

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНАМ «АЭРОЛОГИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»,
«АЭРРОЛОГИЯ ШАХТ», «РУДНИЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ».
(часть 2)

Донецк, ДонНТУ 2003г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНАМ «АЭРОЛОГИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»,
«АРОЛОГИЯ ШАХТ», «РУДНИЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ».
(часть 2)

Утверждено
на заседании кафедры
«Охрана труда и аэрология»
протокол № __ от _____2003г.

Утверждено издательским
Советом ДонНТУ
протокол №__ от _____2003г.

Донецк, ДонНТУ 2003г.

УДК 622.454 (07.07)

Методические указания к лабораторным работам по дисциплинам «Аэрология горных предприятий», «Аэрология шахт», «Рудничная вентиляция» (для студентов горных специальностей) / Сост. В.А. Стукало. – Донецк: ДонНТУ, 2003. - 60 с.

Приведены назначение, устройство, принцип действия, порядок подготовки к работе приборов и аппаратуры для контроля шахтной атмосферы, а также способы замера ее параметров.

Предназначены для студентов горных специальностей.

Составитель
Рецензент
Ответственный
за выпуск

В.А. Стукало, профессор
С.А. Селивра, доцент
Ю.Ф. Булгаков, профессор

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕНОСНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА

1.1 Общие требования к использованию переносных автоматических приборов контроля содержания метана в шахтах

В газовых шахтах действующими Правилами безопасности предусмотрен непрерывный контроль метана переносными автоматическими приборами.

В шахтах I и II категории по газу контроль концентрации метана переносными автоматическими приборами осуществляется в призабойных пространствах тупиковых выработок, а также у выемочных машин и в тупиках погашения вентиляционных вентиляционных выработок на выемочных участках, если в них выделяется метан.

В шахтах III категории по газу, сверхкатегорийных и опасных по внезапным выбросам контроль концентрации метана переносными автоматическими приборами осуществляется:

- в призабойных пространствах тупиковых выработок;
- в местах работы людей в выработках с исходящей струей воздуха;
- у выемочных машин, если на выемочных участках, в очистных выработках выделяется метан и машины не оборудованы встроенными автоматическими приборами контроля концентрации метана»;
- на электровозах;
- у буровых станков при бурении скважин;
- при вскрытии электрооборудования.

В выработках с исходящей струей воздуха и на электровозах контроль концентрации метана переносными автоматическими приборами может не осуществляться при наличии у людей, работающих в указанных выработках, и у машиниста электровоза индивидуальных автоматических сигнализаторов метана.

Переносные автоматические приборы контроля за содержанием метана размещаются:

- в тупиковых выработках – в верхней части сечения выработки в 3-5 м от забоя на противоположной от вентиляционного трубопровода стороне выработки;
- в очистных выработках – на пологих и наклонных пластах у корпуса комбайна или врубовой машины со стороны исходящей струи, на крутых пластах – в месте нахождения машиниста; при дистанционном управлении комбайном – в вентиляционном штреке против выхода из очистной выработки у кровли штрека;
- в выработках с исходящей струей воздуха – у кровли выработок в местах работы людей;
- у буровых станков – на расстоянии не более 1 м от буримой скважины по направлению движения вентиляционной струи у кровли выработки.

Переносные автоматические приборы контроля содержания метана должны подвешиваться так, чтобы воздушный поток подходил со стороны, противоположной лицевой панели прибора.

Устройство и принцип действия переносных и автоматических сигнализаторов метана.

На шахтах Украины используются переносные автоматические сигнализаторы метана СММ-1 и «Сигнал-2».

Сигнализатор метана малогабаритный СММ-1 предназначен для непрерывного автоматического контроля метана в шахтном воздухе. Результаты измерения при этом фиксируются показывающим прибором, а при достижении сверхдопустимых концентраций метана подачей звукового и светового сигналов.

На рис.1.1 изображена схема прибора. В качестве автономного источника питания -1 в сигнализаторе использована батарея герметичных аккумуляторов, состоящая из двух аккумуляторов НКГК-3С. Стабилизатор напряжения -2 служит для стабилизации напряжения питания преобразователя-3 и мостовой измерительной схемы-4 с входящими в нее датчиком-5 и измерителем метана-6. Преобразователь-3 является источником повышенного напряжения для фазочувствительного усилителя-7 и блока сигнализации-8. Он также формирует переменную составляющую, накладываемую на цепь постоянного тока, которым питается мостовая измерительная схема. Контроль степени разрядки батареи аккумуляторов выполняет блок контроля напряжения-9.

На рис. 1.2 приведена часть электрической принципиальной схемы сигнализатора.

Метановоздушная смесь за счет диффузии и конвекции потока поступает в реакционную камеру датчика метана. Датчик состоит из рабочего R_4 и компенсационного (сравнительного) R_5 точечных чувствительных элементов (резисторов), которые помещены в термореакционную камеру и защищены проницаемой для метана металлокерамической оболочкой. Оболочка защищает чувствительные элементы от попадания угольной пыли и обдувания их струей шахтного воздуха.

Рабочий и компенсационный элементы изготовлены в виде бусинок, внутрь которых вмонтирована платиновая спираль. Тело бусинки изготовлено из окиси алюминия. Рабочий элемент покрыт каталитически активным слоем из тонкодисперсных платины и палладия. Компенсационный элемент не имеет активного покрытия.

Платиновая спираль предназначена для подогрева тела чувствительных элементов до 450-500°C и одновременно является термометром сопротивления. Благодаря покрытию рабочего элемента каталитически активным слоем, на его поверхности при температуре 450-500°C происходит беспламенное сжигание метана.

Рис. 1.1 – Блок-схема СММ-1

Рис. 1.2 – Принципиальная электрическая схема СММ-1

Рис. 1.3 – Сигнализатор метана «Сигнал-2»

Рабочий элемент (резистор) R_4 включен в одно из двух активных плеч моста постоянного тока. Во второе активное плечо включен компенсационный элемент (резистор) R_5 . Другие плечи моста являются балансными. Балансовые плечи, состоящие из резисторов R_{12} , R_{13} , R_{20} , R_{21} , R_{22} , образуют мост с активными плечами R_4 и R_5 , в измерительную диагональ которого включен измеритель метана P .

При сгорании метана за счет выделения тепла увеличивается сопротивление резистора R_4 . Вследствие этого в цепи появляется ток разбаланса, регистрируемый измерительным прибором P , включенным в диагональ моста. Измерителем метана служит милливольтметр постоянного тока М 278. Шкала измерительного прибора проградуирована в процентах содержания метана в исследуемом шахтном воздухе. Последовательно с измерителем включен переменный резистор R_{15} для юстировки сигнализатора при изменении чувствительности датчика метана.

Таким образом, принцип действия сигнализатора – термохимический с реакцией в газовой среде (каталитический) с использованием низкотемпературных точечных чувствительных элементов и мостового метода измерения.

Резисторы R_9 , R_{10} , R_{11} вместе с R_4 и R_5 также образуют мост, в измерительную диагональ которого включен вход фазового чувствительного усилителя сигнализации. Резистором R_{10} балансируется мост при концентрации метана 2% (или другом установленном значении), при этом напряжение на выходе усилителя отсутствует. При разбалансировке моста, т.е. при концентрации метана меньше или больше 2% (или при другом значении, на которое настроен сигнализатор), на вход усилителя поступает переменная составляющая тока, питающего мост.

Блоки сигнализатора размещены в пластмассовом корпусе, состоящем из двух разъемных частей, скрепленных между собой шестью болтами. Уплотнение корпуса осуществляется с помощью резиновой прокладки. Съёмный блок питания вставляется в корпус сигнализатора с левой стороны и закрепляется с помощью специального винта.

На передней части сигнализатора расположены: смотровое окно измерителя метана, устройство звуковой сигнализации и датчик метана, закрытые защитными колпаками; крышка, закрывающая доступ к элементам регулировки сигнализатора, контактам x_1 , x_2 , а также к корректору измерителя метана.

В верхней части сигнализатора расположены светофильтр кругового обзора световой сигнализации и ремень для переноски сигнализатора.

Контакты x_1 , x_2 предназначены для подсоединения вольтметра при измерении стабилизированного напряжения на измерительном мосту сигнализатора метана.

Датчик метана съёмный. В условиях шахты легко заменяется. Для его замены необходимо отвернуть гайку, снять защитный и металлокерамические колпачки, после чего извлечь датчик.

Сигнализаторы СММ-1 характеризуются следующими основными параметрами:

- рабочий диапазон измерения концентрации метана – от 0 до 2%, диапазон – от 0 до 3%;
- основная погрешность в рабочем диапазоне измерения – не более $\pm 0,3\%$;
- сигнальная концентрация (концентрация срабатывания) 2% CH_4 ;
- уровень звукового давления на расстоянии 1м от лицевой части сигнализатора – не менее 80дБ;
- расстояние видимости светового сигнала в горизонтальной плоскости (в темноте) – не менее 10м;
- продолжительность непрерывной работы сигнализатора без замены блока питания и при включенной сигнализации в течение 20мин – не менее 10 часов.

Подготовка к выдаче для работы и работа сигнализатора СММ-1 в шахте.

Перед выдачей сигнализатора СММ-1 для работы в шахте необходимо проверить нуль прибора.

Проверка нуля прибора производится сначала при отключенном (вынутом), затем при вставленном в корпус и включенном блоке питания.

В момент включения питания стрелка измерителя должна кратковременно отклониться вправо или влево, затем возвратиться на нулевую отметку, при этом возможно кратковременное включение звуковой и световой сигнализации. Необходимо также помнить, что при включенном питании сигнализатора должен быть слышен слабый звуковой сигнал самоконтроля.

После проверки нуля производится проверка сигнализатора на работоспособность. Для этого используется контрольная метановоздушная смесь с содержанием метана 2,3% и специальная газовая накладка.

Проверка сигнализатора СММ-1 на работоспособность производится в следующем порядке. На защитный колпак датчика метана при включенном сигнализаторе укладывается газовая накладка и прижимается к корпусу. Затем с помощью резиновой груши прокачивается контрольная метановоздушная смесь с концентрацией метана 2,3%. Расход смеси при этом должен быть 0,2-0,3 л/мин. Прокачивание смеси сначала производится медленно (2-3 сжатия резиновой груши в течение 8-10 с), затем производятся неполные (частичные) сжатия груши в ускоренном темпе в течение 7-10 с до момента включения сигнализации и получения установившегося показания стрелки измерителя метана. При проверке сигнализатора контрольной аттестованной метановоздушной смесью с объемной долей метана 2,3% сигнализация (звуковая и световая) должна включаться при показаниях измерителя метана в пределах 1,7-2,3%, установившееся показание объемной доли метана измерителя должно быть в пределах 2,0-2,6%.

На работу в шахту выдаются только исправные сигнализаторы метана. При этом специальный винт крепления блока питания и крышка элементов регулировки сигнализатора должны быть опломбированы.

Сигнализатор СММ-1 – прибор индивидуального или коллективного пользования, но для правильной эксплуатации сигнализаторы закрепляются за рабочими. При передвижении по шахте необходимо оберегать сигнализатор от ударов, попадания воды и пыли в датчик метана и сигнальное устройство.

На месте работы сигнализатор подвешивается в вертикальном положении за ремень. Нельзя устанавливать сигнализатор около скважин, суфляров и других мест с повышенным выделением метана.

