622.8
Д 30

АВАРИЙНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ НА ШАХТАХ

В. Я. ДЕМИДОВ, Б. А. СУРНАЧЕВ

УДК 622,8

АННОТАЦИЯ

В брошюре описаны различные виды аварийной сигнализации, применяемой для массового оповещения трудящихся об авариях в шахтах, указываются их достоинства и недостатки. Наибольшее внимание уделяется способу оповещения об авариях с помощью пахучих веществ (ароматическая сигнализация). Указываются свойства пахучих веществ, даются указания по расчету их количества, необходимого для эффективной сигнализации. Приводятся результаты промышленного испытания и внедрения ароматической аварийной сигнализации на шахтах Кузбасса.

Брошюра предназначается для широкого круга работников угольной и горнорудной промышленности.

3—7—3
339—66.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решениями съездов и пленумов ЦК КПСС постоянно подчеркивается необходимость обеспечения дальнейшего улучшения условий труда, производственной санитарии и техники безопасности на предприятиях и стройках путем применения новейших достижений науки и техники.

В связи с этим своевременное предупреждение трудящихся, занятых на подземных работах, о грозящей опасности — задача первостепенной важности. Тем не менее надежно действующей аварийной сигнализации шахты часто не имеют. На современных шахтах предусматривается комплекс инженерных сооружений и мероприятий по спасению людей в случае возникновения аварии: запасные выходы, реверсирование вентиляционной струи, фильтрующие и изолирующие самоспасатели, кислородные респираторы и т. д. Но если на шахте нет хорошо налаженной аварийной сигнализации, люди, застигнутые аварией, иногда не успевают воспользоваться ими.

В настоящее время оповещение об опасности на шахтах с развитой сетью горных выработок, особенно при разработке наклонных и крутых пластов, занимает значительное время, из-за чего на вывод людей из опасных зон затрачивается иногда несколько часов, поэтому невозможно приступить к локализации аварии в момент ее развития.

Отсутствие эффективных средств оповещения об аварии привело к созданию рядом горнорудных предприятий и организаций устройств и систем аварийной сигнализации с различными способами оповещения. Этому способствовало также внедрение на шахтах телемеханических систем, использующих в качестве каналов связи действующие и свободные пары телефонных линий.

В периодической литературе почти не отражен небольшой опыт, накопленный некоторыми организациями по созданию и испытанию средств аварийной сигнализации. Учитывая это, авторы решили кратко изложить состояние вопроса по имеющимся системам аварийной сигнализации, а также по опыту их применения в основном на шахтах Кузбасса. При этом авторы не претендуют на полноту освещения всех вопросов, связанных с аварийным оповещением лиц, занятых на подземных работах.

Система оповещения должна удовлетворять следующим основным требованиям:

сигнал должен сообщать об опасности, характере ее и рекомендовать поведение трудящихся, занятых на подземных работах в этот период;

сигнал опасности должен воздействовать непосредственно на каждого человека; нежелательна ступенчатость в передаче сигнала, т. е. от одного лица к другому.

Анализ методов сигнализации, приведенных в брошюре, показывает, что ни один из них полностью не удовлетворяет названным требованиям. Необходима совокупность различных методов и средств.

Наиболее целесообразно сочетание ароматической сигнализации с громкоговорящей связью. Эффективность ароматической сигнализации заключается в следующем: 1) распространение запаха производится струей воздуха, а так как в шахтах все горные выработки проветриваются деятельной струей воздуха, то, следовательно, запах распространится по всем выработкам; 2) поскольку сигналом опасности является запах, он воздействует на обоняние каждого человека; 3) существующие средства оповещения позволяют размещать датчики с пахучими веществами вблизи участков, в результате чего запах их быстро проникает во все выработки участка.

Громкоговорящая связь позволяет оповещать трудящихся о характере аварии, указывать пути выхода и необходимые действия по ликвидации аварии. При этом можно одновременно использовать все громкоговорящие установки шахты.

Разработка способов, создание средств массового оповещения об аварии и оснащение ими горных предприятий начинает получать в Советском Союзе все большее распространение и поэтому очень важно выбрать наиболее эффективные и надежные системы аварийного оповещения.

Авторы будут благодарны читателям, которые пришлют свои критические замечания и пожелания по адресу: Москва, А-47, Площадь Белорусского вокзала, 3. Издательство «Недра».

Глава I

СПОСОБЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ЛЮДЕЙ ОБ АВАРИИ В ШАХТЕ

1. Методы оповещения

Согласно планам ликвидации аварий оповещение лиц, занятых на подземных работах, об аварии должно производиться звуковой и световой сигнализацией, сигнализацией с помощью отключения электроэнергии условным кодом, лицами горного надзора и горноспасателями, методом ароматической сигнализации.

Для условий современных шахт с протяженной сетью горных выработок метод звуковой (акустической) сигнализации является неэффективным, так как существующие сигнальные устройства рудничного исполнения (ГПРВ, ВС) обеспечивают зону слышимости в радиусе 80—100 *м* при окружающем шуме до 80 *дб*. Кроме того, во время подачи аварийного сигнала в зоне его действия может не оказаться дежурного персонала.

Расширение зоны действия звукового сигнала связано с увеличением мощности и числа сигнальных аппаратов, значительным расходом кабеля, соединительной арматуры и т. д. Поэтому звуковая аварийная сигнализация в шахтных условиях применяется редко. Для оповещения лиц забойной группы, особенно механизированных забоев, применение звукового аварийного сигнала неэффективно.

В случае питания звуковых сигнальных устройств от участковой или общешахтной кабельной сети последняя по различным причинам до аварии или во время ее может быть обесточена до подачи аварийного сигнала на участок.

Существенные недостатки имеет световая (оптическая) сигнализация, зона действия которой в шахтных условиях более ограничена, чем звуковая. Кроме того, на световой сигнал рабочие могут не обратить внимания.

Методы звуковой и световой аварийной сигнализации наиболее эффективны на поверхностных комплексах шахт, обогатительных фабриках, установках общепромышленного назначения и т. д.

Отключение подачи электроэнергии на участок, даже с применением условного кода, также является неэффективным средством

сигнализации и, кроме того, оно может произойти по различным причинам и вызвать ложную тревогу.

Предупреждение об угрожающем положении лицами горного надзора и горноспасателями во многих случаях не достигает цели, так как, во-первых, это требует продолжительного времени и, во-вторых, посланному не всегда удается достичь места назначения из-за аварийного состояния горных выработок (пожар, взрыв, обрушение, затопление и т. д.).

С точки зрения эффективности оповещения об аварии лиц, занятых на подземных работах, заслуживает внимания метод ароматической аварийной сигнализации, принцип и результаты практического использования которого приведены в главе II.

Передача сообщений об авариях в шахте и инструкций о поведении в этих условиях людей возможна с помощью радиосвязи. Опыты применения радиоаппаратуры в горных выработках [12] для производственной связи и аварийного оповещения дали положительные результаты.

На шахтах и рудниках оповещение о грозящей опасности лиц, занятых на подземных работах, в основном осуществляется посредством телефонной связи. Этот метод будет более эффективным, если вместо обычной телефонной связи применять громкоговорящую. Для оповещения рабочих забойной группы об аварии посылают людей.

Аппаратура искробезопасной громкоговорящей аварийной сигнализации ИГАС-1 разработана институтом Гипроуглеавтоматизация. В настоящее время осваивается ее промышленное производство.

2. Средства аварийной сигнализации

Успешная ликвидация аварии зависит от своевременности ее обнаружения. Однако в шахтных условиях из-за различного характера (пожар, выброс газа или пыли, горный удар, затопление и т. д.) и места возникновения аварий, а также из-за отсутствия специальных датчиков не всегда удается своевременно распознать аварии.

Особенно трудно обнаружить экзогенный подземный пожар. Если для выявления эндогенных пожаров при разработке пластов, склонных к самовозгоранию, пользуются результатами газового анализа проб шахтного воздуха, а в некоторых случаях ведется постоянный температурный контроль за состоянием угольного массива с помощью телемеханической шахтной аппаратуры, то для распознавания экзогенных пожаров, происходящих, как правило, в действующих выработках, указанные методы непригодны.

Для своевременного выявления пожара в шахте заслуживает внимания устройство, обнаруживающее появление дыма, распространяющегося с вентиляционным потоком по горным выработкам. Для объектов, расположенных на поверхности, широкое приме-

ние получили приборы, в которых в качестве чувствительных элементов используются фотоэлектрические и ионизационные датчики дыма. В условиях шахт при большой запыленности и переменной влажности рудничной атмосферы поверхности источников света и фотоэлементов покрываются слоем пыли, поэтому применение фотоэлектрических элементов в качестве датчиков дыма невозможно.

Сотрудники Центрального научно-исследовательского института противопожарной охраны (ЦНИИПО) для промышленных предприятий, расположенных на поверхности, разработали автоматический датчик дыма АДИ-1 с ионизационной камерой, однако по технической характеристике он неприемлем для угольных шахт.

Английская фирма «Londex» разработала впервые для подземных условий датчик обнаружения дыма, у которого, кроме ионизационной камеры, имеется химический индикатор. Однако каких-либо данных о результатах промышленного применения этого датчика не имеется.

В обоих упомянутых случаях в ионизационных камерах использовался радиоизотоп Pu^{239} (плутоний), который требует специальной защиты, предупреждающей загрязнение окружающей среды, что усложняет применение датчика в шахтах.

Сотрудниками института ВостНИИ были проведены исследования возможности создания ионизационных датчиков дыма для подземных условий, В качестве ионизирующего источника был использован тритий (H^3), неопасный в обращении, дешевый и имеющий сравнительно большой период полураспада (12 лет).

Шахтные испытания ионизационной камеры с тритиевой мишенью не дали положительных результатов, так как на выходные параметры ионизационной камеры большое влияние оказывает изменение влажности и запыленности вентиляционного потока. В отдельных случаях на ионизационный датчик дыма могут воздействовать и продукты взрывов в подземных выработках.

Из-за отсутствия датчиков обнаружения аварий все приведенные ниже средства аварийной сигнализации вводятся в действие диспетчером шахты или лицом, обнаружившим аварию.

Телефонная связь имеет все недостатки звукового метода сигнализации. Кроме того, в месте установки телефона может не оказаться людей. Часто не обеспечивается немедленный вызов диспетчера с участка шахты, что очень важно для предупреждения развития аварии на участке. Поэтому на шахтах различных бассейнов сделаны попытки создания обособленной аппаратуры оповещения об аварии и усовершенствования шахтной телефонной связи. Схемы и результаты их приводятся ниже.

