ-5	»	»	»
»	ШИ-6	Метан, углекислый газ 0—6%, кислород 13—21%.	»	Промышленная партия
»	ШИ-7	Метан, углекислый газ 0—100%.	»	»
»	ШИ-8	Метан, углекислый газ, 0—6%	»	Опытные образцы
»	ШИ-10	»	»	»
Шахтный газовый интерферометр	ШГИ-1В	Метан, углекислый газ 0—6%.	ВостНИИ, Приборостроительный завод им. Ленина, г. Новосибирск.	Опытная партия
»	ШГИ-2В	»	»	»
Газоопределитель интерференционный комплексный	ГИК-1	Метан, водород, углекислый газ 0—6%.	ВостНИИ; Чирчикский филиал ОКБА, г. Чирчик.	Опытная партия
Химический газоопределитель	ГХ-4	Оксид углерода 0—0,2, сернистый газ, 0—0,007, сероводород 0—0,0066, оксиды азота 0—0,005.	Донецкий опытно-экспериментальный завод горноспасательной аппаратуры и оборудования	Выпускается серийно
Универсальный газоопределитель	УГ-2	Оксид углерода, сероводорода, оксиды азота, аммиак, углеводороды и др.	Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда ВЦСПС, завод химреактивов, г. Черкассы.	»
Б. Непрерывно-действующие переносные, стационарные и специальные анализаторы метана				
Сигнализатор метана переносный	СМН-1	Метан 0—4%. Сигнализация при 2%.	Гипроуглеавтоматизация (ГУА), ИГД им. А. А. Скочинского, завод «Электроточприбор», г. Омск	Выпускается серийно
Спутник шахтера	СШ-2	»	ГУА, ИГД им. А. А. Скочинского, завод «Красный металлист», г. Копотоп	»
Стационарный анализатор метана термokatалитический	АМТ-2	Метан 0—1,2%. Предупредительная и аварийная сигнализация при 0,7 и 1% метана.	ГУА, ИГД им. А. А. Скочинского, МакНИИ, завод «Красный металлист», г. Копотоп	»
»	АМТ-3	Метан 0—1,2%, 0—2,4%. Сигнализация при 0,5, 0,75, 1% метана.	»	Опытная партия
Термокatalитическое метан-реле для угольного комбайна	ТМРК-2	Метан 0—2%. Отключение силового питания при 2% метана.	»	»
Малонерционное метан-реле	ММР-61	Метан 0,5—2%. Отключение электроэнергии при 1,5% метана за время не более 1 сек.	ГУА, МакНИИ, завод «Красный металлист»	Опытные образцы
В. Непрерывно-действующие переносные сигнализаторы кислорода и др. газов				
Предохранительная бензиновая лампа		Кислород 17—20,8%, метан 0,4%, углекислый газ 0—5%.		Импортируется в СССР
Сигнализатор кислорода переносный	СКП 1	Кислород 13—21%. Звуковая и световая сигнализация при снижении концентрации кислорода до 19%.	ГУА, Вырусский завод газоанализаторов, г. Выру, Эстонской ССР	Опытные образцы

ЛИТЕРАТУРА

Глава I.

Бодягин М. Н. Рудничная вентиляция. Изд. «Недра», М., 1967.

Скочинский А. А., Комаров В. Б. Рудничная вентиляция. Углетехиздат, М., 1959.

Глава II.

Автоматические и полуавтоматические газоанализаторы (научный редактор В. А. Павленко). Сводный каталог-справочник. Выпуск III. Газоанализаторы оптические. ОНТИ по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления, 1967.

Борзов К. В. Контрольно-измерительные приборы, применяемые в горнодобывающей промышленности. Госгортехиздат, 1961.

Жариков И. И., Цейслер П. П. Оптический газоопределитель ШИ-6. — «Безопасность труда в промышленности», 1963, № 10.

Жариков И. И., Цейслер П. П. Газоопределитель метана и углекислого газа. — «Безопасность труда в промышленности», 1968, № 6.

Микитас Н. М., Цейслер П. П. Объемно-оптический газоанализатор ООГ-2. — «Безопасность труда в промышленности», 1964, № 4.

Поляков В. С., Гордеев А. Т. Электрохимический определитель кислорода ОКЭ-1. — «Технология и экономика угледобычи», 1966, № 6.

Сенкевич О. В. и др. Физико-химические методы анализа рудничного воздуха. Углетехиздат, 1967.

Глава III.

Биренберг И. Э., Мелькумов Л. Г., Сапилов А. В. Система и аппаратура автоматического контроля концентрации метана и аварийного оповещения. — «Безопасность труда в промышленности», 1967, № 9.

Кравченко В. С., Карпов Е. Ф. Система автоматической газовой защиты. Рудничная аэрология и безопасность труда в шахтах. Научные сообщения ИГД, им. А. А. Скочинского. Т. XXXIII. Изд. «Недра», 1967.

Маликов В. Г. Биренберг И. Э. Оптико-акустическое малоинерционное метан-реле. — В сб.: Автоматические газоанализаторы, ЦИНТИЭП, 1961.

Мелькумов Л. Г. Новые автоматические системы и приборы контроля метана. — «Уголь», 1967, № 7.

Щербань А. Н., Фурман Н. И. и др. Шахтный гелеметрический метаномер АМТ-2И. — «Безопасность труда в промышленности», 1967, № 9.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Глава I. Рудничный воздух</i>	3
Понятие о рудничном воздухе	3
Главные составные части рудничного воздуха.	4
Основные ядовитые примеси рудничного воздуха	6
Прочие ядовитые, радиоактивные и инертные примеси рудничного воздуха	10
Метан	11
Водород и углеводородные газы	20
Требования к составу рудничного воздуха.	22
Определение качественного состава рудничного воздуха	25
Замеры газов в шахте	38
Определение газоопасности подготовительных выработок	45
<i>Глава II. Приборы для контроля состава рудничного воздуха</i>	50
Интерферометрические газоанализаторы	50
Бензиновая предохранительная лампа	75
Химический газоопределятель ГХ-4	79
Универсальный переносный газоанализатор типа УГ-2	83
Газоопределятель ООГ-2	87
Хроматографический метод анализа рудничного воздуха	95
Сигнализатор кислородный переносный СКП-1	102
<i>Глава III. Аппаратура автоматической газовой защиты</i>	105
Анализатор метана термодаталитический типа АМТ-2	105
Анализатор метана термодаталитический типа АМТ-3	117

Телеметрический метаномер типа АМТ-2И	119
Термокаталитическое метан-реле комбайновое типа ТМРК-2	124
Переносный сигнализатор типа СМГ-1 (СШ-2)	129
Малоинерционное метан-реле типа ММР-61»	136
<i>Литература</i>	141

*Виталий Степанович Комаров, Александр Тимофеевич
Гордеев, Владимир Сергеевич Поляков, Борис
Александрович Сурначев.*

РУДНИЧНЫЙ ВОЗДУХ И ЕГО КОНТРОЛЬ

Редактор *Г. А. Теплицкая*; художественный редактор
О. С. Красова, технический редактор *Г. В. Адова*, кор-
ректор *Е. И. Тимощук*.

Сдано в набор 6.X.1969 г. Подписано к печати 5.XI.1970 г. Формат
70×90¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 5,27+3
вклейки 0,44 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 6,71 Тираж 20000 экз.
ОП15329 Заказ 6670 Цена 37 коп.

Кемеровское книжное издательство. Кемерово, Ноградская, 5
Полиграфическое объединение «Томь»
Кемерово, Ноградская, 5

Цена 37 коп. 120 -

Б1
8696