Если во время работы прибора в шахте сначала включается прерывистый, а затем непрерывный световой и звуковой сигналы, необходимо проверить показания указателя метана. Если стрелка указателя метана показывает номинальное значение концентрации метана, при котором включается сигнализатор, или больше его, то значит содержание метана достигло или превысило допустимую Правилами безопасности величину. Если стрелка измерителя метана показывает значение ниже величины, при которой включается сигнализация, то причиной может быть преждевременная разрядка аккумуляторов или неисправность в цепи прибора. После окончания смены неисправный сигнализатор необходимо проверить, установить и устранить причину неисправного включения сигнализации.

Устройство и принцип действия сигнализатора метана малогабаритного с цифровой индикацией «Сигнал-2».

Сигнализатор метана малогабаритный с цифровой индикацией «Сигнал-2» предназначен для непрерывного автоматического контроля за содержанием метана в шахтной атмосфере и выдачи звукового и светового сигналов с цифровой индикацией показаний при достижении предельно-допустимой Правилами безопасности концентрации метана.

Сигнализатор «Сигнал-2» (рис. 1.3) состоит из сигнализатора метана и блока питания. В сигнализатор метана входят: передняя крышка-1, плата печатная-2, датчик-3, источник звукового сигнала-4 с резонатором-5, кнопка проверки напряжения-6, колодка гнездная-7.

В блок питания входят: задняя крышка-8, два искробезопасных аккумулятора-9, выключатель-10, колодка ножевая-11. Датчик –3 защищен от механических воздействий крышкой-12.

Сигнализатор пломбируется рубраксной мастикой, закладываемой в отверстие поверх головки крепежного винта. На мастике делается оттиск клеймом ОТК, принявшего сигнализатор.

Болт крепления крышки, закрывающей отверстия доступа к регулировочным элементам, пломбируется проволокой, концы которой скручиваются и оплавляются.

Принцип действия сигнализатора – термокаталитический с диффузионным поступлением анализируемой смеси в реакционную камеру датчика. Сигнализатор «Сигнал-2» отличается от своих предшественников тем, что вместо стрелочного показывающего прибора функции указателя метана в нем выполняет дисплей с цифровой индикацией.

Электрический сигнал датчика метана через усилитель поступает на аналогово-цифровой преобразователь, выходы которого включены на цифровые индикаторы, показывающие концентрацию метана.

Питание сигнализатора метана осуществляется от искробезопасного аккумуляторного источника. Для обеспечения нормальной работы прибора и необходимой точности измерения при изменении напряжения источника на датчик метана и микросхему прибора подается стабилизированное напряжение 1,75 В. Для питания микросхем и источника звукового сигнала применен преобразователь напряжения, который стабилизированным напряжением 1,85 В от стабилизатора.

В приборе имеются пороговые устройства, сигнализирующие о превышении предельно допустимой концентрации метана и разрядке аккумуляторной батареи от напряжения $2,05 \pm 0,05$ В, которые настраиваются соответствующими резисторами, включенными в электрическую схему. Специальным резистором производится балансировка мостовой схемы, т.е. при отсутствии метана выставляются показания на цифровых индикаторах «0,0».

При разбалансировке мостовой схемы вследствие изменения сопротивления резистора (на поверхности происходит беспламенное сгорание метана) на цифровых индикаторах указываются действительные концентрации метана в воздухе, поступающем к датчику.

При нажатии на кнопку 6 (рис. 1.3) цифровые индикаторы покажут напряжение батареи аккумуляторов.

Основные технические данные сигнализатора «Сигнал-2» приведены в табл. 1.1.

Сигнализатор изготовлен в искробезопасном исполнении.

Величина уставки срабатывания световой и звуковой сигнализации устанавливается заводом по требованию заказчика. Если величина уставки в заказе не указана, то она устанавливается на 2% объемных долей CH_4 .

Таблица 1.1 – Основные технические данные

Наименование параметров и его размерность	Значение Параметра
1	2
Рабочий диапазон измерения, об.долей CH ₄ , %	0 – 3
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения, об.долей CH ₄ , %	± 0,3
Напряжение питания, В	2,3 ± 0,25
Уставки срабатывания световой и звуковой сигнализации, об.долей CH ₄	1; 1,5; 2
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности срабатывания световой и звуковой сигнализации, об.долей CH ₄ , %	± 0,3
Время срабатывания сигнализации, С, не более	20
Напряжение, при котором срабатывает сигнализация о разрядке аккумуляторов, В	2,04 ± 0,05
Уставка срабатывания устройства отключения разряженных аккумуляторов, В	1,9 ± 0,05
Время непрерывной работы без переразрядки блока питания, ч, не менее	30
Масса, кг, не более	2

Подготовка сигнализатора «Сигнал-2» для использования по назначению

Перед началом эксплуатации, а также в случае двухнедельного и более перерыва в работе сначала следует произвести тренировку сигнализатора. Для этого выключатель поставить в положение «Вкл.» и выдержать до включения непрерывных звукового и светового сигналов. Затем необходимо установить выключатель в положение «Заряд» и провести зарядку аккумуляторов постоянным током $1,0 \pm 0,2$ В в течение $12 \pm 0,5$ часов, используя для подключения к зарядному устройству имеющуюся в комплекте вилку зарядную.

Зарядив блок питания, следует опять его разрядить, для чего перевести выключатель в положение «Вкл.» и поместить сигнализатор в камеру с метановоздушной смесью (содержание метана 1,8...2%). Момент окончания разрядки фиксируется по включению непрерывных звукового и светового

сигналов. Затем необходимо проверить правильность включения сигнализации. При нажатой кнопке 6 (рис. 1.3) цифровые индикаторы должны показать напряжение блока питания в пределах 2,0...2,1 В. Если разрядка блока питания не менее 30 ч, тренировка заканчивается после первого цикла «заряд-разряд», в противном случае цикл следует повторить.

По окончании тренировки сигнализатора необходимо проверить основную абсолютную погрешность измерения концентрации метана в двух точках диапазона: $1,5 \pm 0,2\%$ и $2,3 \pm 0,2\%$. Сигнализатор включается не менее чем за 10 мин до начала проверки и после прогрева в течение не менее 10 мин цифровые индикаторы должны показывать «0,0» при отсутствии светового сигнала слева от цифр. Если цифровые индикаторы показывают «0,2» или больше без светового сигнала слева от цифр или с ним, необходимо выставить показание «0,0», вращая с помощью отвертки настроечный элемент «А», предварительно выкрутив болт, закрывающий доступ к нему.

После этого к датчику 3 (рис. 1.3) с помощью накладки, имеющейся в комплекте установки для контроля измерителей метана (КИМ), подается поверочная или аттестованная метановоздушная смесь указанной выше концентрации. Расход смеси при этом должен быть 0,1 л/мин.

Основная абсолютная погрешность измерения равна разности между показаниями сигнализатора и действительным значением концентрации метана в газовой смеси. Если основная абсолютная погрешность измерения превышает (по абсолютному значению) 0,3% объемных долей CH_4 , необходимо вращением с помощью отвертки настроечного элемента «Б» привести показания сигнализатора в соответствие с действительным значением концентрации метана в метановоздушной смеси.

Основная абсолютная погрешность срабатывания аварийной сигнализации определяется как разность между действительным значением концентрации метана в поверочной газовой смеси, при которой включилась сигнализация, и величиной уставки, на которую настроен сигнализатор. Если основная абсолютная погрешность срабатывания аварийной сигнализации превышает (по абсолютному значению) 0,3% объемных долей CH_4 , производится корректировка точки срабатывания сигнализации. Эта операция выполняется только в ремонтном предприятии, имеющим право на вскрытие прибора.

Порядок работы с сигнализатором метана.

Сигнализатор «Сигнал-2» закрепляется за определенным лицом.

При выдаче прибора в шахту пломбируется выключатель проволокой. Перед выдачей сигнализатора блок питания должен быть заряжен, определена основная абсолютная погрешность измерения и проверена работа звуковой и световой сигнализации с помощью установки КИМ при концентрации метана в метановоздушной смеси 2,3%, как было описано выше. Если погрешность

измерения не превышает $\pm 0,3\%$ объемных долей CH_4 , прибор может быть выдан для работы в шахте. Затем по цифровым индикаторам проверяется напряжение блока питания при нажатой кнопке на лицевой части сигнализатора. При напряжении 2,1В и менее прибор в шахту не выдается. Его необходимо доразрядить, как описано выше.

Сигнализатор «Сигнал-2» без перезарядки блока питания может работать 3 смены или по времени не менее 30 часов, поэтому необходимо вести учет времени его работы между очередными зарядками.

Рабочие должны быть ознакомлены с сигналами сигнализатора.

Характер подаваемых прибором сигналов и вызывающие причины:

- прерывистый звуковой и световой сигналы означают, что концентрация метана превысила величину ставки;
- непрерывный звуковой и световой сигналы свидетельствуют о том, что разряжен блок питания;
- выключение после подачи непрерывного звукового и светового сигналов световой и звуковой сигнализации и цифровых индикаторов свидетельствует о том, что сработала защита от глубокого разряда аккумулятора.

На месте работы сигнализатор подвешивается за ремень.

Содержание отчета о лабораторной работе.

В кратком отчете о лабораторной работе следует дать ответы на такие вопросы:

- назначение сигнализаторов метана;
- устройство и принцип действия;
- подготовка сигнализаторов к использованию;
- порядок работы с сигнализаторами метана и требования к их использованию в шахтах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА, ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСА АППАРАТУРЫ АКМ И СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ДАТЧИКОВ МЕТАНА В ГАЗОВЫХ ШАХТАХ

Устройство и принцип действия

В соответствии с требованиями Правил безопасности на шахтах III категории по газу, сверхкатегорийных и опасных по внезапным выбросам предусмотрен непрерывный автоматический контроль метана в наиболее газоопасных местах шахтной вентиляционной сети. Для этих целей разработан и широко применяется комплекс автоматического контроля метана (АКМ).

Комплекс АКМ предназначен для непрерывного местного и централизованного контроля за содержанием метана и выдачи сигнала на автоматическое отключение электрической энергии контролируемого объекта при достижении предельно допустимой концентрации метана в угольных шахтах, опасных по газу.

Комплекс АКМ может использоваться как самостоятельная система автоматического контроля метана или включается как подсистема в систему автоматизированного управления проветриванием шахты.

Комплекс состоит из трех основных частей (рис. 2.1):

Рис. 2.1. Блок-схема комплекса аппаратуры АКМ

- анализатор метана АТ1-1, контролирующий содержание метана в одной точке (один датчик ДМТ0-4 и аппарат сигнализации АС-5);
- анализатор метана АТ3-1, контролирующий содержание метана в трех точках (три датчика ДМТ-4 и аппарат сигнализации АС-6);

Рис. 2.2 – Датчик метана ДМТ-4: а – конструкция-схема; б – блок-схема.

Рис. 2.3 – Схема размещения аппаратуры АГК при сплошной системе разработки пластов пологого и наклонного падения (пласт, опасный по внезапным выбросам)

Рис. 2.4 – Схема размещения аппаратуры АГК при столбовой системе разработки

Рис. 2.5 – Схема размещения аппаратуры АГК при сплошной системе разработки пласта крутого падения с применением электроэнергии.

Рис. 2.6 – Схема размещения аппаратуры АГК при разработке выбросоопасных пластов крутого падения щитовыми агрегатами.

Рис. 2.7 – Схема размещения аппаратуры АГК в тупиковой выработке, в которой ведутся взрывные работы в режиме сотрясательного взрывания.

Рис. 2.8 – Схема размещения аппаратуры АГК при системе разработки длинными столбами по падению при прямоточной схеме проветривания.