Схема аварийной сигнализации комбината Луганскуголь. Своевременность оповещения горноспасательных частей о возникшей аварии имеет решающее значение для предотвращения возможного развития ее до катастрофических размеров. Для сокращения времени, затрачиваемого на оповещение об аварии, на ряде шахт ком-

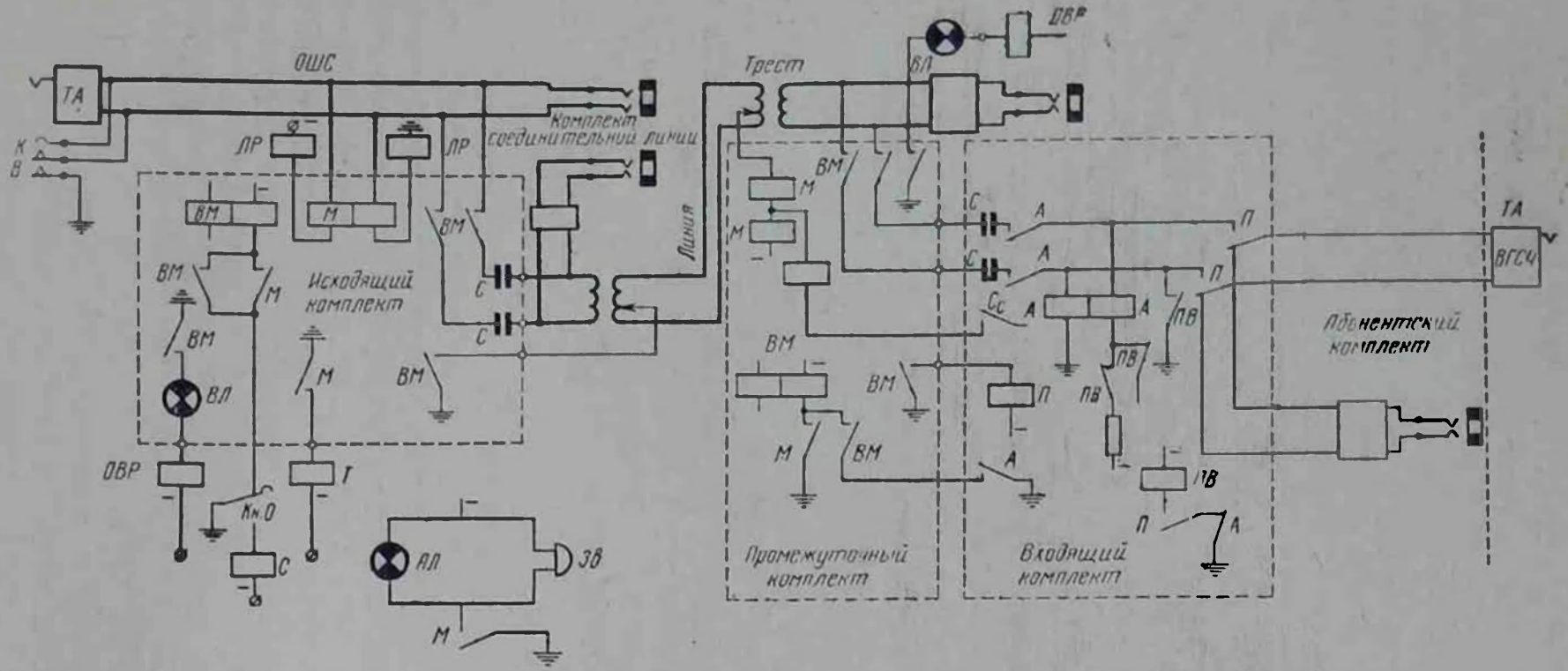

Рис. 1. Схема оповещения по телефонным линиям участок шахты — взвод ВГСЧ:
——— линия связи общего пользования; ——— коммутация аварийной связи

бината Луганскуголь внедрена сигнализация участок шахты — взвод ВГСЧ [3] (рис. 1), предусматривающая немедленную телефонную связь подземных участков шахты со взводом ВГСЧ без участия телефонисток шахты и промежуточных станций. Аппаратура для организации схемы оповещения состоит из двух типов комплектов реле — исходящего (промежуточного) и входящего. Шахтные телефонные аппараты в этом случае дополняются установкой аварийных кнопок *К* и *В*, которые выполняются в виде отдельного блока.

Рассмотрим случай, когда на шахте имеется коммутатор ручного обслуживания системы с центральной ЦБ (или местной МБ) батареей РТС. При нажатии аварийной кнопки *К* абонентский шлейф закорачивается с одновременным заземлением обоих проводов. При этом одна обмотка реле *М* оказывается замкнутой контактами аварийной кнопки, а через другую проходит ток по цепи: минус батареи, линейное реле *ЛР*, реле *М*, телефонная линия, кнопки *К* и *В*, земля, плюс батареи. Реле *М*, срабатывая, включает реле *ВМ* по цепи: минус батареи, реле *ВМ*, контакт реле *М*, кнопка *Кн. О*, земля, плюс батареи. Реле *ВМ* своими контактами производит следующие переключения: блокирует контакт *М* в своей цепи питания, через соединительную линию (с использованием средней точки) включает реле *М* промежуточного комплекта, подключает шлейф абонента к соединительной линии, а также зажигает лампу *ВЛ*, сигнализирующую телефонистке о наличии аварийного вызова.

При закорачивании и заземлении соединительной линии в промежуточном комплекте срабатывает реле *М*, подобно тому как оно работало в исходящем комплекте. Таким же образом в промежуточном комплекте срабатывает реле *ВМ*. При этом контактом *ВМ* включается реле *П* входящего комплекта, которое своими контактами подключает телефонный аппарат ВГСЧ к входящему комплекту и замыкает цепь сигнального реле *ПВ*.

Контактами реле *ПВ* посредством сигнальной машины через каждые 5 *сек* посылается сигнал вызова в телефонный аппарат ВГСЧ. При снятии трубки на аппарате ВГСЧ срабатывает реле *А*, отключает вызов и включает разговорную цепь.

Разговорная цепь проходит от шахтного телефонного аппарата через контакты реле *ВМ* и конденсаторы *С* исходящего комплекта, соединительную линию шахта — трест, контакты реле *ВМ* и конденсаторы *С* промежуточного комплекта, контакты реле *А* и *П* входящего комплекта, телефонный аппарат взвода ВГСЧ. Разъединение производит телефонистка шахтной станции нажатием отбойной (пломбированной) кнопки *О*. При этом отключается реле *ВМ* исходящего и промежуточного комплектов, а следовательно, и реле *П* и *А* входящего комплекта и схема приходит в исходное положение.

При повреждении абонентского шлейфа и заземлении его может возникнуть ложный вызов взвода ВГСЧ. Для определения та-

кого случая предусмотрена сигнализация, осуществляемая термореле *Т*.

Если телефон ВГСЧ включен в автоматическую телефонную станцию, принцип работы схемы аналогичен описанному.

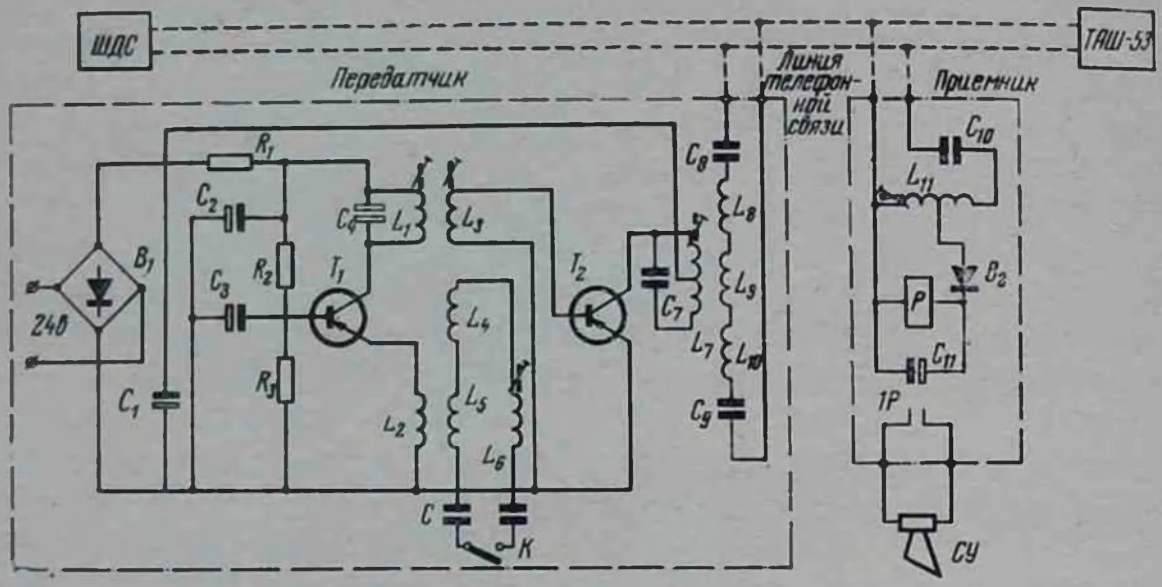

Рис. 2. Схема аварийной сигнализации шахты «Абашевская 3—4»

Схема аварийной сигнализации шахты «Абашевская 3—4» комбината Кузбассуголь. Для подачи сигнала об аварии с диспетчерского пульта на участок (погрузочный пункт) сотрудники шахты «Абашевская 3—4» (рис. 2) использовали приемно-передающее устройство аппаратуры ДТС-1К, при этом генератор высокой частоты (в. ч.) устанавливали на поверхности у диспетчера, а приемник в. ч. сигналов — на погрузочном пункте. В качестве канала связи использовалась действующая линия телефонной связи. При нажатии кнопки *К* аварии замыкается цепь обратной связи генератора высокой частоты, выполненного на полупроводниковом триоде T_1, затем импульсы в. ч. усиливаются триодом T_2 и подаются в линию телефонной связи. Приемник, настроенный на соответствующие в. ч. сигналы, имеет чувствительное реле *Р*, которое при срабатывании своим контактом *1Р* замыкает цепь сигнального устройства (сирены), питание последней осуществляется от местной батареи напряжением 24 *в*.

Схема предусматривает только одностороннюю подачу сигнала с пульта диспетчера на участок шахты без последующего контроля за срабатыванием сигнального устройства. Ее достоинством является использование действующей телефонной линии, сохранность которой постоянно контролируется, недостатком — применение звукового метода аварийного оповещения с сигнальным устройством малой мощности.

Схема пожарной сигнализации шахты № 1 БШУ (Дальний Восток). На поверхности шахты № 1 БШУ устанавливается сигнальное табло ТЛО-16, изготавливаемое отечественной промышлен-

ностью для оборудования объектов пожарной сигнализацией (рис. 3). В подземных выработках устанавливают сигнальные устройства в виде сирен и аварийных ламп. В отдельных точках устанавливают аварийные кнопки. Связь между пультом управления и сигнальными устройствами осуществляется многожильным контрольным кабелем, по этому же кабелю производится питание сигнальных устройств. При нажатии кнопки «Авария» замыкается сигнальный шлейф, на пульте загорается сигнальная лампа и звонит звонок. При получении сигнала об аварии с участка дежурный приемной станции включает сирены и лампы, установленные в горных выработках.

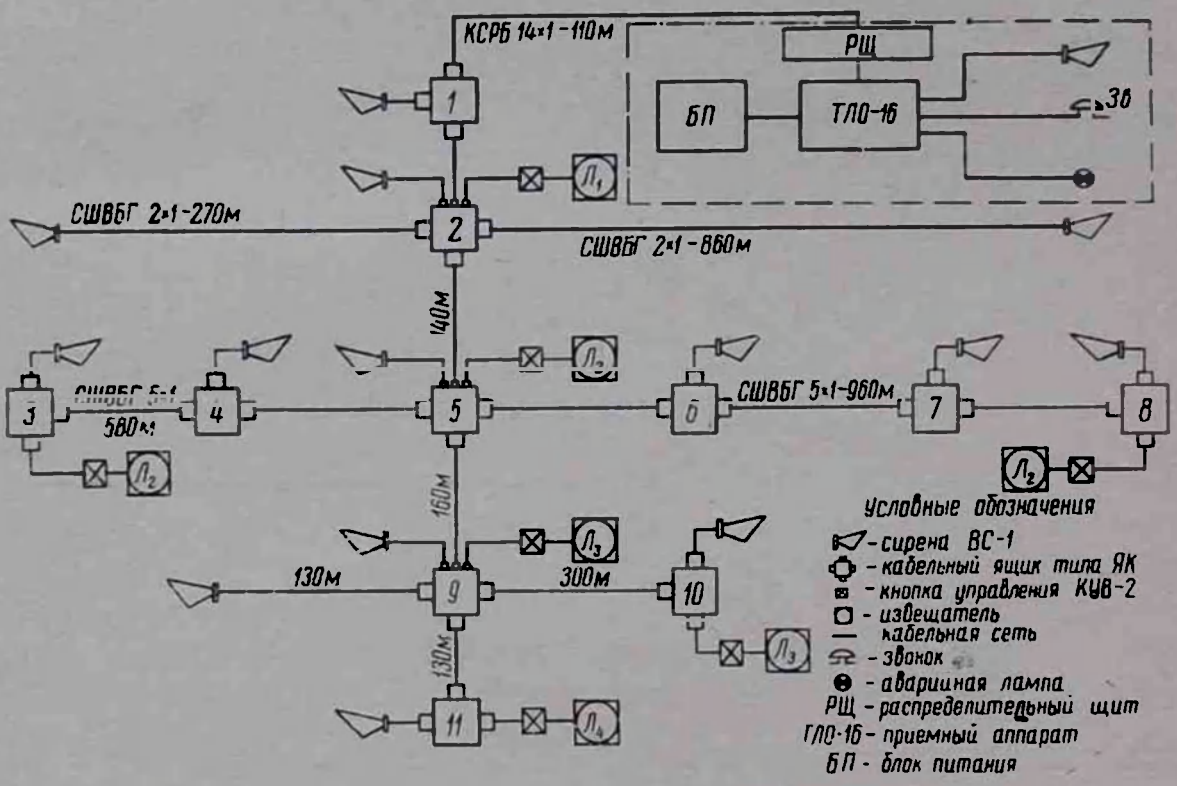

Рис. 3. Схема пожарной сигнализации шахты № 1 БШУ

При монтаже схемы требуется значительное количество обособленного контрольного кабеля, аппаратуры во взрывобезопасном исполнении и специального источника питания для сигнальных устройств. Из-за значительного падения напряжения в кабельной линии удаленность сигнальных устройств от пульта управления составляла менее 1000 *м*. Схема предназначалась для оповещения об аварии лиц, работающих в околоствольном дворе, а также на уклонах и бремсбергах.