Рис. 2.9 – Схема размещения аппаратуры АГК при системе разработки длинными столбами по простиранию при прямоточной схеме с нисходящим проветриванием.

Рис. 2.10 – Схема размещения аппаратуры АГК при системе разработки длинными столбами по простиранию при прямоточной схеме с восходящим проветриванием.

Принцип работы комплекса АКМ поясним на примере анализатора АТ1-1.

В месте измерения концентрации метана датчик ДМТ-4 закрепляется на крепи при помощи цепной подвески так, чтобы анализируемый воздух поступал через жалюзи в камеру сгорания за счет диффузии и конвекции.

В закрытой кожухом -1 камере -2 (рис. 2.2, а) размещен рабочий -3 и сравнительный -4 элементы (цилиндры) на активной окиси алюминия с намотанными на них спиралями из платиновой проволоки. Поверхность рабочего элемента пропитана платино-палладиевым катализатором. Рабочий элемент темного, а сравнительный – светлого цвета. На поверхности платино-палладиевого катализатора происходит беспламенное сжигание метана при температуре 400⁰С. Выделяющееся при этом тепло изменяет сопротивление рабочего элемента термогруппы ТГ (рис. 2.2, б), который включен в одно плечо измерительного моста, подсоединенного к блоку питания БП. Сравнительный элемент R_{cp} (на нем нет горения метана) включен в измерительную схему для компенсации влияния окружающей среды (температуры, влажности и т.д.).

При отсутствии метана или допустимом его содержании сигнал с диагонали моста, образованного резисторами R_p , R_{cp} , R_1 , R'_1 , R_3 , поступает на исполнительный блок БИ и блок телеметрического усилителя УТ. После усиления сигнал подается на указывающий прибор, который находится на лицевой части корпуса датчика ДМТ-4, и далее по телефонному кабелю к аппарату сигнализации АС-5, где также имеется указывающий прибор. Затем сигнал передается на стойку СПИ-1 в диспетчерскую, где он может фиксироваться самопишущим прибором.

Если концентрация метана превысит допустимое значение, но не более чем в 1,3 раза и длительность такого превышения будет более принятой выдержки времени, сработает усилитель первого уровня блока БИ, который через УТ подаст сигнал на АС-5. Аппарат АС-5 включит сирену и отключит автоматический выключатель. Одновременно на датчике загорится красный светодиод, подтверждая, что сработал усилитель первого уровня контроля. Если концентрация метана превысит значение 1,3 от установленного предела, поступление сигнала с БИ, УТ и отключение автоматического выключателя произойдет мгновенно: на датчике загорятся одновременно два красных светодиода. В обоих случаях у диспетчера на стойке СПИ-1 появится мигающий с частотой примерно 3 Гц аварийный световой сигнал.

Анализатор АТЗ-1 работает аналогично, отличается размерами и тем, что к нему подключаются три датчика ДМТ-4. Сигналы телеизмерения передаются на стойку СПИ-1 только от одного из трех датчиков, от двух других – дискретные.

Контроль содержания метана в шахтах с помощью комплекса АКМ.

В шахтах III категории по газу, сверхкатегорийных и опасных по внезапным выбросам контроль концентрации метана стационарной автоматической аппаратурой должен осуществляться:

- в призабойных пространствах тупиковых выработок длиной более 10м и в исходящих струях при длине выработок более 50м, если в выработках применяется электроэнергия и выделяется метан; при наличии в тупиковой части выработки передвижной подстанции – у подстанции; если выработка проводится с помощью буровзрывных работ в режиме сотрясательного взрывания – независимо от применения электроэнергии;
- дополнительно у мест возможный слоевых скоплений метана;
- в тупиковых выработках опасным по слоевым скоплениям метана длиной более 100м, если в них применяется электроэнергия;
- у ВМП с электрическими двигателями при разработке пластов, опасным по внезапным выбросам, а также при установке вентиляторов в выработках с исходящей струей воздуха из очистных или тупиковых выработок;
- в поступающих в очистные выработки струях при проветривании, а также при разработке пластов, опасных по выбросам угля и газа, с применением электроэнергии, независимо от направления движения вентиляционной струи в очистной выработке;
- в исходящих струях очистных выработок, в которых применяется электроэнергия, и в исходящих струях выемочных участков независимо от применения электроэнергии;
- в тупиках вентиляционных выработок, погашаемых вслед за очистными забоями;
- в камерах для машин и электрооборудования, проветриваемых исходящими струями воздуха;
- в местах установки электрооборудования в рудничном нормальном исполнении и электрооборудования общего назначения;
- в выработках с исходящими струями воздуха за пределами выемочных участков (до стволов), если в них имеются электрооборудование и кабели;
- в исходящих струях крыльев и шахт, опасных по внезапным выбросам;
- у смесительных камер газоотсасывающих установок и в камерах газоотсасывающих вентиляторов;
- в поступающих струях выемочных участков;
- в шахтах, опасных по внезапным выбросам, разрабатывающих крутые пласты с применением электроэнергии, в дополнение к выше указанным пунктам;

- в исходящих струях проходимых стволов у проходческих полков и в перекачных камерах при проходке или углубке вертикальных стволов в шахтах, переведенных на газовый режим.

Размещение пунктов установки датчиков метана по горным выработкам шахты.

Датчики метана в соответствии с требованиями Правил безопасности располагаются:

- в призабойных пространствах тупиковых выработок – под кровлей на расстоянии 3-5м от забоя на стороне, противоположной вентиляционному трубопроводу;
- в исходящих струях тупиковых выработок – на расстоянии 10-20м от устья выработки под кровлей на стороне, противоположной вентиляционному проводу;
- у ВМП с электрическими двигателями – на расстоянии не менее 10м от вентилятора со стороны забоя тупиковой выработки при разработке пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа и в 3-5м перед ВМП со стороны подхода вентиляционной струи при его установке в выработке, в которую поступает исходящая струя воздуха из других тупиковых или очистных выработок;
- в поступающих струях очистных выработок при нисходящем проветривании – на расстоянии не более 5м от лавы в верхней части сечения выработки на стороне, противоположной лаве. При восходящем проветривании очистных выработок на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, - между лавой и распрелпунктом на расстоянии не более 50м от лавы;
- в исходящих струях очистных выработок – в 10-20м от очистного забоя у стенки, противоположной выходу из лавы, посередине высоты выработки. При спаренных лавах с общей исходящей струей воздуха или при схемах проветривания выемочных участков с под свежением исходящей вентиляционной струи – в очистной выработке на расстоянии не более 15м от выхода из нее;
- в исходящих струях выемочных участков – в начале вентиляционного штрека в 10-20м от ходка, уклона, бремсберга или промежуточного квершлага;
- в поступающих струях выемочных участков – в 10-20м от места входа поступающей струи на участок;
- в выработках с исходящей струей воздуха за пределами выемочных участков – в 10-20м от сопряжений их с вентиляционными выработками участков и на расстоянии не более 10м от сопряжения с вентиляционной

выработкой ближайшего к ЦПП участка по направлению вентиляционной струи;

- в вертикальных стволах – под нижним или промежуточным этажом проходческого полка под нулевой рамой, а при наличии в стволе вентиляционного канала – 1,5-2,0м ниже канала, перекачных камерах водоотлива;
- для контроля слоевых скоплений (датчики с выносным блоком чувствительных элементов) – в 20-30м от забоя тупиковой выработки у затяжек кровли на стороне, противоположной вентиляционному трубопроводу. При контроле местных скоплений в погашаемых тупиках вентиляционных выработок – под кровлей выработки у завала или перемычки, изолирующей погашенную часть выработки, у стенки выработки, противоположной выходу лавы;
- в камерах для машин и электрооборудования, проветриваемых исходящими струями воздуха, - у кровли на входе в камеру со стороны поступающей в камеру вентиляционной струи;
- у смесительных камер газоотсасывающих установок – в 15-20м от выходного отверстия камеры по ходу вентиляционной струи у стенки выработки на стороне расположения смесительной камеры;
- в камерах газоотсасывающих установок – у кровли над газоотсасывающим вентилятором.

В зависимости от места установки датчиков стационарная автоматическая аппаратура должна быть настроена на отключение электроэнергии при уставке на концентрацию метана:

- в призабойных пространствах тупиковых выработок, а также у проходческих или промежуточных полков в вертикальных стволах – 2%;
- в исходящих струях тупиковых выработок, в том числе и исходящих струях вертикальных стволов; у передвижных электрических подстанций, устанавливаемых в тупиковых выработках; в перекачных камерах водоотлива вертикальных стволов; в выработках с исходящей струей воздуха за пределами выемочных участков у сопряжений с вентиляционными штреками; в выработках с исходящей струей воздуха за пределами выемочных участков перед ЦПП; в камерах для машин и электрооборудования, проветриваемых исходящими струями воздуха – 1%;
- в исходящих струях очистных выработок и выемочных участков – 1,3%;
- в поступающих струях выемочных участков и очистных выработок, а также перед ВМП с электродвигателями – 0,5%. Для предупреждения загазований допускается настройка датчиков на отключение ВМП – 1% при условии, что со всех электроприемников в тупиковой и очистной выработках при концентрации метана в поступающей струе более 0,5% будет автоматически сниматься напряжение;

- при контроле слоевых скоплений в выработках и местных скоплениях метана в горных выработках – 2%;
- у смесительных камер газоотсасывающих установок – 1,3% в вентиляционных выработках выемочных участков и 1% - в выработках за пределами выемочных участков; в камерах газоотсасывающих установок – 1%.

Аппарат сигнализации устанавливается обычно на распределительном пункте лавы или в подземной подстанции (УПП, ЦПП и т.п.). К нему должен быть обеспечен удобный доступ, а лицевая сторона – полностью открыта.

Сирена устанавливается в месте, где наиболее вероятно нахождение людей.

Стойка приемников телеизмерения размещается в помещении службы аэрогазового контроля на поверхности шахты.

При контроле максимального содержания метана (призабойная часть тупиковой выработки) датчик метана располагается с противоположной по отношению к вентиляционному воздухопроводу стороны выработки и подвешивается, по возможности, ближе к кровле.

Для контроля содержания метана в исходящей струе очистной выработки датчик подвешивается у стенки выработки (примерно посередине ее высоты), противоположной бутовой полосе (лаве), а при щитовой системе разработки с буровзрывной выемкой – у кровли входной сбойки и кровли вентиляционного штрека.

При необходимости расположения датчика непосредственно в лаве (спаренные лавы с общей исходящей, в схемах с подсвежением исходящей струи и т.п.) он укрепляется на одной из стоек первого ряда от забоя в средней ее части со стороны второй дороги.

В поступающих струях очистных выработок при нисходящем проветривании датчик размещается в верхней части сечения выработки на стороне противоположной лаве.

Для контроля содержания метана в местах сопряжения очистных выработок с участками вентиляционных штреков (бремсбергов), оставляемых в выработанном пространстве, датчик подвешивается под кровлей штрека у стенки. Подвеска датчика во всех случаях осуществляется таким образом, чтобы воздушный поток омывал его со стороны, противоположной лицевой панели, или сбоку.

Общая характеристика анализатора метана АТВ-3 и основные требования по его эксплуатации в шахтах.

С 1983 года начато серийное производство анализатора метана АТВ-3 с выносными преобразовательными блоками.

Контрольные и защитные функции АТВ-3 такие же, как у анализатора АТЗ-1 комплекса АКВ и он также может входить в состав общешахтной системы АКМ.