Схема аварийной сигнализации института Пермгипрогормаш. Аппаратура предупредительной сигнализации АПС выполнена с использованием узлов телемеханической системы ДТС-2, серийно выпускаемой Конотопским заводом «Красный металлист».

Работа схемы (рис. 4) построена по принципу передачи командных сигналов оповещения с помощью в. ч. токов по занятым теле-

фонным и силовым кабельным линиям. В качестве командного сигнала об аварии принята частота 14 *кгц*, а в качестве контрольного и ответного — частота 20 или 26 *кгц*. Комплект АПС состоит из коммутатора *КАС*, установленного на поверхности, и блоков магистральной *БМС-20*, ретрансляционной *БРС-20* и участковой *БУС-26* сигнализаций, устанавливаемых в горных выработках. Коммутатор *КАС*, выполненный на 40 номеров, имеет в. ч. генератор с частотой 14 *кгц*. Генератором (выбором ключа соответствующей линии) с

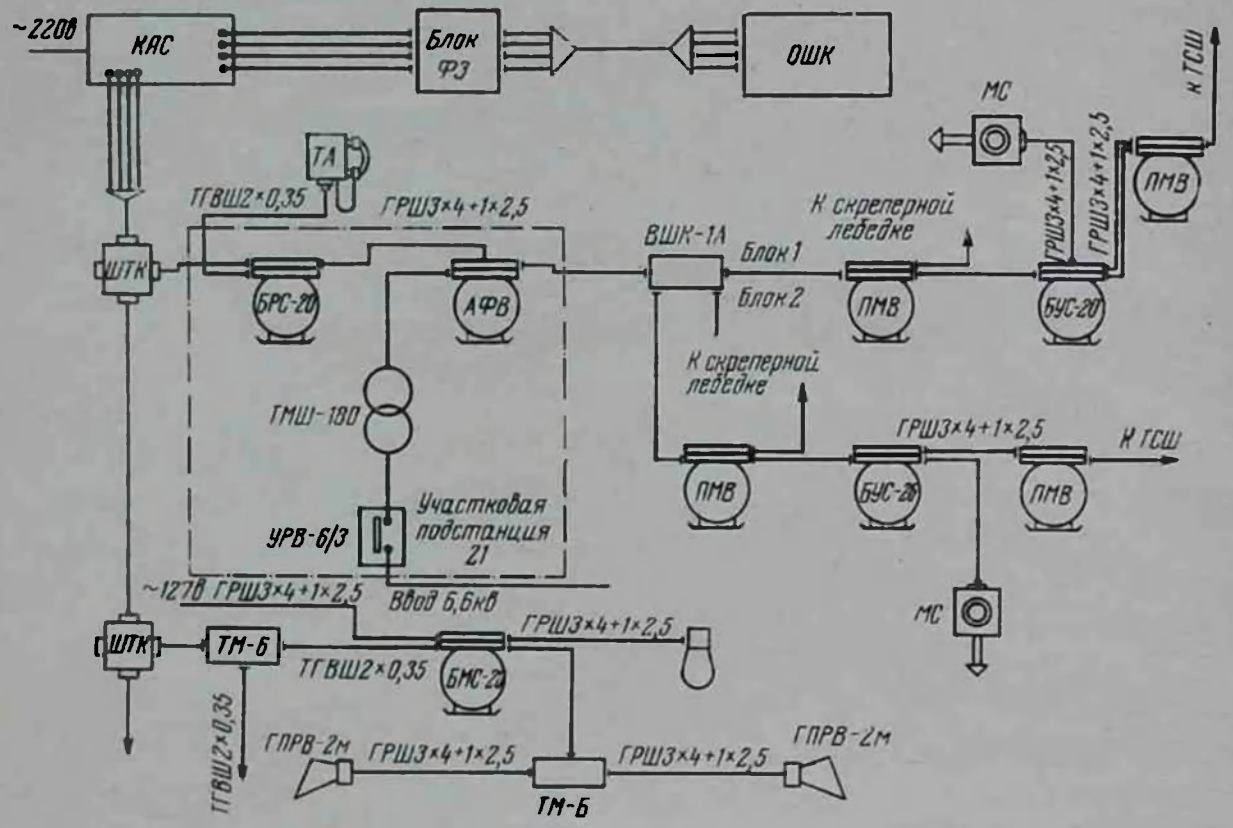

Рис. 4. Структурная схема аварийной сигнализации института Пермгипрогормаш

пульта дежурного можно подать сигнал об аварии в любую телефонную пару, к которой подключены блоки *БМС-20* или *БРС-20*. На коммутаторе имеется приемник в. ч. сигналов на частоте 20 *кгц*, к которому с помощью шагового искателя периодически подключается телефонная линия с блоками *БМС-20* или *БУС-26* с дежурными (контрольными) генераторами на 20 и 26 *кгц*. Поэтому в случае отключения или отказов блоков, а также при повреждении линии на пульте *КАС* фиктируется аварийное состояние системы АПС.

При посылке аварийной команды частотой 14 *кгц* в линию и срабатывании блоков *БМС-20* или *БУС-26* с последних поступает контрольный сигнал частотой 20 *кгц* прерывистого действия, что характеризует нормальное оповещение участка шахты.

Блок *БМС-20* предназначен для приема с коммутатора сигнала об аварии частотой 14 *кгц* для ввода в действие исполнительных

сигнальных устройств и выдачи ответного сигнала частотой 20 и 26 *кгц* об исполнении команды. Питание блока *БМС-20* производится от участковой осветительной сети напряжением 127 *в*.

Блок *БРС-20* предназначен для приема аварийного в. ч. сигнала частотой 14 *кгц* с пульта *КАС* и трансляции его в силовую кабельную сеть участка к блокам *БУС-20* и *БУС-26*, а также для приема от блоков участковой сигнализации, через силовую кабельную сеть, ответных сигналов 20 или 26 *кгц* и трансляции их в телефонную линию.

Аппарат *БУС* предназначен для приема сигнала об аварии, поступающего в силовую сеть участка с частотой 14 *кгц*, для ввода в действие исполнительных сигнальных устройств, а также для выдачи ответного сигнала об исполнении команды на частотах 20 и 26 *кгц* в силовую линию, а затем через блок *БРС-20* — дежурному по шахте. Схемы блока БМС и БУС отличаются тем, что входные высокочастотные контуры приемника и генератора аппарата БМС включены в телефонную линию, а аппарата БУС — через разделительные конденсаторы в силовую участковую сеть, поэтому на упрощенной принципиальной схеме АПС (рис. 5) не приведена схема блока БМС. На схеме также не приведено устройство коммутатора КАС, так как основные узлы его (приемно-передающее высокочастотное устройство) заимствованы из аппаратуры ДТС-2. Принципиальная схема этих узлов показана в блоках *БРС* и *БУС*.

Рассмотрим случай подачи аварийного сигнала с пульта *КАС* на участок шахты через блок *БРС*. После выбора участка оповещения абонентскими ключами на коммутаторе с помощью аварийной кнопки сигнал частотой 14 *кгц* подается в выбранную телефонную линию и далее в блок ретрансляции. В блоке *БРС* аварийный сигнал воспринимается приемником *П-14*, который своим выходным реле *Р* через промежуточное реле *РП* подключает датчик-генератор *Г-14* к силовой участковой сети. Генератор через замкнутые контакты *РП1* осуществляет трансляцию аварийного сигнала в силовую трехфазную сеть участка к месту установки исполнительного блока.

В приемнике *П-14* блока *БУС* срабатывает реле *Р* и своим контактом *Р1* замыкает цепь полупроводникового реле времени. Реле *РВ* включается и своим контактом *РВ1* включает реле *1РП*, последнее контактами *1РП1* на период оповещения (3—4 *мин*) подает питание к двигателю моторной сирены. Одновременно с реле *РВ* включается реле *РИ*, которое работает в импульсном режиме (включено 3 *сек*, отключено 2 *сек*). Контактом *РИ1* включается реле *2РП*, н. з. контакты которого *2РП1* будут подавать циклические ответные сигналы от генератора *Г-20* в участковую кабельную сеть. Поступая на вход усилителя блока ретрансляции, частота 20 *кгц* усиливается двухкаскадным усилителем и подается в телефонную линию и далее на приемник пульта *КАС*. Мигание контрольной лампы на пульте *КАС* сигнализирует о нормальном срабатывании моторной сирены.

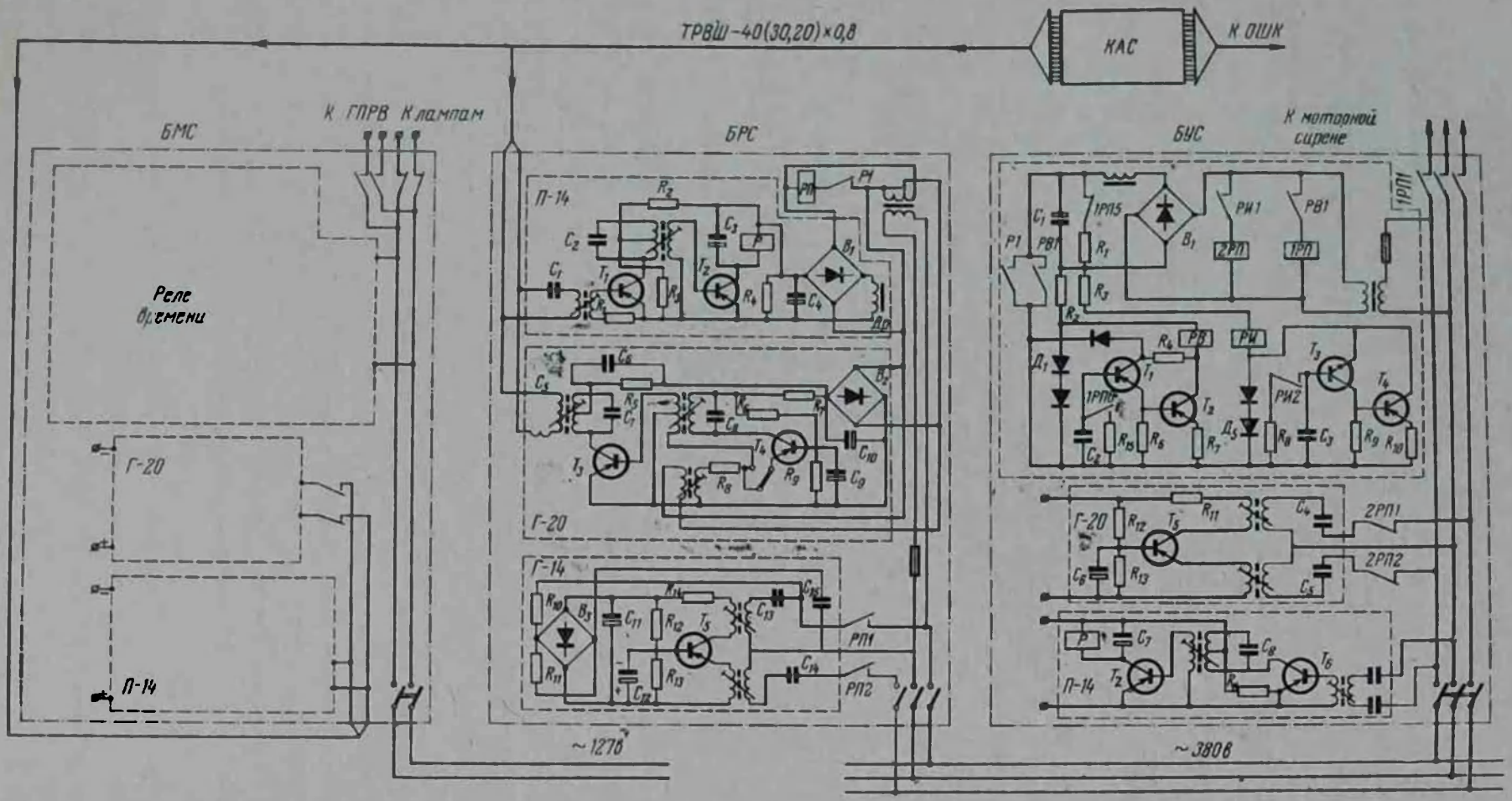

Рис. 5. Упрощенная принципиальная схема АПС

Моторная сирена представляет собой взрывобезопасный двигатель 0,6 *квт*, который через ременную передачу вращает воздушную сирену с $n=6000$ *об/мин*. Несмотря на наличие приемно-передающего в. ч. телемеханического устройства и контроля за сохранностью и работой аппаратуры АПС, система оповещения имеет ряд существенных недостатков: в случае производственной необходимости отключения электроэнергии на участках шахты на пульте диспетчера будут появляться сигналы аварийного состояния системы АПС, кроме того, при возникновении аварии (внезапный выброс, пожар и т. д.) возможно отключение электроэнергии на участок или крыло шахты до оповещения людей об аварии.

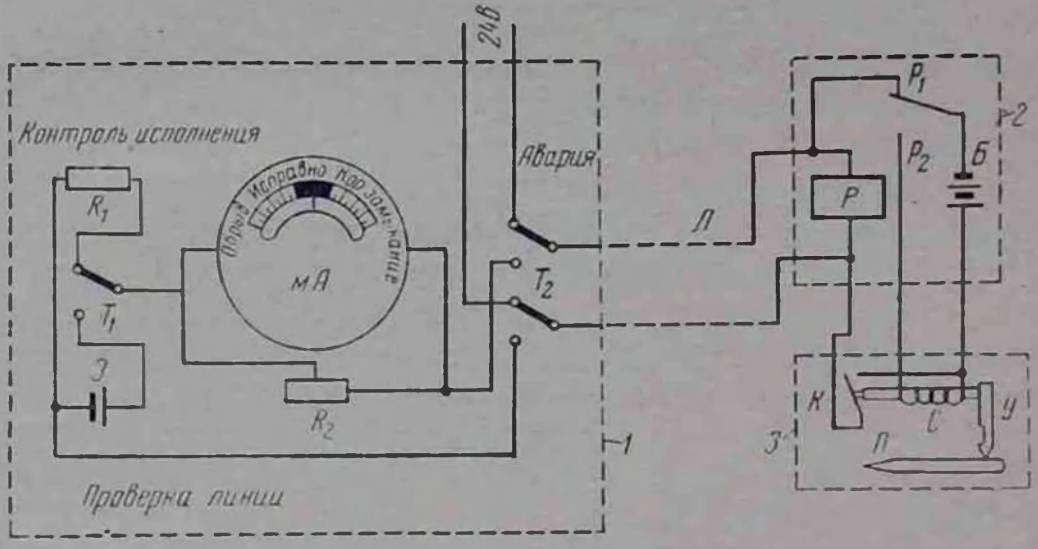

Рис. 6. Принципиальная схема сигнализации шахты «Коксовая-1»:
1 — пульт управления; *2* — блок питания; *3* — механизм исполнения

Схема аварийной сигнализации шахты «Коксовая-1» комбината Кузбассуголь. Сотрудники экспериментального участка шахты «Коксовая-1» предложили схему аварийной сигнализации (рис. 6) для ввода ароматического вещества в вентиляционный поток горных выработок [1]. Схема и конструктивное решение системы оповещения являются довольно простыми.

Для оповещения об аварии тумблер T_2 устанавливается в положение «Авария» и постоянный ток 24 *в* от телефонного коммутатора поступает в свободную пару телефонного кабеля (линию $Л$). При прохождении тока по линии $Л$ срабатывает реле $Р$, якорь которого притягивается, замыкает контакты P_2 и размыкает контакты P_1. Ток от батареи $Б$ по замкнутым контактам P_2 протекает через катушку соленоида $С$. Сердечник соленоида втягивается, замыкает контакты $К$ и освобождает ударник $У$, который, падая, разбивает пробирку $П$ с этилмеркаптаном.

Для проверки срабатывания исполнительного механизма тумблеры T_1 и T_2 устанавливаются в положение «Контроль исполнения».

В этом случае реле замыкает контакты P_1, ток от батареи *Б* через контакты *К* протекает по линии *Л*, где последовательно с сопротивлением R_1 включен микроамперметр *мА*, зашунтированный регулировочным сопротивлением R_2. Отклонение стрелки вправо на всю шкалу показывает, что ударное устройство сработало.

В нормальном состоянии тумблеры установлены в положение «Проверка линии». Ток от элемента *Э* протекает через обмотку реле *Р* и микроамперметр. Когда линия исправна, стрелка микроамперметра находится на середине шкалы в положении «Исправно». В случае обрыва линии ток по цепи не будет проходить и стрелка переместится в нулевое положение, т. е. покажет «Обрыв». При коротком замыкании в линии сопротивление в ней уменьшится более чем в два раза, ток увеличится и стрелка отклонится на всю шкалу в положение «Короткое замыкание».

Исполнительный механизм представляет собой металлическую коробку во взрывобезопасном исполнении, в которой размещаются: соленоид от управляемого вентиля ВУ-1, ударник, падающий под действием собственного веса, и пробирка с этилмеркаптаном.

Существенным недостатком данной схемы является использование постоянного тока в качестве аварийного сигнала напряжением ±24 *в*, т. е. напряжения, которое имеется в каждой телефонной паре, поэтому при проведении ремонтных работ, ревизий и отыскании повреждений в распределительных устройствах шахтной связи наблюдались случаи подачи напряжения с действующей телефонной пары в линию аварийной сигнализации, дающие ложное оповещение об аварии на участке или крыле шахты. Кроме того, не каждая шахта имеет резерв свободных телефонных пар для оснащения ее системой аварийной сигнализации по описанной выше схеме.

Результаты испытаний и практическое использование данной системы приведены в главе II.

Аппаратура сигнализации ИГАС-1 института Гипроуглеавтоматизация. Сотрудники института Гипроуглеавтоматизация и Управления связи б. Донецкого совнархоза разработали и испытали в шахтных условиях искробезопасную аппаратуру громкоговорящей связи, сигнализации и оповещения об аварии ИГАС-1. Аппаратура (рис. 7) работает по шахтной телефонной сети или по отдельным линиям и при нормальной работе используется для оперативной громкоговорящей связи.

При возникновении аварийного состояния на участке нажатием кнопки на абонентском аппарате *1*, устанавливаемом в подземных выработках, подается сигнал (акустический и световой) диспетчеру с одновременной посылкой звуковых сигналов тревоги лицам, находящимся в зоне расположения абонентского аппарата. С помощью таких же абонентских устройств диспетчер может подавать сигнал тревоги на любой другой участок, где они установлены.

Через рупорный громкоговоритель *2* диспетчер может оповещать о мерах безопасности, поведении и порядке выхода людей из

шахты. Сообщения от абонентов и распоряжения с пульта диспетчера в аварийном режиме записываются на магнитофон *8*.

При нормальной работе шахты аппаратура ИГАС-1 позволяет осуществлять постоянно действующую двустороннюю громкоговорящую телефонную связь диспетчера с абонентом участка шахты, а также контролировать работу шахтных механизмов по их производственному шуму.

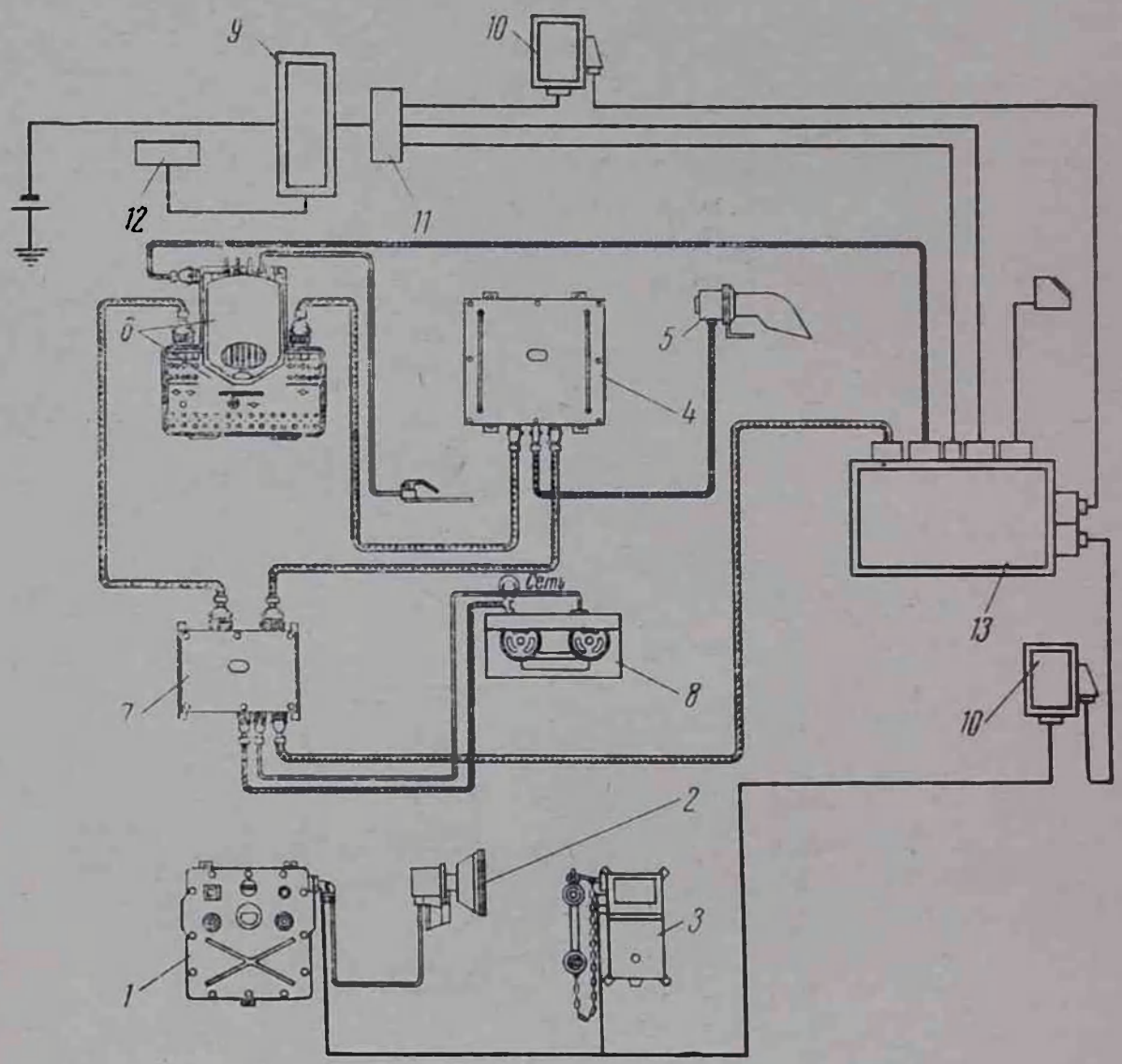

Рис. 7. Структурная схема сигнализации аппаратуры ИГАС-1:

1 — абонентский усилитель-генератор; *2* — рупорный громкоговоритель; *3* — искробезопасный телефонный аппарат; *4* — блок автоматики диспетчера; *5* — сирена тревоги; *6* — блок аварийной сигнализации и коммутационного устройства с ТУД-1; *7* — распределительная коробка; *8* — магнитофон; *9* — общешахтная телефонная станция УРТС 100/160; *10* — вводной щиток; *11* — щиток разрядников; *12* — вызывное шахтное устройство; *13* — шахтный диспетчерский коммутатор

Аппаратура обеспечивает совместную работу с шахтными диспетчерскими коммутаторами и общешахтной телефонной станцией *9* типа УРТС 100/160 и допускает уплотнение линий в. ч. системами в диапазоне 9 *кгц* и выше.