Анализатор АТВ-3 целесообразно применять в шахтах III категории по газу, сверхкатегорийных и опасных по внезапным выбросам угля и газа для контроля местных скоплений метана у забоев тупиковых выработок и в погашаемых тупиках вентиляционных выработок, слоевых скоплений метана, а также содержания метана в исходящих струях очистных выработок при схемах проветривания с подсвежением исходящих струй или при спаренных лавах с общей исходящей струей воздуха. Кроме того, анализатор АТВ-3 может использоваться в горных выработках для контроля содержания метана вместо аппаратуры АМТ-3 или комплекса АКМ.

Анализатор АТВ-3 конструктивно отличается от АТЗ-1 тем, что термогруппа помещена в специальную реакционную камеру и вынесена из блока датчика в отдельный узел, который называется выносным преобразовательным блоком. Датчик и выносной преобразовательный блок соединяются гибким кабелем КГШ 6 × 1,5 (длиной до 30м).

Анализатор АТВ-3 состоит: из аппарата сигнализации АС-6; трех датчиков ДМТ-5; трех выносных преобразовательных блоков БВП-1; трех соединительных кабелей КГШ 6 × 1,5. Кроме этого, в комплект поставки анализатора входят искробезопасная сирена СИ-1, две телефонные искробезопасные трубки ТИТ-1 и насадка для проверки анализатора метановоздушной смесью.

Выносные преобразовательные блоки устанавливаются:

- при контроле местных скоплений в призабойной части тупиковых выработок – у затяжек кровли выработки на расстоянии не более 5м от забоя на стороне, противоположной вентиляционному трубопроводу;
- при контроле местных скоплений в погашаемых тупиках вентиляционных выработок – под кровлей выработки у завала или перемычки, изолирующей погашенную часть, у стенки выработки, противоположной выходу из лавы;
- при контроле слоевых скоплений – у затяжек кровли выработки в 20-30м от забоя на стороне, противоположной вентиляционному трубопроводу;
- при контроле содержания в исходящих струях очистных выработок в случае спаренных лав с общей исходящей струей воздуха или при схемах проветривания участков с подсвежением исходящей струи – в лаве на расстоянии не более 15м от окна.

Для контроля в тупиковой выработке выносные блоки первого и второго датчиков устанавливаются таким образом, чтобы они вместе с кабелем были защищены крепью со стороны забоя.

Первый датчик крепится на стенке выработки между стойками на высоте, удобной для его осмотра, в 15-20м от второго.

Второй устанавливается аналогично первому, только с тем отличием, что в первоначальном положении он может располагаться рядом с его выносным блоком (ниже выносного блока).

Выносной блок устанавливается также, как и датчики аппаратуры АМТ-3 комплекса АКМ при контроле содержания метана в исходящей струе тупиковой выработки.

В выработках выемочных участков датчики располагаются между крепью в местах, удобных для их обслуживания.

Во всех случаях выносные преобразовательные блоки должны располагаться в горизонтальном положении.

При контроле слоевых и местных скоплений газа анализатор АТВ-3 настраивается на отключение электроэнергии при объемном содержании метана в местах размещения выносных преобразовательных блоков – 2%, а при контроле содержания метана в исходящей струе воздуха 1,3%.

При проведении взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания аппаратура должна быть подключена таким образом, чтобы при снятии напряжения питания с участка анализатор АТВ-3 оставался включенным. Телеизмерение в этом случае должно выводиться на стойку СПИ-1 от датчиков, установленных в призабойной части тупиковой выработки (D_1 – не более 5м от забоя) и в исходящей струе тупиковой выработки (D_3 в 10-20м от устья выработки). От датчика D_2 передается только сигнализация.

При проверке АТВ-3 на точность показаний с помощью шахтного интерферометра ШИ-II отбор пробы воздуха необходимо производить у выносного блока. Показания ШИ-II необходимо сравнить с показаниями датчика ДМТ-5 и при необходимости произвести корректировку.

Примерные схемы размещения датчиков метана для наиболее типичных горнотехнических условий приведены на рис.2.3 – 2.10, где использованы следующие условные сокращения и обозначения:

АГК – автоматический газовый контроль;

ЦПП – центральная подземная подстанция;

 - участковая подземная подстанция УПП;

 - низковольтный коммутационный аппарат (фидерный автоматический выключатель);

 ← - стрелка с надписью указывает, на какой аппарат воздействует АКМ;

 Д - датчик метана;

 ДС – датчик скорости (воздуха);

На рис. 2.3 приведена схема оборудования участка при сплошной системе разработки пластов пологого и наклонного падения, в том числе и пластов, опасным по внезапным выбросам угля и газа. Датчики ДИИ-1, Д2-1 контролируют исходящие струи участка и лавы и при достижении уставок срабатывания отключают электропитание лавы.

Датчики ДИ-1, Д2И-2 контролируют призабойное пространство и исходящую струю тупиковой выработки и дают сигналы на отключение электрооборудования в ней. Электрооборудование лавы должно также отключаться по сигналу датчика Д2И-2, либо для этого должен быть установлен дополнительный датчик непосредственно в лаве настроенный на 0,5% и контролирующей поступающую струю. Третий датчик этого комплекта (в данной схеме не задействованный) может быть использован при необходимости контроля за образованием слоевого скопления после взрывания. Размещение этого датчика в выработке приведено на рис. 2.7. Датчик ДИ-3 предназначен для контроля за возможным загазированием штрека в месте размещения распределителя при внезапном выбросе. Он запитывается от аппарата сигнализации, располагаемого перед участковой высоковольтной ячейкой и при срабатывании отключает все питаемое от нее электрооборудование.

Приведенная схема является общим случаем. При отсутствии опережающего тупика, при разработке невыбросоопасного пласта соответствующие датчики исключаются. Схема не отличается и для столбовой системы разработки (если нет подсыхания струи).

На рис. 2.4 приведена схема оборудования участка, разрабатывающего пласт пологого или наклонного падения при столбовой системе разработки. Все датчики комплекта отключают электропитание лавы и от двух из них передается телеизмерение.

На рис. 2.5 показана расстановка аппаратуры на участке разрабатываемом пласт крутого падения на опасной по внезапным выбросам шахте. Приведен случай, когда участок работает с применением электроэнергии.

Особенностью схемы является то, что защита осуществляется отдельно для откаточного и вентиляционного горизонтов. При этом срабатывание датчиков Д2И-1, ДИ-1 (рис. 2.5) приводит к отключению электроэнергии с низковольтных аппаратов; срабатывание датчиков Д2-3, ДИ-3, ДИ-1, ДИ-2 на рис. 2.5 воздействует на отключение высоковольтных ячеек. Датчик ДИ-3 контролирует исходящую струю участка с передачей телеизмерения диспетчеру.

На рис. 2.6 показана схема, применяемая при разработке крутых, опасных по внезапным выбросам пластов с помощью щитовых агрегатов. Датчик Д2-1 устанавливается в месте нахождения электроблока конвейероструга, датчик ДИ-2 выполняет функцию защиты распределителя. На схеме не показаны другие датчики, используемые на участках, разрабатывающих крутые пласты; их размещение такое же, как на приведенной выше схеме (рис. 2.5).

На рис. 2.7 показана схема защиты для тупиковой выработки, проводимой буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания. В этом случае включение аппаратуры в сеть должно быть выполнено таким образом, чтобы при снятии напряжения с участка на время взрывания она оставалась включенной.

При других технологиях схема защиты в тупиковой выработке не отличается от приведенных выше схем, в которых тупиковая выработка примыкает к очистной.

Показанный на схеме датчик Д2-1 устанавливается также в тех случаях, когда выработка опасна по слоевым скоплениям, независимо от способа проведения.

Для системы разработки длинными столбами по простиранию при прямоточной схеме с нисходящим и восходящим проветриванием применяются схемы, представленные на рис. 2.9 и 2.10.

Отключение электроэнергии с оборудования, расположенного в лаве и на вентиляционном штреке, осуществляется каждым из трех датчиков.

Для возможности использования телеинформации при расчетах необходимого количества воздуха рекомендуется в схемах проветривания с подсвежением исходящей струи, проходящей по штреку, поддерживаемому в выработанном пространстве, дополнительно выводить телеизмерение от датчика в исходящей струе лавы.

При системе разработки длинными столбами по падению с подсвежением исходящей струи аппаратура размещается по схеме, изображенной на рис. 2.8 (для бесцеликовой выемки). Все датчики отключают электрооборудование участка кроме конвейеров.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА АНЕМОМЕТРА АПР-2 И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Контроль расхода воздуха в горных выработках является обязательным требованием действующих «Правил безопасности в угольных шахтах» /1/.

На угольных шахтах и рудниках, в депрессионных службах ГВГСС начинают внедряться для контроля средней скорости движения воздуха в горных выработках электронные анемометры АПР-2.

В связи с этим для студентов горных специальностей целесообразно включить в перечень лабораторных работ по дисциплинам «Аэрология горных предприятий» и «Рудничная вентиляция» изучение устройства и методики применения электронного анемометра АПР-2.

3.1 Назначение и техническая характеристика

Анемометр переносной рудничный АПР-2 /4/ предназначен для измерения средней скорости воздушного потока в шахтах и рудниках всех категорий по газу в диапазоне от 0,2 до 20 м/с. Погрешность измерения скорости воздушного потока, м/с, не более $\pm (0,1 + 0,05 V)$.

Анемометр определяет среднее значение скорости воздушного потока за интервал времени в диапазоне от 10 до 999 с. Текущее значение длительности интервала измерения в секундах непрерывно индицируется на цифровом индикаторе анемометра в процессе проведения замера.

Анемометр позволяет также вычислить средневзвешенное значение скорости воздушного потока ряда последовательно выполненных замеров. Информация об отдельных замерах накапливается в памяти анемометра до завершения измерения и используется для вычисления результата. При этом длительность отдельных замеров может быть произвольной. Результат хранится в памяти прибора после его выключения до начала следующей серии замеров и может быть в любой момент выведен на индикатор.

Анемометр инициирует снижение напряжения батареи питания при ее разряде ниже установленной нормы.

Анемометр питается от четырех элементов типа А316, обеспечивающих его непрерывную работу в течение не менее 750 часов.

Количество последовательно произведенных замеров скорости, допускающее вычисление их среднего значения, не более 6.

Габаритные размеры, мм:

с выдвинутой штангой – 500 x 70 x 50;

с убранной в корпус преобразователем – 310 x 70 x 55.

Масса анемометра, не более 0,6 кг.

3.2 Устройство и принцип действия

Анемометр состоит из двух блоков: первичного преобразователя 6 и измерительного блока 3 (Рис.3.1).

Для каждого экземпляра первичного преобразователя определяется его индивидуальная градуировочная характеристика. Коэффициенты этой характеристики кодируются двухразрядным кодом, который записывается в формуляр и наносится на корпус преобразователя. Символами кода в каждом разряде являются десять цифр от 0 до 9 и шесть букв латинского алфавита А, В, С, d, Е, F.

С помощью органов управления код вводится в электронный блок и автоматически используется при вычислении результатов измерения средней скорости воздуха.

Первичный преобразователь размещен в корпусе из ударопрочной пластмассы. В цилиндрической части корпуса установлена шестилопастная крыльчатка из алюминиевого сплава с плоскими лопастями, закрученными на угол 45 градусов. Она посажена на ось, опоры которой выполнены из агата и вмонтированы в латунные подпятники, расположенные на геометрической оси цилиндрической части корпуса. В основании корпуса закреплена катушка индуктивности, намотанная на кольцевом ферритовом сердечнике.

Первичный преобразователь с помощью унифицированного штыревого разъёма -11 соединяется с выдвижной штангой -7 и крепится к ней накидной гайкой -8.