Работа системы обеспечивается по шахтным телефонным кабелям с сопротивлением шлейфа до 800 *ом* и при сопротивлении изо-

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

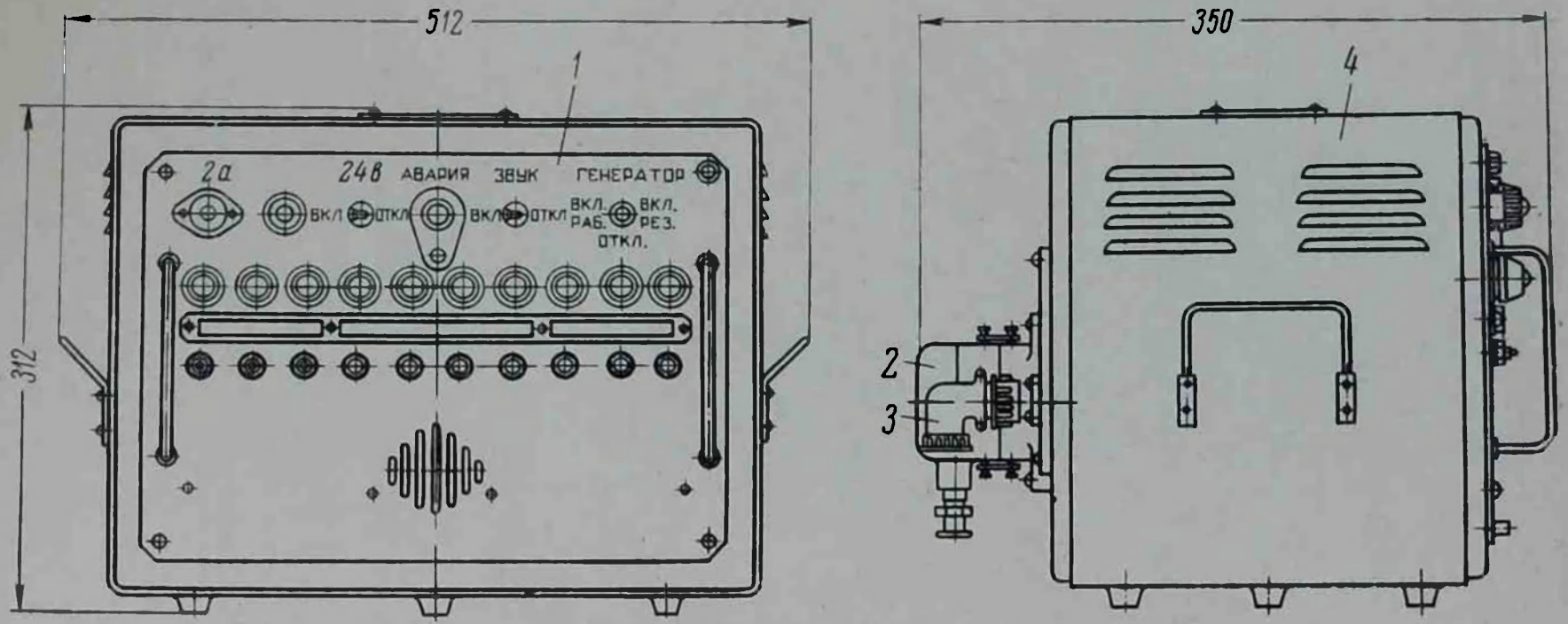

Рис. 8. Пульт управления ПАС-1 аппаратуры ААС-1:

1 — сигнальная панель выемной части; *2* — вилка РШАВКУ-20-1; *3* — вставка ШР16У2Э Ш5; *4* — корпус

ляции линии до 20 *ком*. Уровень громкости сигнала тревоги, измеренный на расстоянии 1 *м* от динамика по оси, равен 120 *дб*. Неравномерность частотной характеристики всего разговорного тракта в диапазоне частот 300—3000 *гц* не превышает 9 *дб*. Емкость одного комплекта — 20 номеров. Исполнение аппаратуры РНИ-1,1.

Комплект аппаратуры ИГАС-1 в 1964 г. прошел промышленные испытания на шахте «Октябрьская» комбината Донецкуголь.

Промышленный выпуск аппаратуры ИГАС-1, предназначенной для работы в шахтах, опасных по газу или пыли, освоен в 1966 г.

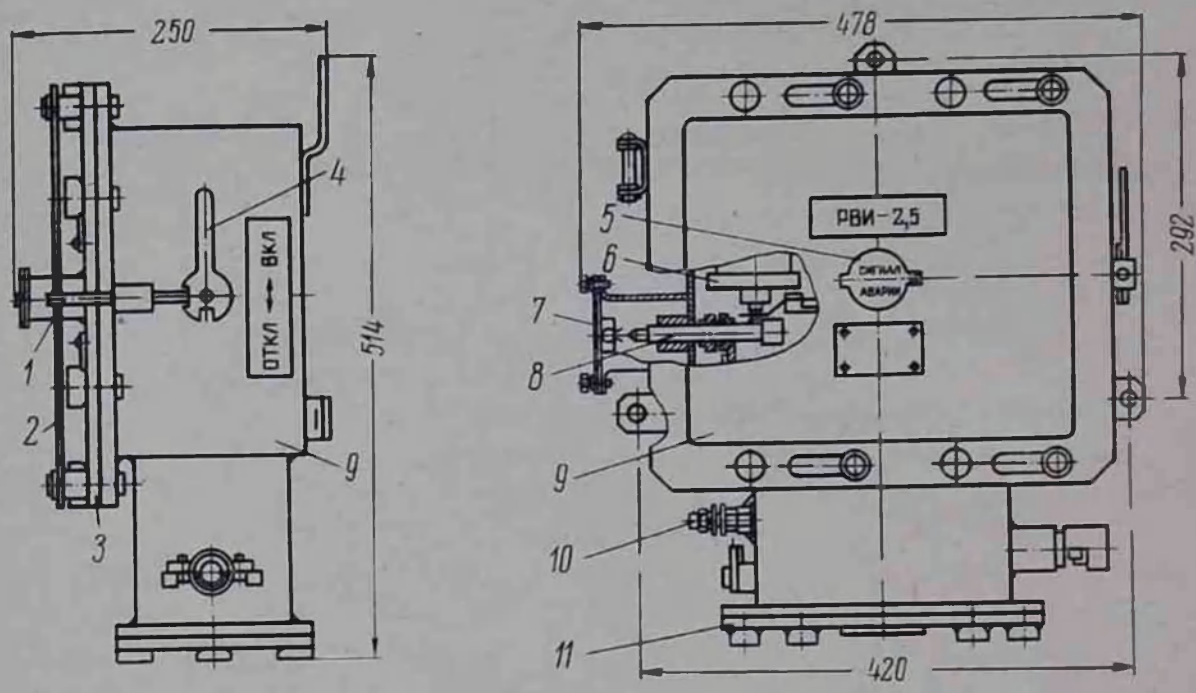

Рис. 9. Блок аварийного оповещения БАО-1 аппаратуры ААС-1:

1 — блокировочный винт; *2* — блокировочная рамка; *3* — верхняя крышка; *4* — ручка разъединителя; *5* — аварийная кнопка; *6* — электромагнит выемной части; *7* — крышка с ампулой; *8* — разбиватель; *9* — корпус; *10* — шпилька заземления; *11* — нижняя крышка

Аппаратура аварийной сигнализации ААС-1 института ВостНИИ. Аппаратура сигнализации ААС-1 предназначена для подачи и приема сигнала об аварии с пульта диспетчера до участка (крыла) шахты и для ввода сстропахнущего вещества в вентиляционный поток с целью оповещения людей об авариях [5].

Комплект аппаратуры состоит из одного пульта управления ПАС-1 (рис. 8), который находится у дежурного по шахте, и десяти блоков аварийного оповещения БАО-1 (рис. 9), которые устанавливаются на участках (или отдельных крыльях) шахты.

В качестве канала связи используется действующая телефонная пара, а в качестве приемопередающего сигнала — токи высокой частоты. При этом блоки БАО подключаются на телефонные пары, сохранность и состояние которых постоянно контролируют.

Техническая характеристика аппаратуры ААС-1

Исполнение:	
пульта управления	Нормальное с искробезопасными выходными цепями РВИ-1,1
блока БАО	
Напряжение питания, *в*:	
пульта управления	24 (от аккумулятора телефонной станции)
блока БАО	24 (батарея 25ПМЦГ-У 1,3)
Потребляемая мощность, *вт*:	
в дежурном режиме	0,02
в режиме оповещения . . .	50
Частота передающего сигнала, *кгц* .	12
Напряжение в. ч. сигнала, *в* . . .	12—13
Дальность передачи в. ч. сигнала по кабелям ТРШ, *км*	8
Расстояние от блока БАО до самой удаленной точки оповещения, *км* .	1,5—2
Количество этилмеркаптана в ампуле	1 $см^3$ на 100—200 $м^3$ воздуха в 1 *мин* (в зависимости от скорости движения воздуха в горной выработке)

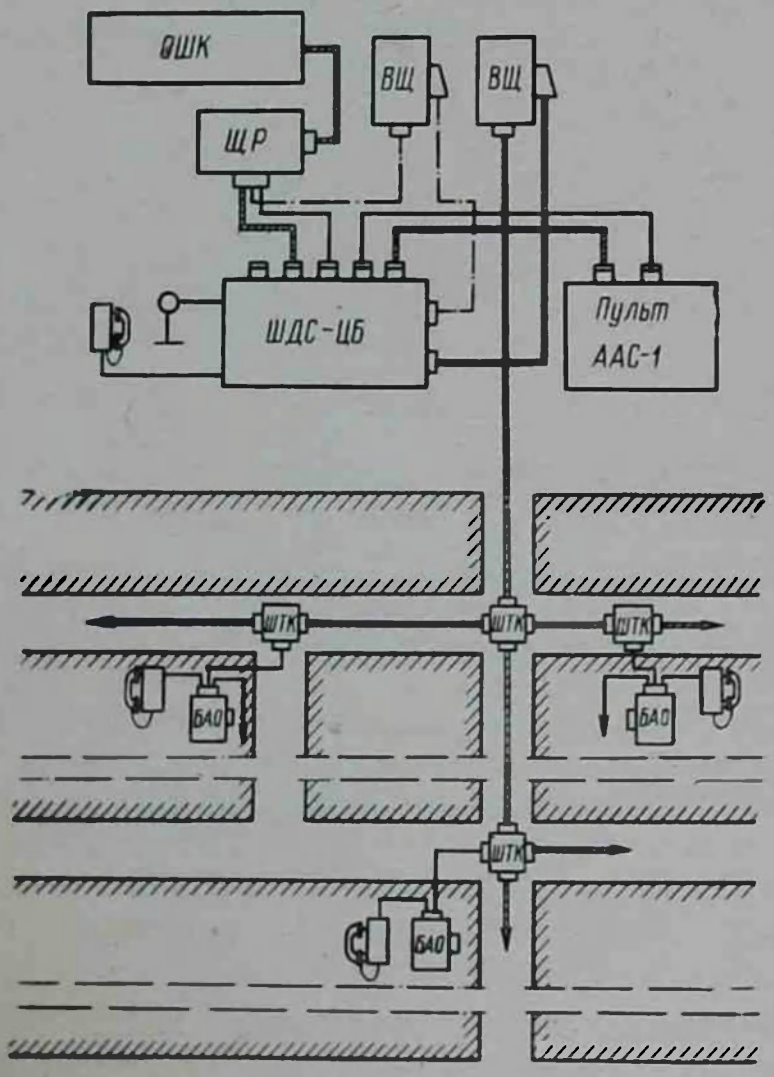

Рис. 10. Структурная схема аппаратуры аварийной сигнализации ААС-1

Комплект аппаратуры ААС-1 обеспечивает оснащение шахты с общим расходом воздуха до 20 000 *м³/мин*.