Выдвижная штанга -7 выполнена из тонкостенной трубы. В ней размещен спиральный проводник, соединяющий с помощью разъема -12 первичный преобразователь с измерительным блоком -3 анемометра.

В корпусе измерительного блока из ударопрочной пластмассы размещены электронная схема, источник питания, кнопки управления -1 (левая) и -2 (правая) на лицевой панели измерительного блока и выдвижная штанга -7. В нерабочем положении анемометра первичный преобразователь вдвигается в специальную нишу корпуса, что надежно предохраняет его от повреждения. В верхней части крышки корпуса расположено смотровое окошко, предназначенное для наблюдения за показаниями индикатора -4. В ручке корпуса расположен отсек питания, который закрывается крышкой с винтом -9. Электронная схема смонтирована на плате.

Удлинитель выдвижной штанги -10 изготовлен из тонкостенной трубы, на концах которой вмонтированы разъёмы -11, 12. Соединение удлинителя с измерительным блоком и первичным преобразователем осуществляется с помощью резьбовой втулки -13 и накидной гайки -14.

Анемометр имеет две кнопки для управления: левую – 1 и правую –2. Левая кнопка – с фиксацией, служит для включения и выключения питания анемометра. Правая кнопка – без фиксации, служит для управления режимами работы анемометра.

Электронная схема анемометра содержит:

узел формирования входного сигнала;

узел микроконтролера;

узел контроля напряжения источника питания.

Узел формирования входного сигнала содержит автогенератор, колебательный контур которого включает в себя катушку индуктивности, расположенную в основании пластмассового корпуса первичного преобразователя.

Узел микроконтролера выполняет следующие функции:

ввод и хранение градуировочного кода и его контроль в период эксплуатации;

контроль состояния вращения крыльчатки, определение длительности интервала измерений;

вычисление и индикацию средней за интервал измерения скорости воздушного потока и др.

Узел контроля напряжения источника питания выдает сигнал о снижении напряжения батареи элементов питания ниже установленной нормы вследствие ее разрядки в процессе эксплуатации или хранения.

Рис.3.1 Анемометр АПР-2. Основные функциональные элементы: 1,2 – кнопки управления; 3 – измерительный блок; 4 – индикатор; 5 – вывод контрольной точки; 6 – первичный преобразователь; 7 – выдвижная штанга; 8 – накидная гайка; 9 – винт; 10 – удлинитель; 11, 12 – разъемы; 13 – резьбовая втулка; 14 – накидная гайка.

Работа анемометра основана на тахометрическом принципе преобразования скорости воздушного потока в частоту электрического сигнала с помощью

металлической крыльчатки, угловая скорость вращения которой линейно зависит от скорости набегающего воздушного потока. При этом ее лопасти пересекают магнитное поле катушки индуктивности и вносят в нее активные потери, что используется для формирования последовательности импульсов напряжения, частота следования которых также линейно связана со скоростью воздушного потока.

Средняя скорость воздушного потока автоматически вычисляется как частное от деления суммы числа импульсов напряжения первичного преобразователя, образованной за время измерения, на сумму числа импульсов тактового генератора, являющегося числовым выражением длительности измерительного интервала.

Начало и окончание каждого измерения задаются оператором кратковременными нажатиями на кнопку управления 2. Длительность интервала измерения может быть произвольной в диапазоне от 10 до 999 с.

На лицевой панели измерительного блока нанесена следующая маркировка: знак утверждения типа анемометра; наименование организации – изготовителя; диапазон и единица измерения; порядковый номер по системе нумерации изготовителя; год изготовления; уровень и вид взрывозащиты; номер сертификата МакНИИ; степень защиты корпуса от воздействия внешней среды; параметры взрывобезопасности источника питания; порядок укладки элементов питания.

На лицевой стороне корпуса первичного преобразователя нанесен градуировочный код, на тыльной стороне – порядковый номер по системе нумерации изготовителя.

3.3 Порядок работы

Измерение скорости воздушного потока производится в следующем порядке:

1. Включите анемометр левой кнопкой 1. На индикаторе должна появиться надпись U1.

2. Выдвиньте первичный преобразователь из корпуса анемометра до упора и внесите его в контролируемый воздушный поток. Нажмите и отпустите правую кнопку. Момент отпускания правой кнопки соответствует началу интервала измерения. При этом начинает индицироваться текущее время с начала замера в секундах.

При необходимости получения средней по сечению горной выработки скорости движения воздуха перемещайте крыльчатку анемометра АПР-2 аналогично как при измерении механическими анемометрами (например, АСО-3, МС 13).

3. Для окончания замера нажмите и удерживайте правую кнопку. При этом индицируется длительность интервала измерения в секундах. Отпустите правую кнопку – на индикаторе анемометра появится результат измерения скорости воздушного потока. Его значение следует умножить на поправочный коэффициент (как и при измерении средней скорости механическим анемометром),

учитывающий способ измерения («перед собой», «в сечении»). Если анемометр используется с удлинителем штанги, то поправочный коэффициент равен 1.

4. Выключите анемометр левой кнопкой.

Выполнение ряда последовательных замеров скорости воздушного потока (обычно трех) с вычислением ее среднего значения производится в следующем порядке:

5. Выполните первый замер в соответствии с пп 1,2,3.

6. Не выключая анемометр, нажмите и удерживайте правую кнопку. На индикаторе появится надпись U2. Момент отпускания правой кнопки соответствует началу второго интервала времени измерения.

7. Для окончания второго замера нажмите и удерживайте правую кнопку. При этом индицируется длительность второго интервала измерения в секундах. Отпустите правую кнопку – на индикаторе анемометра появится результат второго замера.

8. Выполните необходимое количество замеров скорости воздушного потока, последовательно повторяя действия пп 6,7. На индикаторе вместо надписи U2 должны появиться соответственно надписи U3, U4 и т.д.

9. Выключите анемометр левой кнопкой и сразу же нажмите и удерживайте правую кнопку. На индикаторе появится среднее значение скорости ряда произведенных замеров. Отпустите правую кнопку, после чего должна индицироваться надпись о количестве произведенных замеров. Например, если было произведено три замера, то появится надпись Uс3. Умножив значение скорости на поправочный коэффициент, получим среднюю скорость движения воздушного потока с учетом способа ее измерения.

Содержание отчета

В отчете по данной лабораторной работе должны быть освещены кратко следующие вопросы:

- назначение прибора и основные параметры его технической характеристики;
- устройство и принцип действия анемометра;
- порядок работы с прибором;
- результаты измерений средней скорости движения воздушного потока в выработке и определения расхода воздуха.

Результаты измерений средней скорости движения воздуха			Средняя скорость воздуха, м/с	Сечение выработки, м ²	Расход воздуха М ³ /с
1-й замер	2-й замер	3-й замер			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ТРУБОПРОВОДАХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО РАСХОДА

4.1 Общие положения-

Оптимальные параметры работы обеспыливающих и пылеулавливающих установок и вытяжной вентиляции производственных помещений обогатительных фабрик находятся в прямой зависимости от скорости движения и расхода перемещаемого воздуха. Поэтому контроль значений средней скорости движения и расхода воздуха, по существу, основное мероприятие, обеспечивающее их правильную эксплуатацию. В угольных шахтах контроль расхода воздуха в трубопроводах необходим для определения подачи вентиляторов местного проветривания проходимых тупиковых выработок, а также вентиляторов, используемых для отсоса метановоздушной смеси из выработанных пространств.

Средняя скорость движения воздуха в воздуховодах и его расход могут быть определены с помощью пневмометрических трубок Пито в комплексе с U-образным манометром или микроманометром. Пневмометрические трубки Пито применяют для периодического измерения скорости потока в пределах 4 – 70 м/с. Трубкой Пито в комплексе с U-образным манометром рекомендуется измерять скорости не ниже 7-8 м/с, а в комплексе с микроманометром – не ниже 4 м/с. Для постоянного контроля расхода воздуха в воздухопроводах возможно использование дроссельных устройств в виде диафрагм и сопел.

4.2 Определение средней скорости движения и расхода воздуха в воздухопроводе с помощью пневмометрической трубки Пито.

4.2.1 Теоретические положения

Скорость движения воздуха V_1 (м/с) и его динамическое давление P_∂ (Па) связаны зависимостью

$$P_\partial = \frac{\rho \cdot V_1^2}{2}, \quad (4.1)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Из выражения (1) следует

$$V_1 = \sqrt{\frac{2P_\partial}{\rho}} \quad (4.2)$$

Плотность воздуха определяют по формуле:

$$\rho = 0,00348 \frac{P}{T} \left(1 - 0,372 \frac{P_m \varphi}{100P} \right) \quad (4.3)$$

где P – давление воздуха, Па;

T – абсолютная температура, К ; $T= 273 + t_c$; (здесь t_c – температура воздуха по сухому термометру, С).

$P_{\text{нп}}$ – парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре t_c , Па; принимается по специальной таблице;

φ - относительная влажность воздуха в воздухопроводе; %, определяется с помощью психрометра.

При измерении динамического давления U – образным манометром, залитым водой, P_d (Па) определяют по выражению:

$$P_d = 9,81 (l_n - l_k), \quad (4.4)$$

где l_n l_k - показания соответственно по правой и левой трубкам U – образного манометра, мм.

При использовании для измерения динамического давления микроманометра P_d определяют по формуле:

$$P_d = 9,81 l_m K П, \quad (4.5)$$

где l_m показание микроманометра (длина столбика спирта в измерительной трубке), мм.

K – коэффициент, учитывающий угол наклона измерительной трубки и плотность спирта в приборе, указан на дуге микроманометра;

$П$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменение плотности спирта в зависимости от его крепости и температуры; принимается по таблице, прилагаемой к микроманометру.

Скорость воздушного потока в разных точках сечения воздухопроводов – величина непостоянная, следовательно, и измерения, произведенные в одной точке, не отражают действительных значений средней скорости. Поэтому для получения среднего значения скорости воздуха в воздуховодах их сечения разбивают на равновеликие площади, в точках которых (соответствующих центрам их тяжести) измеряют динамическое давление.

Воздуховоды четырехугольного или квадратного сечения разбивают через 5-100 мм во взаимно перпендикулярных сечениях. В центрах полученных четырехугольников или квадратов, передвигая пневмометрическую трубку, осуществляют измерения.

Круглые воздухопроводы разбивают на концентрические равновеликие по площади кольца, в центрах тяжести которых измеряют скорости движения воздуха.

В зависимости от диаметра воздухопровода (d) рекомендуется принимать следующее число колец (таблица 4.1)

Таблица 4.1

D, мм	До 200	200-400	400-600	600-800	800-1000	> 1000
Число колец	3	44	5	6	8	10

Расстояния от точек измерения до центра воздуховода определяют по формуле

$$R_1 = R \sqrt{\frac{2n-1}{2k}} \quad (4.6)$$

где R – радиус воздуховода, мм; n – порядковый номер кольца от центра воздуховода; K – число колец.

Для облегчения расчетов в таблице приведены расстояния точек измерения от центра, выраженные в долях искомого радиуса воздуховода.