Структурная схема аппаратуры аварийной сигнализации ААС-1 изображена на рис. 10. Пульт аварийной сигнализации через штепсельные разъемы подсоединяется к диспетчерскому аппарату *ШДС-ЦБ* или к распределительным коробкам *ВЩ*.

Блоки *БАО* подсоединяются к телефонным кабелям через коробки *ШТК* на погрузочных пунктах или основных откаточных выработках. Блок оповещения устанавливают, как правило, рядом с телефонным аппаратом. Если телефон удален от блока *БАО* на расстояние более 100 *м*, необходимо установить дополнительный телефон рядом с блоком оповещения. Для этой цели в блоке предусматривается дополнительный ввод под кабель ТГВШ.

Пульт системы ААС-1 (рис. 11) имеет два генератора в. ч. аварийного сигнала. При аварии включается любой генератор переводом переключателя $П_3$ из нейтрального положения в рабочее. Следовательно, один из них является резервным. Генератор сигналов частотой 12 *кгц*, принятый в схеме, представляет собой полупроводниковый автогенератор с трансформаторной обратной связью, собранный на транзисторе П-203.

Десять приемников пульта управления постоянно подключены через замкнутые контакты кнопок $К_1$—$К_{10}$ к телефонным парам, к которым в шахте подсоединены блоки *БАО*. Вход приемника представляет собой последовательный резонансный контур L_4C_7, настроенный на частоту 12 *кгц*.

На выходе приемника, т. е. в коллекторной цепи триода $Т_2$ (П-26), установлено контактное реле $1Р_2$ (РДЧГ), которое своим контактом замыкает цепь сигнальной лампы соответствующей линии и одновременно подает питание на звуковой генератор, к выходу которого подключен динамик *ДЭМ-4М*. Генераторы и приемники аппаратуры ААС-1 выполнены в виде отдельных блоков на штепсельных разъемах.

Питание приемников, генераторов и сигнальных устройств пульта принято от аккумуляторных батарей ОШС, так как последние имеют 100%-ный резерв батарей и стабильное значение напряжения. Приемники и генераторы блоков *БАО* и пульта *ПАС* имеют идентичное исполнение, только питание их производится от местных источников *МБ* (25ПМЦГ-У1,3) напряжением 24 *в*. В блоке оповещения контакт реле приемника замыкает цепь питания электромагнита *ЭМ*.

Стеклянная ампула с остропахнущей жидкостью расположена снаружи взрывобезопасной оболочки и разбивается специальным устройством.

Для подачи сигнала об аварии с пульта *ПАС* на участок шахты диспетчер (дежурный) устанавливает тумблер $П_3$ в любое крайнее положение, при этом подается питание на генератор частотой 12 *кгц*, а выход его подключается к общей распределительной линии. Кратковременным нажатием одной из кнопок, например $К_1$,

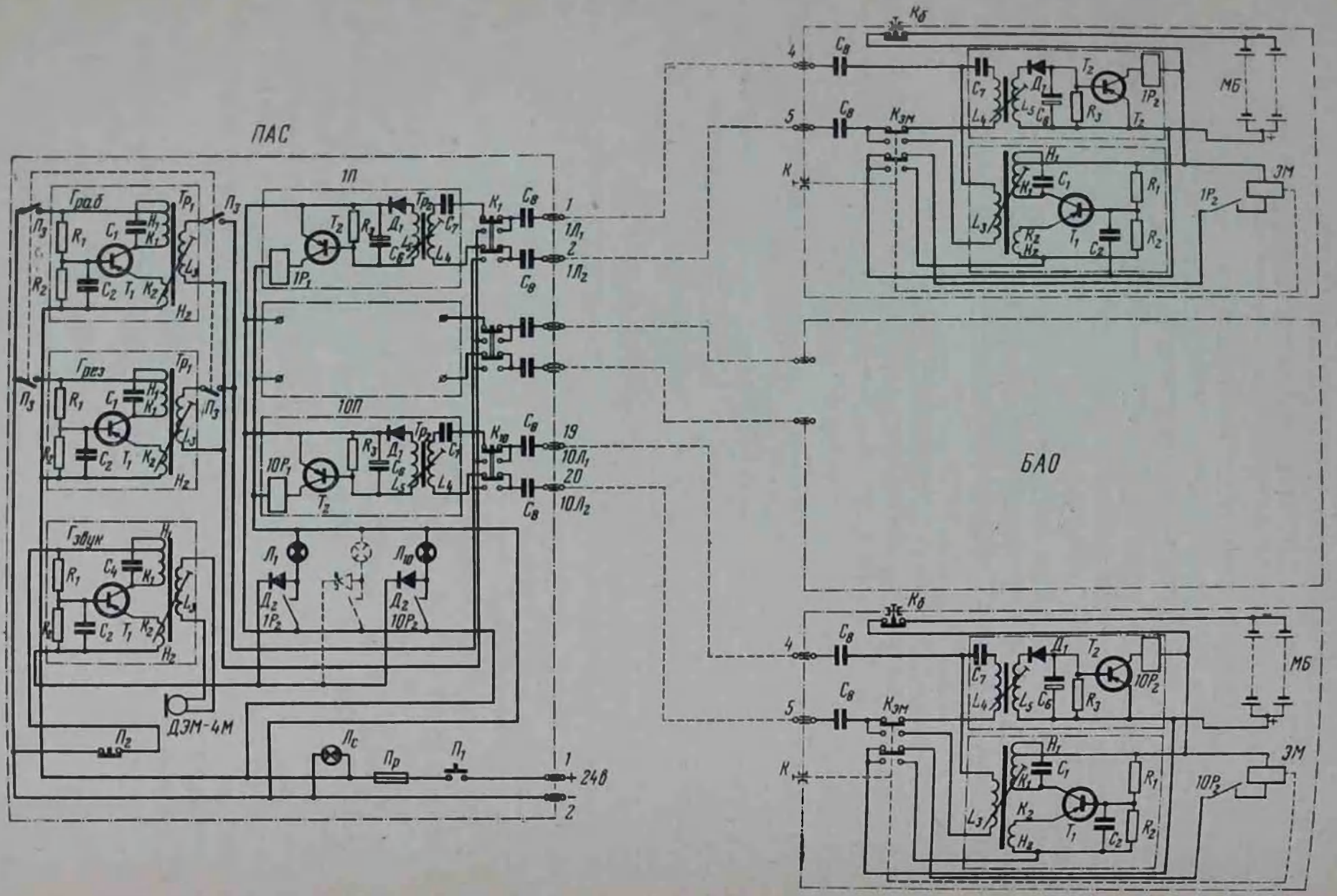

Рис. 11. Принципиальная схема аппаратуры аварийной сигнализации ААС-1

отключается соответственно приемник *1П* и в. ч. сигнал подается в линию связи $1Л_1$ к БАО № 1. Через разделительные конденсаторы C_8 и замкнутый контакт $K_{эм}$ электромагнита сигнал об аварии поступает на вход приемника *БАО*. Реле $1P_2$ приемника при срабатывании замыкает контакт $1P_2$ в цепи электромагнита. Электромагнит приводит в действие механическую часть разбивателя ампулы, а также воздействует на переключатель $K_{эм}$, который отключает приемник и подключает генератор в. ч. блока *БАО* к телефонной линии. Одновременно этим же переключателем разрывается цепь питания катушки электромагнита. После возврата кнопки K_1 пульта *ПАС* в исходное положение его приемник *1П* подключается к телефонной линии и высокочастотный сигнал поступает на входной контур приемника, при этом срабатывает реле $1P_1$ и контактом $1P_1$ включает сигнальную лампу $Л_1$ с сиреной. Ввод в действие последующих блоков *БАО* производится аналогичным образом нажатием соответствующей кнопки.

Подача сигнала об аварии с места установки блока *БАО* на пульт диспетчера, а также периодический контроль за сохранностью и работой блоков производится кнопкой *К*, выведенной на крышку аппарата. Нажатием кнопки *К* переключатель $K_{эм}$ отключает приемник блока и подключает в. ч. генератор к телефонной линии. В опытных образцах аппаратуры ААС-1 этой кнопкой замыкалась цепь питания электромагнита, а следовательно, разбивалась ампула с ароматическим веществом, т. е. оповещение участка или крыла шахты производилось с места установки блока *БАО*.

В аппаратуре ААС-1 предусматривается подача сигнала об аварии только на диспетчерский пульт. Кроме того, устанавливаются полосовые фильтры на входе в. ч. приемников блоков *БАО* с целью более качественного избирания полезного сигнала и защиты от помех и других побочных частот.

В настоящее время шахты «Комсомолец» и им. С. М. Кирова комбината Кузбассуголь оснащаются аппаратурой ААС-1. Результаты испытаний ароматического метода оповещения на упомянутых шахтах приведены в главе II.

Рассмотрим результаты работ приемно-передающих устройств. Из табл. 1 видно, что половина аппаратов БАО была установлена на расстоянии 5 *км* и более от пульта ПАС, максимальное расстояние (погрузочный пункт западных Толмачевских лав) составило 7,7 *км*, величина в. ч. сигнала частотой 12 *кгц* в конце этой линии получилась равной 1,6 *в* (чувствительность приемников БАО 0,5—0,65 *в*). Уверенный прием в. ч. сигналов и срабатывание блоков оповещения были получены при испытании аппаратуры на линии протяженностью 11 *км* по кабелям ТРВШ-20(30, 40) $\times$0,8.

Существенную разницу величин в. ч. сигнала в конце телефонных линий одной и той же длины можно объяснить разным входным сопротивлением линии, а следовательно, и затуханием в. ч. сигнала частотой 12 *кгц*. Монтаж и наладка аппаратуры ААС-1 не требуют

Таблица 1

Место установки блока БАО	Длина телефонного кабеля от пульта ПАС, *км*	Величина в. ч. сигнала БАО, *в*
Шахта «Комсомолец»		
Клетевой ствол, гор. +100 *м*	0,40	10
Клетевой ствол, гор. ±0	0,60	10
Майеровский западный штрек	2,60	5
Восточный квершлаг	3,25	5
74-й основной штрек пл. Толмачевского	3,35	5
Люк лав 106 и 108 (бремсберг № 2)	4,25	4
Бремсберг № 4 (пласт Бреевский)	6,05	2,3
Вентилятор ВУПД-2,4 Снятковского уклона	5,00	4
Вентилятор ВУПД-2,4 шурфа 24	3,50	4,5
Вентилятор ВУПД-2,4 Максимовского бремсберга	1,55	6
Шахта им. С. М. Кирова		
Пласт Поленовский:		
запад	1,70	6,5
восток	1,2	7
Пласт Снятковский:		
запад	6,1	4
восток	6,7	4,2
Пласт Емельяновский:		
запад	5,025	3,7
восток	6,3	3,5
Пласт Толмачевский:		
запад	7,7	1,6
восток	6,1	4
Пласт Бреевский:		
запад	6,6	4,5
восток	7,2	3,4

больших материальных затрат и времени. Контроль за работой аппаратуры ведется персоналом участка связи шахты.

Аппаратура радиосвязи «Шахтер». Сотрудники института горного дела СО АН СССР создали переносную подземную радиостанцию «Шахтер» [12], предназначенную главным образом для оснащения лиц ВГСЧ и горного надзора. Она может быть использована также для производственной связи, для оповещения об опасностях в шахте и передачи инструкций о поведении людей в этих условиях. Переносная радиостанция «Шахтер» (рис. 12) выполнена с использованием элементов и узлов диспетчерского передатчика «Шахтер», ранее разработанных ИГД СО АН СССР.

В отличие от зарубежных переносных аппаратов радиосвязи, где использованы рамочные и петлевые гибкие антенны значительных габаритов, в радиостанции «Шахтер» применена магнитная ан-

тенна направленного действия, имеющая форму полукольца и незначительный размер.