Таблица 4.2 Расстояния точек измерения от центра, в долях R

Число колец									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,707	0,500	0,408	0,354	0,316	0,290	0,267	0,250	0,236	0,224
	0,886	0,707	0,612	0,543	0,500	0,466	0,433	0,406	0,388
		0,914	0,790	0,707	0,646	0,595	0,559	0,523	0,500
			0,936	0,836	0,764	0,707	0,661	0,624	0,592
				0,949	0,866	0,805	0,752	0,707	0,671
					0,957	0,855	0,829	0,782	0,741
						0,964	0,902	0,851	0,805
							0,968	0,914	0,866
								0,972	0,922
									0,975

Кроме точек равновеликих площадей скорость потока измеряют в центре воздуховода. В прямых воздуховодах постоянного сечения диаметром до 300-400 мм измерения осуществляют по одному диаметру. В воздуховодах больших диаметров скорость измеряют по двум взаимно перпендикулярным диаметрам – на прямых участках на расстоянии не менее 4-5 диаметров после местных сопротивлений и до 1,5-2 диаметров до местных сопротивлений. В случае невозможности выдержать данные расстояния необходимо увеличивать число точек и число определений.

Для установления среднего значения скорости в сечении воздуховода рекомендуется пользоваться одновременно двумя пневмометрическими трубками. Из которых одной измеряется осевая скорость, а другая перемещается по точкам равновеликих площадей. Средняя скорость потока определяется с учетом значений скорости в каждой точке замера по выражению (4.7), а расход воздуха Q_m (м³/с) в воздухопроводе по формуле (4.8)

$$V_{cp.m} = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_m) / m; \quad (4.7)$$

$$Q_m = V_{cp.m} S_1, \quad (4.8)$$

где m - число точек замера; S_m - площадь сечения трубы, m^2 . Перед местом замера прямолинейного участка достаточной длины среднюю скорость движения воздуха в воздухопроводе можно найти в результате однократного измерения динамического давления в точке, расположенной на расстоянии $(0,235 - 0,24) R$ от внутренней стенки трубы.

4.2.2 Устройство лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на опытной установке (рис.4.1), состоящей из центробежного вентилятора, работающего на всасывание, воздухопровода диаметром $d = \dots$ мм, микроманометра типа ММН – 250, пневмометрической трубки Пито, подсоединяемой к микроманометру с помощью резиновых трубок.

Микроманометр (рис.4.2а) состоит из резервуара 4, укрепленного на металлической плите 7. Сверху резервуар герметически закрыт крышкой, на которой смонтирован трехходовой кран 1, регулятор нулевого положения 2 и расположено отверстие с пробкой 3 для заливки спирта. Слив спирта производится через сливной кран.

Для установки микроманометра в горизонтальное положение на плите 7 имеются два уровня 8.

К плите 7 шарнирно крепится кронштейн с измерительной трубкой 6, нижняя часть которой с помощью эластичной резиновой трубки сообщается с резервуаром 4.

Измерительная трубка может быть установлена на требуемый угол наклона, для чего к плите прикреплена дуга 5, имеющая пять отверстий с цифрами (0,2; 0,3; 0,4; 0,6 и 0,8), обозначающими постоянный множитель прибора $K = p_{cn} \sin a_m$ (p_{cn} - плотность спирта; a_m - угол наклона трубки). Длина измерительной трубки – 250 мм и каждое деление соответствует 1 мм. Трехходовой кран (рис.4.2б) имеет три штуцера. Штуцер 1 помечен знаком «+», штуцер 2 – знаком «-». К штуцеру 3 подсоединен с помощью резиновой трубки верхний конец измерительной трубки 6 (рис. 4.2а). Трехходовой кран может быть поставлен в нулевое (рукоятка крана повернута против часовой стрелки до отказа) и рабочее (рукоятка повернута по часовой стрелке до отказа) положения (рис.4.2б).

В первом положении, используемом для контроля нуля прибора, резервуар и измерительная трубка сообщаются с атмосферой, а отверстия к штуцерам 2 и 1 перекрываются. Во втором положении крана, используемом при замерах, штуцер 1 (на микроманометре обозначен знаком «+») – через выемку в теле крана и штуцер 3 посредством резиновой трубки – с верхним концом измерительной трубки. При этом ведущее в атмосферу отверстие 0 перекрывается.

Пневмометрическая трубка Пито (рис.4.2е) состоит из рабочей части – наконечника 1, державки 2 и двух штуцеров 3 («+» и «-») для подсоединения ее к микроманометру при замерах. Цилиндрический наконечник имеет осевой канал,

который соединен со штуцером полного давления P_n (« + »), и кольцевую прорезь, соединенную другим каналом со штуцером статического давления $P_{ст}$ (« - »). Тогда динамическое давление $P_d = P_n - P_{ст}$

4.2.3 Порядок выполнения работы

Сначала измеряют внутренний диаметр воздухопровода, рисуют сечение его в масштабе (например 1 : 5; 1 : 10; 1 : 25) на миллиметровой бумаге и разбивают его на «К» равновеликих по площади колец (площадок) в соответствии с рекомендациями таблицы 4.1. Затем с учетом полученных по формуле (4.6) или с учетом рекомендаций таблицы 4.2 «Расстояний от центра трубы до точек замера динамического давления» нумеруют их в направлении от центра воздухопровода к его стенкам по горизонтальному или вертикальному диаметру. При этом присваивается порядковый номер также точке в центре трубы (обозначают буквой «С»).

После произведенных расчетов и обозначения номеров точек замера определяют расстояния от центра трубы до каждой точки замера по диаметру воздухопровода. Номера точек замера и расстояния до них от центра трубы указывают на ее сечении.

Затем производится подготовка приборов. Микроманометр с помощью опор устанавливают в горизонтальном положении по уровням. Рукоятку трехходового крана поворачивают против часовой стрелки в положение для контроля нуля. Измерительную трубку закрепляют в положении $K = 0,8$. При помощи регулятора нулевого положения мениск спирта в измерительной трубке устанавливают на нулевой риске шкалы. При необходимости доливают или уменьшают количество спирта в резервуаре микроманометра. После установки нуля рукоятку трехходового крана поворачивают по часовой стрелке в рабочее положение. Для повышения точности отсчета показаний микроманометра измерительную трубку из положения $K = 0,8$ переводят в положение с возможно меньшим углом наклона, при котором длина столбика спирта во время измерения динамического давления не превысит длины измерительной трубки.

Пневмометрическую трубку Пито вводят в воздухопровод через специальное отверстие (рис.1). Трубку располагают последовательно в каждой точке замера наконечником навстречу потоку и закрепляют ее зажимами.

Для замера динамического давления воздушного потока штуцеры пневмометрической трубки Пито (« + » и «- ») подсоединяют гибкими резиновыми (или пластмассовыми) шлангами с внутренним диаметром 2-5 мм к соответствующим штуцерам («+» и «-») дифференциального микроманометра (рис.4.1).

Одновременно измеряют давление воздуха с помощью барометра-анероида P (Па), температуру и относительную влажность воздуха с помощью аспирационного психрометра.

Результаты измерений по микроманометру и с помощью барометра-анероида и психрометра заносят в таблицу, форма которой дана в описании содержания отчета.

Вычисления значений P_{∂} , V_1 , V_{cp} и Q ведутся соответственно по выражениям (4.5), (4.2), (4.7) и (4.8).

4.3 Определение средней скорости движения и расхода воздуха анемометрами

С помощью анемометра (АПР-2) можно определить среднюю скорость движения воздуха в выходном сечении пирамидального диффузора центробежного отсасывающего вентилятора.

Лабораторная установка состоит из вентилятора с пирамидальным диффузором (рис.4.3) и всасывающего трубопровода. Измерение средней скорости движения воздуха в выходном сечении пирамидального диффузора производится «десятичным» способом (путь движения крыльчатки анемометра показан на рис.4.3 штриховой линией со стрелками).

Порядок работы с анемометром АПР-2 описан в лабораторной работе 3.

Для повышения точности измерений их необходимо произвести три раза, по результатам которых находится среднеарифметическое значение средней скорости движения воздуха в сечении пирамидального диффузора. Фактический расход воздуха при этом находят по формуле

$$Q_{\partial} = V_{cp \partial} S \quad (4.9)$$

где Q_{∂} – расход воздуха в выходном сечении пирамидального диффузора вентилятора, м³/с; $V_{cp \partial}$ – средняя скорость движения воздуха в сечении диффузора, м/с; S_{∂} – площадь поперечного сечения пирамидального диффузора в плоскости замера, м², определяется по выражению

$$S_{\partial} = ah, \quad (4.10)$$

где a – ширина сечения диффузора, м, h – высота сечения диффузора, м.

Результаты измерений с помощью анемометра в выходном сечении диффузора вентилятора заносят в таблицу, форма которой приведена в описании содержания отчета по лабораторной работе.

Подсосы воздуха в системе воздухоотсоса могут быть (при условии достаточной точности замеров) определены по зависимости

$$Q_n = Q_{\partial} - Q_m \quad (4.11)$$

где Q_n – подсосы воздуха через неплотности, м³/с.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель лабораторной работы и ее название,
- способы определения средней скорости движения и расхода воздуха в воздухопроводе, а также подсосов воздуха в системе воздухоотсоса;
- теоретические положения, на которых базируется определение средней скорости движения и расхода воздуха в воздухопроводе при использовании для замеров микроманометра в комплекте с пневмометрической трубкой Пито;
- устройство лабораторной установки для определения средней скорости движения воздуха в воздухопроводе, изобразить схему установки;
- порядок выполнения работы при измерении динамических давлений воздуха в точках замера,
- протокол измерений скорости движения воздуха в трубе и определения расхода воздуха (таблицы)

Показания		Относительная влажность воздуха $\varphi, \%$	Плотность воздуха $\rho, \text{кг/м}^3$	Коэффициент «К» для микроманометра	Диаметр воздухопровода $d, \text{м}$.	Сечение трубы с указанием номеров точек замера, площадь сечения $S, \text{м}^2$	
Барометра $P, \text{Па}$	Психрометра, $^{\circ}\text{C}$						
	t_c t_q						
Измеряемая величина		Точки замера					Средняя скорость воздуха $V_{\text{ср м}}, \text{м/с}$
1. Расстояние от центра трубы до точки замера							
2. Показание микроманометра l_m							
3. Динамическое давление в точке замера $P_d \text{ Па}$							
4. Скорость воздуха в точке замера $V_l \text{ м/с}$							

-схема пирамидального диффузора вентилятора и замерного сечения для определения средней скорости воздуха в нем с указанием пути перемещения вертушки анемометра,

протокол измерений средней скорости движения и расхода воздуха в сечении диффузора вентилятора, подсосов воздуха в воздухопроводе (таблица)

Размеры выходного сечения диффузора: $a = \text{м}$, $h = \text{м}$; $S_g = \text{м}^2$			
Измеряемая величина	Номера замеров		
	1	2	3
Средняя скорость движения воздуха при каждом замере $V_{\text{ср. } \partial} \text{ м/с}$			

$V_{\text{ср. } \partial} = \text{м/с}$; $Q_{\partial} = \text{м}^3 / \text{с}$; $Q_n = \text{м}^3 / \text{с}$

Лабораторную работу выполнил

Отчет по лабораторной работе принял.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА «АЭРА»

5.1 Общие положения

В угольных шахтах при производственных процессах, сопровождающихся образованием или выделением пыли, должен осуществляться контроль ее концентрации в соответствии с «Инструкцией по замеру концентрации пыли в шахтах и учету пылевых нагрузок» к «Правилам безопасности в угольных шахтах» /1,2/.

Отбор проб воздуха на предприятиях по обогащению и брикетированию угля для анализа на запыленность в зоне пребывания обслуживающего персонала должен производиться при работе оборудования и установившемся технологическом режиме в соответствии с «Типовым положением об организации контроля за соблюдением пылегазового режима на предприятии», являющемся составной частью «Правил безопасности на предприятиях по обогащению и брикетированию углей /3/».