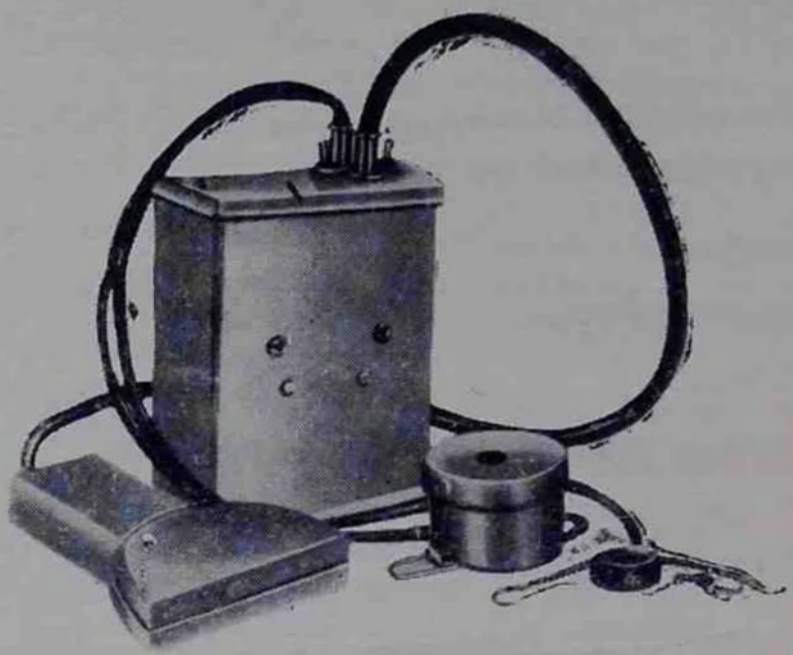

Рис. 12. Переносная радиостанция «Шахтер»

Техническая характеристика радиостанции

	Диспетчерской	Переносной подземной
Несущая частота, *кгц*	100	100
Модуляция	Амплитудная	Амплитудная
Чувствительность приемника, *мкв*	Не менее 100	Не менее 300
Питание от сети переменного тока, *в*	80—240	—
Мощность передатчика, *вт*	10	Не менее 0,5
Ток, *ма*:		
потребляемый приемником	—	30
потребляемый передатчиком	—	200
Вес станции, *кГ*	18	2 (без электропитания)
Вес источника электропитания, *кГ*	—	0,6

Диспетчерская радиостанция имеет нормальное исполнение и выполнена на электронных лампах [12]. Переносная радиостанция (рис. 13) имеет искробезопасное исполнение, выполнена на транзисторах и состоит из следующих основных частей: приемника прямого усиления с чувствительностью 300 *мкв/м*; передатчика с амплитудной модуляцией и подводимой мощностью к магнитной антенне около 0,5 *вт*; магнитной антенны специальной формы, которая является входным контуром приемника и выходным контуром пе-

редатчика при соответствующих переключениях кнопок на самой антенне; комплекта питания, состоящего из 11 элементов ОР-4 (13 в); микрофонной трубки с капсулями ДЭМ-4М.

Связь между станциями осуществляется на частоте 100 *кгц*.

В качестве каналов радиосвязи между переносными станциями и диспетчерской используются металлические оболочки кабелей, трубопровод, рельсы, телефонные контрольные и силовые кабели. В качестве обратного провода служит земля.

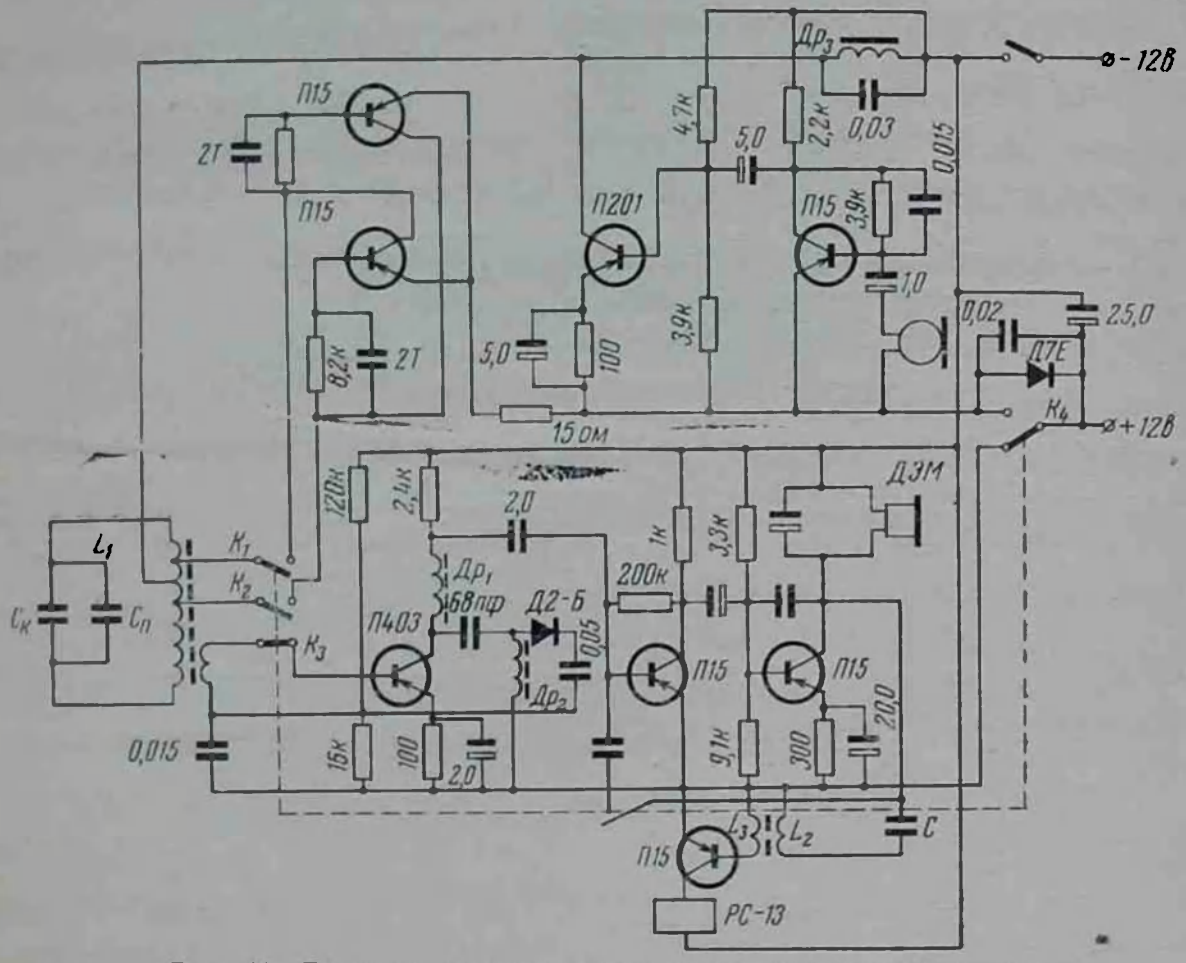

Рис. 13. Принципиальная схема радиостанции «Шахтер»

Высокочастотное поле магнитной антенны передатчика при поднесении к металлическому проводнику возбуждает в нем в. ч. ток, электромагнитное поле которого распространяется вдоль проводника. Это поле в магнитной антенне приемника другой радиостанции возбуждает в. ч. ток и таким образом происходит прием передаваемого сигнала. Используя эффект взаимонаведения электромагнитного в. ч. поля с одного проводника на другие, можно вести связь по разным проводникам.

Переносные радиостанции, кроме связи между собой, могут иметь связь с диспетчерской (командной) радиостанцией, укомплектованной соответствующим приемником и передатчиком. Такие испытания переносных радиостанций с диспетчерской связью были проведены на шахтах им. Ярославского и им. С. М. Кирова комбината Кузбассуголь. Прямая громкоговорящая связь между пере-

носными радиостанциями и при использовании в качестве канала связи телефонного кабеля доходила до 2 *км*. Уверенная радиосвязь по противопожарному трубопроводу была не более 1 *км*, при этом большой участок труб проходил по обводненной или сырой почве.

Дальность связи диспетчерской станции «Шахтер» с переносными радиостанциями в выработках по полю шахт им. Ярославского и им. С. М. Кирова на разные телефонные линии не ограничена (максимальное удаление телефонных аппаратов от диспетчерского пульта по шахте им. С. М. Кирова составляло 8—10 *км*).

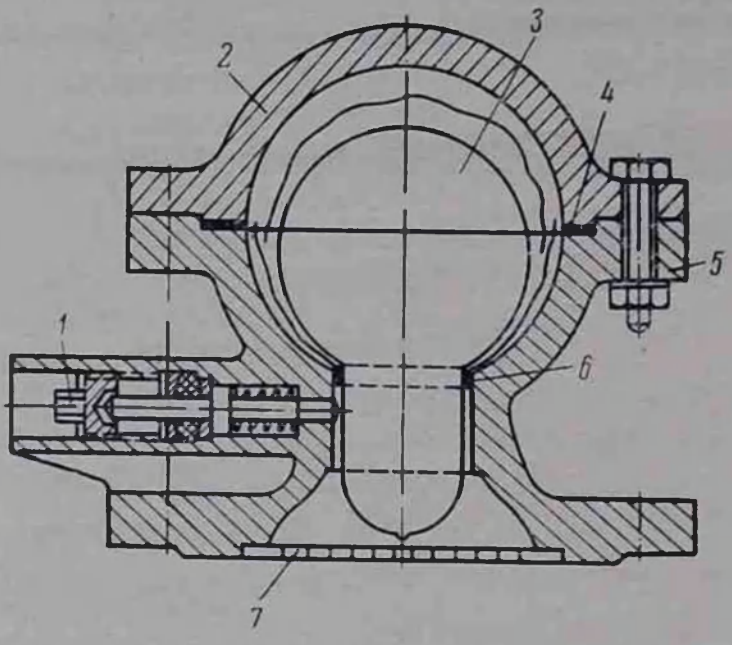

Рис. 14. Устройство для ввода этилмеркаптана в пневмопровод:

1 — винт; *2* — крышка; *3* — ампула; *4* — уплотнение; *5* — корпус; *6* — резиновое кольцо; *7* — сетка

Громкий тон-вызов или речь диспетчера принимались при движении по выработкам, по которым были проложены телефонные провода, на значительном расстоянии от несущих проводников посередине очистных выработок, что особенно важно при передаче сигналов с командного пункта. Искробезопасное исполнение переносных радиостанций типа «Шахтер» позволяет применять их на шахтах, опасных по газу или пыли. В случае необходимости оператор радиостанции может работать тон-сигналами в отравляющей среде, а также микрофоном — ларингофоном с применением специального устройства в лицевой части респираторной коробки.

Устройство для сигнализации по пневмопроводу. При использовании в шахте пневмоэнергии на выемочных и подготовительных участках ароматическая сигнализация может быть осуществлена по сети трубопроводов сжатого воздуха.

Имеется несколько типов отечественных и зарубежных конструкций устройств для ввода пахучего вещества в пневмопровод. Принцип действия и конструкция одного из них показаны на рис. 14.

Металлический сосуд со стеклянной ампулой *3* крепится в вертикальном положении с помощью стандартного фланца к трубопроводу. Раздавливание стеклянной ампулы с остропахнущей жидкостью производится вращением винта *1*. Ключ для винта хранится в опломбированном ящике рядом с аварийным устройством.

С целью предотвращения попадания осколков стекла в трубопровод между фланцем корпуса и трубопроводом устанавливается металлическая сетка *7*. Для предохранения ампулы от случайного раздавливания служит резиновое кольцо *6*.

Ввод пахучего вещества в пневмопровод может осуществляться с пульта диспетчера. Для этой цели применяют электромеханические приводы, питающиеся с поверхности по свободным жилам телефонного кабеля [19].