Концентрация пыли в воздухе горных предприятий (запыленность воздуха) измеряется в миллиграммах массы пыли в кубическом метре воздуха (мг/м^3). На угольных шахтах в зависимости от цели измерения определяются максимально разовая (оперативный пылевой контроль) или среднесменная (периодический

пылевой контроль) концентрация всей витающей пыли в воздухе горных выработок.

Значения среднесменной концентрации пыли используются для оценки условий труда по пылевому фактору и учета пылевых нагрузок на рабочих. Значения максимально разовой концентрации пыли используется для оценки эффективности обеспыливающих мероприятий.

Замеры концентрации пыли в шахтах производятся аспирационными приборами (пробонаборниками) эпизодического действия или переносными пылемерами, допущенными для применения в угольных шахтах.

Для периодического пылевого контроля в шахтах можно применять индивидуальные пробонаборники.

Содержание пыли в воздухе производственных помещений обогатительных и брикетных фабрик контролируется с помощью аспирационных приборов.

5.2 Назначение, принцип действия и устройство

5.2.1 Назначение прибора

Аспиратор эжекторный рудничный автоматический «АЭРА» предназначен для отбора проб воздуха с целью последующего определения запыленности воздуха весовым методом.

5.2.2 Принцип действия и устройство

Действие прибора основано на просасывании требуемого объема запыленного воздуха с заданной скоростью через фильтр пылевого патрона с помощью эжекторного устройства, которое приводится в действие сжатым воздухом, находящимся в стальном баллоне прибора (1).

Прибор «АЭРА» (рис.5.1) состоит из баллона для сжатого воздуха – 1, снабженного вентилем – 2; редуктора – 4 с предохранительным клапаном – 5, перекрывного клапана – 7 и эжектора – 8 с трубкой Вентури 14; автоматического регулятора объема отсасываемого воздуха – 10, пылевого патрона (аллонжа) – 9. Для контроля давления сжатого воздуха используется манометр – 6 а для учета продолжительности просасывания воздуха через пылевой патрон (аллонж) используется секундомер – 16.

Принципиальная схема прибора показана на рис.5.1. Сжатый воздух из баллона –1 через соединительный штуцер – 3 при открытии вентиля – 2 поступает в редуктор – 4, где давление воздуха снижается до 0,7 Мпа (7 кгс/см²). Редуктор имеет предохранительный клапан – 5, отрегулированный до 10-12 Мпа (100-120 кгс/см²). Давление воздуха в баллоне контролируется манометром – 6. Из редуктора воздуха через перекрывной клапан – 7 поступает в эжектор –8, который осуществляет просасывание запыленного воздуха через пылевой патрон (аллонж)- 9 и автоматический регулятор объемного расхода воздуха – 10. Одновременно с подачей воздуха в эжектор включается секундомер –16, который фиксирует время отбора проб.

Автоматический регулятор потока – 10 предназначен для того, чтобы поддерживать постоянной величину объемного расхода воздуха (20 л/мин) независимо от изменения аэродинамического сопротивления пылевого патрона (аллонжа) – 9, а также от давления перед его соплом. Автоматический регулятор – 10 состоит из корпуса, клапана – 11, мембраны – 12, регулирующей пружины – 13 и регулирующей головки. К автоматическому регулятору подсоединяется трубка Вентури – 14 с эжектором – 8.

Принцип действия регулятора заключается в том, что при некотором увеличении (уменьшении) расхода воздуха относительно его номинального значения (20 л/мин) перепад давления в трубке Вентури увеличивается (уменьшается) и сдвигает мембрану – 12 и клапан- 11 вверх (вниз), уменьшая (увеличивая) тем самым проходное сечение для потока воздуха и возвращая его расход к номинальному значению.

Эжектор – 8 предназначен для просасывания через пылевой патрон (аллонж) – 9 воздуха. Трубка Вентури служит для создания перепада давления воздуха по обе стороны мембраны – 12 в регуляторе расхода воздуха. Всасывающая камера эжектора – 8 подсоединяется к трубке Вентури.

Стальной двухлитровый баллон – 1 имеет вентиль – 2. Подсоединяется к системе прибора при помощи накидной гайки с самоуплотняющейся прокладкой. Баллон наполняется воздухом, сжатым до давления 20 Мпа (200 кгс/см²).

Манометр-6 на 30 Мпа (300 кгс/см²) показывает давление воздуха в баллоне

Шланг резиновый длиной до 1,5 м служит для присоединения патрона (аллонжа) к системе прибора.

Прибор «АЭРА» смонтирован в дюралюминиевом футляре. Для переноски он снабжен ручкой, а для пользования при отборе проб – нашейным ремнем.

Пыль из просасываемого через систему прибора осаждается на фильтре, помещаемом в пылевом патроне или аллонже. Аллонжи (8 шт.) размещаются на крышке футляра и закрываются предохранительным щитком.

Для снаряжения пылевых патронов широко применяют тканевые фильтры АФА-ВП-20 или АФА-ВП-10, изготавливаемые из материала ФПП-15. Фильтры имеют высокую эффективность пылезадержания, гидрофобны, не разрушаются кислотами, щелочами и отличаются небольшим аэродинамическим сопротивлением (15-20 Па при расходе 1 л/с через площадь в 1 см²). При отборе проб пыли они устанавливаются в специальный патрон, сделанный из антикоррозийного материала (рис.5.2).

Фильтры АФА-ВП-20 закрепляют в патроне специальной пружинной гайкой, а АФА – ВП-10 – кассетой.

Стеклянные аллонжи заправляют фильтром из медицинской гигроскопической ваты (рис.5.3).

5.2.3 Техническая характеристика

1. Объемный расход просасываемого через аллонж или пылевой патрон – 20 л/мин
2. Запас сжатого воздуха в баллоне при давлении 20 Мпа (200 кгс/см²) – 400 л
3. Количество фильтров к прибору – 100 шт., аллонжей – 8 шт.
4. Габаритные размеры – 410 x 25 x 130 мм
5. Масса прибора в снаряженном виде – 7,6 кг.
6. Коэффициент эжекции не ниже 5.

5.3. Подготовка прибора к отбору проб

Перед отбором проб прибор АЭРА приводят в состояние готовности, которое заключается в следующем.

1. Запасной баллон наполняют сжатым воздухом до давления 20 Мпа (200 кгс/см²) и устанавливают в прибор на место опорожненного. Замену баллонов производят так: откручивают самоуплотняющееся соединение рукой и взамен снятого баллона укладывают наполненный и плотно затягивают гайку.

2. Проверяют герметичность системы высокого давления. Для этого нужно поставить ручку переключателя в положение «выключено» и открыть вентиль баллона, что приведет к заполнению системы сжатым воздухом. Заметив по манометру величину давления в баллоне, закрывают вентиль. Если наблюдение (в течение 60 с) покажет, что давление по манометру осталось неизменным или снизилось не более чем на 5 Мпа (50 кгс/см²), то система считается герметичной. В противном случае необходимо отыскать место утечки воздуха, герметизировать его и повторить проверку. После этого выпускают сжатый воздух из системы прибора, для чего ручку переключателя переводят на некоторое время в положение «включено» и возвращают в первоначальное положение («выключено»).

3. Заводят секундомер, включают его и через некоторое время выключают. После этого, не сбрасывая стрелки секундомера на «ноль», укладывают секундомер в гнездо. При этом ручка переключателя должна находиться в положении «выключено».

4. Пылевой патрон с фильтрами и аллонжи, предварительно взвешенные (фильтры и аллонжи) каждый в отдельности, укладывают вместе с резиновым шлангом в корпус футляра. При этом аллонжи укладывают в зажимы крышки в снаряженном виде.

5. Закрывают крышку прибора и замыкают ее на замки. В случае, если общее количество проб, которое необходимо отобрать за одну смену, требует прососа более 2000 литров воздуха, берется один или несколько запасных баллонов со сжатым воздухом и дополнительно необходимое количество аллонжей в кассетах или ящиках. Кроме прибора АЭРА, пробонаборщик берет с собой зажим для аллонжей.

Рис. 5.1 – Автоматический эжекторный рудничный aspirator АЭРА:
1 – баллон для сжатого воздуха; 2 – вентиль; 3 – соединительный штуцер;
4 – редуктор; 5 – предохранительный клапан; 6 – манометр; 7, 11 – клапаны;
8 – эжектор; 9 – патрон; 10 – регулятор объема отсасываемого воздуха;
12 – мембрана; 13 – регулирующая пружина; 14 – трубка Вентури;
15 – переключающие кулачки; 16 – секундомер.

Рис. 5.2 – Фильтродержатель:

1 – корпус; 2 – фильтр; 3 – гайка; 4 – штуцер корпуса.

Рис. 5.3 – Аллонж:

1 – корпус; 2 – фильтр из ваты; 3 – сетка.

Рис. 5.4 – Схема установки для проверки аллонжа:

1 - АЭРА; 2 – трубка; 3 – манометр; 4 – аллонж.

5.4. Подготовка фильтров к набору проб пыли

При использовании фильтров АФА-ВП-10 или АФА-ВП-20 проводят их подготовку следующим образом /6/.

Фильтры нумеруют и взвешивают на аналитических весах с погрешностью $\pm 0,0001$ г, предварительно выдержав их в упаковке не менее 20 мин.

Массу фильтрующего элемента определяют в следующей последовательности. Фильтр с защитными кольцами и пакетиком из кальки извлекают из бумажной кассеты (при этом с последней снимают стягивающее резиновое кольцо), разворачивают пакетик, раскрывают половинки защитных колец и с помощью пинцета устанавливают фильтрующий элемент на середину чашки весов. Фильтр не должен выступать за края чашки весов. Несоблюдение этого правила, ввиду наличия на фильтре статического заряда, может привести к грубым погрешностям при определении массы.

Фильтры АФА-ВП-20 перед взвешиванием рекомендуется сложить пинцетом вчетверо.

Взвешенные фильтры с помощью пинцета осторожно распрямляют, вкладывают в защитные кольца и помещают в пакетик из кальки.

Номер каждого фильтра записывают на выступающей части защитных колец, полученную массу с точностью до четвертого десятичного знака заносят в журнал.

К месту отбора проб фильтры доставляют в бумажных кассетах, обтянутых резиновыми кольцами.

При подготовке к выполнению измерений с использованием ватных фильтров необходимо подготовить аллонжи к работе следующим образом /5/.

Стеклянные аллонжи перед снаряжением сначала промыть хромовой смесью, а затем несколько раз дистиллированной водой, высушить, протереть спиртом и пронумеровать.

Собрать аллонжи согласно рис.5.3. Для этого на внутреннем кольцевом выступе аллонжа помещают сетку-кружок диаметром 20 – 23 мм, а затем поверх сетки – гигроскопическую вату массой около 0,5 г. Перед заполнением аллонжей ватой необходимо руки тщательно вымыть водой с мылом и протереть спиртом. Вату предварительно слегка «расплющивают» и вкладывают в несколько приемов, располагая волокна кольцеобразно и по возможности равномерно, чтобы не было зазоров и каналов, по которым могла проскочить пыль. Высота фильтрующего слоя должна быть в пределах 30 – 50 мм.

По схеме, представленной на рис. 5.4, проверяют плотность набивки каждого заполненного аллонжа в отдельности. Плотность набивки заполненного ватой аллонжа должна быть такой, чтобы при расходе воздуха 15 – 20 дм³/мин давление за фильтром было равно 0,98 – 1,03 кПа(100 – 105 мм вод. ст.). В качестве побудителя расхода используют АЭРА, плотность набивки контролируют жидкостным микроманометром.

Если плотность набивки больше или меньше заданной величины, то фильтрующий слой необходимо «разрыхлить» или уплотнить, и проверку плотности набивки произвести повторно.

Аллонжи сушат до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре $(105 \pm 2^{\circ})$, а резиновые заглушки помещают в отдельную коробочку.

Через 6 ч каждый аллонж переносят в эксикатор в течение 2 ч, после чего их взвешивают открытыми на аналитических весах с погрешностью $\pm 0,0001$ г. Результаты взвешивания заносят в журнал.

После взвешивания аллонжи помещают в сушильный шкаф на 2 – 2,5 часа, затем охлаждают в том же эксикаторе и взвешивают на тех же весах. Разность между данными первого и второго взвешивания не должна превышать 0,0002 г. При необходимости отдельные аллонжи подвергают еще одной контрольной проверке. Если и в этом случае постоянство массы не будет достигнуто, аллонжи перезаряжают. Результаты взвешивания заносят в журнал. Закрытые аллонжи хранят в специальных ящиках, в которых их транспортируют к месту отбора проб воздуха.

Объем аспирируемого воздуха и выбор фильтра зависит от предполагаемой концентрации пыли и определяется, по существу, необходимостью накопления на фильтре такого количества пыли, которое достаточно для надежного взвешивания с погрешностью $\pm 0,0001$ г и не превышает пылеемкости применяемого фильтра.

В каждой точке отбирают не менее двух параллельных проб, фиксируя при этом температуру в месте отбора проб и атмосферное давление.

При концентрации пыли в шахтном воздухе до $500 - 600 \text{ мг/м}^3$ рекомендуется при отборе проб применять фильтры АФА-ВП-10 (АФА-ВП-20) с фильтродержателем (рис.5.2).

При концентрации пыли в шахтном воздухе более 600 мг/м^3 рекомендуется при отборе проб применять ватные фильтры, помещаемые в стеклянные аллонжи (рис.5.3).

5.5 Отбор проб воздуха на запыленность

Для отбора проб воздуха с помощью АЭРА необходимо выполнить в приведенной ниже последовательности ряд операций.

1. Надеть нашейный ремень и открыть крышку прибора.
2. Снять один конец резинового шланга со штуцера – заглушки и открыть вентиль прибора.
3. Достать пылевой патрон, вставить в него фильтр и на узкий конец патрона надеть резиновый шланг, При использовании аллонжа достать его из зажима, открыть пробки и на узкий конец аллонжа надеть резиновый шланг.
4. Ввести пылевой патрон (или аллонж) в зону замера запыленности воздуха.
5. Повернуть ручку переключателя в положение «включено». Одновременно поворотом рукоятки автоматически включается секундомер и эжектор. Воздух с

объемным расходом 20 л/мин будет просасываться через пылевой патрон (или аллонж).

6. По истечении принятого времени отбора пробы (по секундомеру) перевести рукоятку в положение «выключено», включив одновременно секундомер и эжектор.

7. Записать показание секундомера, время и место отбора пробы, номер фильтра (аллонжа) и уложить фильтр (аллонж) на место их хранения в приборе.

Если отбор следующей пробы будет производиться вблизи от места предыдущего набора, то прибор может переноситься с открытым вентилем баллона.

При переноске прибора на значительное расстояние необходимо закрыть вентиль баллона, выпустить воздух из прибора, повернуть ручку переключателя в положение «включено», повернуть ручку переключателя после выпуска воздуха в положение «выключено», уложить резиновый шланг в корпус футляра и свободный конец шланга надеть на штуцер-заглушку, закрыть крышку футляра на замки.

5.6 Места и периодичность отбора проб

Измерения концентрации пыли в воздухе горных выработок проводятся в соответствии с графиком, составляемым начальником участка ВТБ /1,2/ специально обученными лицами. При периодическом пылевом контроле, результаты которого используются для оценки условий труда по пылевому фактору и учета пылевых нагрузок, пробонаборник должен располагаться, как правило, в зоне дыхания работающего, но не далее 0,5 м от его лица. При оперативном пылевом контроле, результаты которого используются для оценки эффективности обеспыливающих мероприятий, замеры концентрации пыли должны проводиться при выполнении основных производственных процессов. Результаты измерений используются для оценки эффективности; периодичность измерений – не реже одного раза в месяц.

Отбор проб пыли должен производиться в горных выработках высотой до 2 м на середине высоты выработки, а в выработках высотой более 2 м – на высоте 1,5 м от почвы.

В очистных выработках пологих пластов, разделяемых элементами крепи на отдельные дороги, отбор проб производится в центре сечения той дороги, на которой преимущественно находятся люди.

Замерное сечение должно располагаться в следующих местах в зависимости от типа источников пыли:

при выемке угля комбайнами на пологих и наклонных пластах – в 10 – 15 м от комбайна по направлению движения воздуха;

при выемке угля комбайнами на крутых пластах – в вентиляционном штреке в 10 – 15 м от линии забоя;

при выемке угля стругами на пологих и наклонных пластах – в лаве в 10 – 15 м от вентиляционного штрека;

при щитовой выемке крутых пластов – на рабочем месте машиниста;

при проведении подготовительных выработок – в 25 – 30 м от забоя;

в конвейерных выработках – в 10 – 15 м от каждого пункта перегрузки угля по направлению движения воздуха.

Допускается /2/ при выемке тонких пологих и наклонных пластов замеры концентрации пыли проводить в вентиляционном штреке в 20 – 25 м от линии забоя.

Патрон (или аллонж) при отборе пробы пыли необходимо располагать так, чтобы его осевая линия находилась в горизонтальной плоскости, а линия входа в патрон (аллонж) была перпендикулярна направлению движения воздушного потока в выработке.

В случае, когда рабочие процессы или операции сопровождаются выбросом крупных частиц, при наличии капежа и других помех, а также при скорости движения воздуха более 2 м, входное отверстие патрона (аллонжа) должно быть направлено вниз.

Продолжительность отбора пробы должна составлять не менее 30 мин.

При измерениях запыленности воздуха в производственных помещениях пылесборники-фильтры рекомендуется устанавливать на специальных штативах на высоте 150-160 см, соответствующей росту человека. Периодичность контроля запыленности воздуха производственных помещений обогатительных и брикетных фабрик не реже 1 раза в месяц.

5.7 Обработка фильтров с пробами пыли

После производства измерений запыленности воздуха фильтры с пробами доставляют в лабораторию и выдерживают в течение 30 – 40 мин для принятия температуры комнаты и установления равновесия по влаге воздуха.

Определение привеса производят на одних и тех же аналитических весах при строгом соблюдении первоначальных условий взвешивания.

При отборе проб с использованием фильтром АФА – ВП – 10 или АФА-ВП – 20 перед взвешиванием фильтр освобождают от пакета и вынимают из защитных колец.

Фильтры АФА – ВП – 10 осторожно распрямляют и кладут на середину чашки весов чистой стороной вниз, а фильтры АФА – ВП – 20 складывают вчетверо с помощью пинцета.

Взвешивают фильтры с пылью с погрешностью + 0,0001 г и результаты заносят в журнал.

Если отбор проб производят при условиях относительной влажности равной 100 %, то фильтры и аллонжи сначала в течение 2 ч выдерживают в эксикаторе

над осушителем для удаления капельножидкой влаги, а затем определяют их массу.

Масса пыли на фильтрах должна быть в пределах для фильтра АФА – ВП – 10 от 2 до 25 мг, для фильтра АФА – ВП – 20 – от 4 до 50 мг.

Если масса пыли на фильтре менее или более указанной, то проба бракуется и должны быть приняты меры для повторного отбора проб.

Масса пыли в аллонже должна быть в пределах от 15 до 100 мг, в противном случае проба бракуется и проводится повторный отбор.

5.8 Расчет запыленности воздуха

Расчет массовой концентрации пыли C_n (мг/м³) в шахтном воздухе производят по формуле

$$C_n = \frac{1000(m_2 - m_1)}{V_0}, \quad (5.1)$$

где m_2 – масса фильтра (аллонжа) после отбора пробы, мг;

m_1 – масса фильтра (аллонжа) до отбора пробы, мг;

V_0 – объем аспирированного воздуха, дм³, приведенный к стандартным условиям

$$V_0 = \frac{V_t(273 + 20)P}{(273 + t)101,3}, \quad (5.2)$$

где V_t – объем воздуха, отобранный для анализа, дм³;

P – атмосферное давление в месте отбора пробы, кПа;

t – температура воздуха в месте отбора пробы, °С.

Атмосферное давление в месте отбора пробы можно установить путем расчета по формуле:

$$P = P_n + 0,012 H,$$

где P_n – атмосферное давление на поверхности кПа (мм рт.ст.),

H – глубина от поверхности до места отбора пробы, м.

5.9 Оформление результатов измерений

Результаты измерений массовой концентрации пыли (мг/м³) в анализируемой пробе представляют в виде:

$$C'_n \pm \frac{\Delta}{100} C_n, \quad (5.3)$$

где C_n – результат измерений, полученный по формуле (1),

Δ – погрешность измерения массовой концентрации пыли, равный $\pm 11\%$.

Результаты измерений запыленности шахтного воздуха оформляют извещением и заносят в журнал (таблица).

Таблица

Дата отбора	Масса, мг		Объем аспирированного воздуха, дм ³		Массовая концентрация пыли, мг/м ³ (C _n)
	фильтра (аллонжа) до отбора m ₁ пробы, мг	фильтра (аллонжа) после отбора m ₂ пробы, мг	при отборе пробы (V _t)	Приведенный к стандартным условиям (V ₀)	

В отчете по лабораторной работе кратко должно быть отражено назначение, принцип действия и устройство прибора АЭРА, подготовка прибора к отбору проб, порядок отбора проб воздуха на запыленность, места и периодичность отбора проб, расчет запыленности воздуха.

Лабораторную работу выполнил:

Отчет по лабораторной работе принял:

СПИСОК РЕКОМКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах. – К.: 2000. – 484с.
2. Сборник инструкций к «Правилам безопасности в угольных шахтах», К.: 1996, т.1 – 425с.
3. Временное руководство по оборудованию и эксплуатации систем аэрогазового контроля в угольных шахтах (АГК). – Макеевка: МакНИИ, 1991. – 70с.
4. Анемометр переносной АПР-2. Руководство по эксплуатации. – Днепропетровск, ИГТМ, 2000. – 23с.
5. Правила безопасности на предприятиях по обогащению и брикетированию углей. – М.: Недра, 1992г.
6. Аспиратор эжекторный рудничный автоматический. Техническое описание. – Кемерово: 1981г.
7. Методические указания по определению массовой концентрации пыли в шахтном воздухе. Методика выполнения измерений. МУП Украины, ГВГСС, 1995г.

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Лабораторная работа 1.</u> Изучение переносных автоматических приборов контроля содержания метана.	3
<u>Лабораторная работа 2.</u> Изучение устройства, принципа действия комплекса аппаратуры АКМ и схем размещения датчиков метана в газовых шахтах.	14
<u>Лабораторная работа 3.</u> Изучение устройства анемометра АПР-2 и определение средней скорости движения воздуха в горных выработках.	33
<u>Лабораторная работа 4.</u> Измерение средней скорости движения воздуха в трубопроводах и определение его расхода.	39
<u>Лабораторная работа 5.</u> Определение концентрации пыли в воздухе с помощью прибора АЭРА.	46

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплинам
«Аэрология горных предприятий», «Аэрология шахт»,
«Рудничная вентиляция»
(для студентов горных специальностей всех форм обучения)
часть 2

Составитель

Стукало Виталий Антонович