3. Основные требования к средствам аварийного оповещения

Основные требования, которым должны удовлетворять средства аварийного оповещения:

1) каждая шахта должна иметь два независимых способа оповещения;

2) система аварийной сигнализации должна быть двусторонней, чтобы каждый обнаруживший аварию мог быстро ввести в действие устройство оповещения и сообщить об аварии диспетчеру шахты или другому лицу горного надзора;

3) питание систем аварийной сигнализации (или включение в действие исполнительных сигнальных устройств) должно быть таким, чтобы исполнительные устройства могли срабатывать при отключении электро- или пневмоэнергии на объекте оповещения;

4) аварийная сигнализация должна предусматривать возможность оповещения людей, работающих как на отдельных участках, так и на крыльях, горизонтах и шахте в целом;

5) время, необходимое для оповещения трудящихся об аварии в шахте, должно составлять не более 10—15 *мин*;

6) при использовании телефонной линии в качестве канала связи для системы аварийной сигнализации последняя должна обеспечивать внеочередную или независимую подачу сигнала об аварии как с поверхности к месту установки исполнительных сигнальных устройств, так и обратно. Приемно-передающее устройство системы оповещения должно быть искробезопасным.

Глава II

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКОЙ АВАРИЙНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

1. Общие сведения

Оповещение горнорабочих о грозящей опасности в шахтах с помощью ароматической сигнализации известно уже свыше 40 лет. В 20-х годах ее начали применять на металлических рудниках в США [16].

В СССР впервые опыты по ароматической сигнализации были проведены в 1934 г. на донецкой шахте «Кочегарка» [10]. В последующие годы оповещение людей об опасности в горных выработках с применением пахучих веществ получило распространение в некоторых зарубежных странах и на отдельных шахтах и рудниках СССР. При этом возникло два способа оповещения, отличающихся доставкой ароматического вещества к необходимым местам в шахте.

Первый способ состоит в том, что в трубопровод сжатого воздуха вводится пахучее вещество, пары которого разносятся сжатым воздухом по трубопроводам к рабочим местам, а в дальнейшем распространяются и вентиляционными струями воздуха, проникая в наиболее удаленные места. Этот способ рекомендуется к применению на шахтах, имеющих разветвленную сеть воздухопровода. Несмотря на эффективность, он не получил широкого распространения, так как на многих шахтах сеть сжатого воздуха охватывает не все рабочие места, а зачастую отсутствует.

Сущность второго способа заключается во вводе в свежую струю воздуха участка, крыла или шахты сильно пахнущего вещества, запах которого струей воздуха разносится по всем горным выработкам и служит сигналом об опасности. В последнее время этот способ успешно прошел испытания и применяется на ряде шахт Советского Союза и за рубежом.

2. Вещества, применяемые для ароматической сигнализации

Для ароматической сигнализации требуются сильно пахнущие вещества, которые по аналогии с существующим в газовой промыш-

ленности термином называют одорантами (от латинского odor — запах).

Из многочисленных опытов, проведенных по выбору одоранта как для одоризации газа при газоснабжении городов, так и для оповещения рабочих в шахте о грозящей опасности, установлено, что наиболее эффективными являются дурнопахнущие вещества.

Вещества, применяемые в качестве одорантов, должны иметь следующие свойства:

1) запах паров одоранта даже при малых концентрациях должен быть резким, неприятным и отличным от всех других запахов, возможных в горных выработках;

2) быть физиологически безвредными, не вызывать раздражения слизистых оболочек, слезоточения и тошноты в тех их концентрациях, которые нужны для создания ощутимого запаха;

3) кипеть в умеренно узких пределах температур и одновременно обладать достаточно высокой упругостью паров, чтобы они не могли конденсироваться в эксплуатационных условиях;

4) не быть слишком дорогими и дефицитными;

5) не вызывать коррозии металла.

Практика показывает, что температура кипения одоранта должна быть не ниже 35—40° С. Вещества с более низкими температурами кипения, несмотря на наличие у них сильного и характерного запаха (типа метилмеркаптана с температурой кипения 5,8° С), не применяются из-за больших осложнений, связанных с хранением, транспортированием и использованием этих сильно испаряющихся веществ.

Для того чтобы одорант не замерзал при хранении, транспортировании и использовании, температура плавления его должна быть ниже максимальных зимних температур данного района.

Не всякая жидкость, имеющая сильный и острый запах, может быть использована в качестве одоранта, более того, не известно ни одного вещества, которое могло бы полностью удовлетворять всем поставленным выше требованиям.

В практике газоснабжения и ароматической сигнализации применялись различные одоранты: тиоацетон, эвкалиптовое и банановое масла, одеколон, этилмеркаптан, каптан, пенталарм, калодорант, алерт, сульфан, тетрагидротиофен и др. Иногда для одоризации применяют сырой бензол газовых и коксохимических заводов и головные фракции бензола.

Первым и лучшим веществом, применяемым для одоризации газов и воздуха, является тиоэтиловый спирт — этилмеркаптан — легко испаряющаяся бесцветная, прозрачная, летучая жидкость с резким неприятным запахом, в малых концентрациях напоминающим запах протухшей капусты. Этилмеркаптан относится к группе меркаптанов (тиоспиртов), физические свойства которых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Меркаптан (тиоспирт)	Формула	Состояние в обычных условиях	Молекулярный вес	Температура кипения, °С	Растворимость в воде (20°), вес. %
Метилмеркаптан	CH_3SH	Газ	48,11	5,8	—
Этилмеркаптан	C_2H_5SH	Жидкость	62,13	36—37	1,5
Бутилмеркаптан	C_4H_9SH	То же	90,18	97—98	Трудно растворим
Изоамилмеркаптан	$(CH_3)_2CH \cdot (CH_2)_2SH$	»	104,21	129	—

Этилмеркаптан имеет следующие физико-химические свойства:

Содержание серы, %	51,5
Температура плавления, °С	—144,4
Удельный вес в жидком состоянии при 20° С	0,840
Удельный вес паров при 0° С и 1 *ата*, *г/л*	2,77
Скрытая теплота испарения, *ккал/кг*	105
Температура воспламенения, °С:	
с воздухом	299
с кислородом	261
Пределы взрываемости этилмеркаптана в смеси с воздухом, %:	
нижний	2,8
верхний	18,2
Упругость паров (*мм рт. ст.*) при:	
10° С	291
20° С	440
30° С	644

Этилмеркаптан частично растворим в воде, хорошо растворим в спирте, эфире, бензоле, нефти. В воде растворяется до 7% при 18° С. Этилмеркаптан легко воспламеняется, горит с образованием сернистого газа, обладает кислотными свойствами. Запах C_2H_5SH ощущается в воздухе при миллионных долях объемного процента. Концентрация до 0,016 *г/м*^{3} не вызывает серьезных последствий даже при многочасовом воздействии, хотя находиться в такой атмосфере неприятно из-за отвратительного запаха этилмеркаптана [4]. Концентрация до 0,016 *г/м*^{3} может быть принята за нижний предел токсического действия этого вещества. Разность концентраций между первым ощущением запаха этилмеркаптана и нижним пределом его токсического действия весьма значительна. Этим и обусловлена его эффективность в качестве одоранта.

Промышленный этилмеркаптан выпускается следующего состава:

C_2H_5SH	Не менее 90%
Хлористый этил	Не более 3%
Соединения диэтилсульфида	5%
Соединения сероводорода	2%

Этилмеркаптан реагирует с окислами тяжелых металлов, образуя меркаптиды; это свойство следует учитывать, имея в виду возможность взаимодействия его с окислами металла газопроводов.

Более тяжелые тиоспирты типа пропилмеркаптана C_3H_7SH, бутилмеркаптана C_4H_9SH и амилмеркаптана $C_5H_{11}SH$ применяют для одоризации газов в виде смесей с другими веществами.

В состав комплексных одорантов, кроме тиоспиртов, входят также сульфиды и дисульфиды, например диэтилсульфид $C_2H_5 — S — C_2H_5$, диэтилдисульфид $C_2H_5 — S — S — C_2H_5$ и др. Сульфиды и дисульфиды относятся к предельным сернистым соединениям и представляют собой жидкости, имеющие запах, сходный с запахом тиоспиртов, но несколько менее резкий.

В зарубежной практике одоризации газов получил распространение комплексный продукт — калодорант, получаемый из фракций сернистых нефтей. Содержание серы в этом продукте составляет около 4,5—5%. В состав сернистых соединений калодоранта входят: около 3% меркаптанов, 74% сульфидов, 12% дисульфидов и 11% тиофенов. Калодорант обладает следующими свойствами:

Молекулярный вес	Около 115—120
Температура кипения, °С	43
Удельный вес в жидком состоянии	0,8155
Температура вспышки, °С	21
Упругость паров (*мм рт. ст.*) при температуре:	
10° С	Около 1,2
20° С	2,5
30° С	5,0
Начало кипения, °С	43,3

Общее весовое содержание одоризирующих веществ в калодоранте составляет около 10%, на долю бессернистых соединений, т. е. не имеющих сильного запаха, приходится 90%. Содержание серы в калодоранте примерно в десять раз меньше, чем в этилмеркаптане, кроме того, упругость паров калодоранта значительно ниже, чем этилмеркаптана. Это значит, что потребное количество калодоранта для одоризации одного и того же количества газа должно быть больше, чем этилмеркаптана не менее чем в десять раз.

Более концентрированным одорантом, получаемым на нефтеперерабатывающих заводах также из фракций сернистых нефтей, является пенталарм — жидкость красного цвета с сильным запахом, напоминающим запах чеснока. Пенталарм обладает следующими свойствами:

Удельный вес жидкости при 20° С	0,835
Удельный вес паров при 0° С и 760 *мм рт. ст.*, *кг/м³*	3,58
Скрытая теплота испарения, *ккал/кг*	80
Температура вспышки, °С	8,3
Перегоняется в пределах, °С	110—115
Упругость паров (*мм рт. ст.*) при температуре:	
5° С	Около 15
25° С	Около 35
50° С	Около 100

Одоризирующие вещества пенталарма в основном состоят из меркаптанов, сульфидов и дисульфидов.

Четвертым одорантом, получившим распространение, является каптан — весьма летучая жидкость зеленого цвета, обладающая высокой упругостью паров, приближающейся к этилмеркаптану. Так, упругость пара каптана при 0° С составляет около 0,25 *кГ/см²*, при 35° С — около 1 *кГ/см²*, удельный вес в жидком состоянии 0,835.

Каптан получается из фракций сернистых нефтей и на 95% состоит из меркаптанов. Он является весьма концентрированным продуктом, значительно превосходящим по одоризационным свойствам не только калодорант, но и пенталарм.

В последнее время в качестве одоранта рекомендуется тетрагидротиофен C_4H_8S. Его основные данные:

Температура, °С:	
кипения	+121,45
замерзания	—96,21
Удельный вес при 20° С	0,9998
Молекулярный вес	88

В СССР предложен новый одорант — сульфан. Этот продукт представляет собой почти бесцветную жидкость с удельным весом 0,85, началом кипения около 35—40° С и концом кипения 120—150° С. Общее содержание серы в сульфане доходит до 45—52% по весу. Сульфан в основном состоит из диметилсульфидов (около 80%), диметилдисульфидов (до 10%) и метилмеркаптана (до 10%). Его изготовляют из отходов целлюлозно-бумажной промышленности.

Эффективность перечисленных одорантов можно определить по средним нормам введения их на 1000 *м³* природного горючего газа при его непрерывной одоризации:

	г	*см³*
Этилмеркаптан	16	19,1
Тетрагидротиофен	16	16,0
Пенталарм	18	21,7
Каптан	16	19,0
Сульфан	25—30	30—35
Калодорант	215	250

Для кратковременной одоризации норма подачи одоранта может значительно увеличиваться (до десятикратной величины) по сравнению с указанными нормами.

Нормы подачи одоранта зимой и летом различные. Летом норма меньше. Это объясняется тем, что обоняние человека более чувствительно при повышенных температурах. Излишняя подача одоранта нежелательна по гигиеническим и экономическим соображениям.

Одоранты являются легкоиспаряющимися горючими жидкостями, причем их пары могут образовывать с воздухом взрывоопасные

смеси. По этой причине все склады для хранения и помещения, в которых производится розлив, запайка и другие работы с одорантом, относятся к категории взрыво- и пожароопасных сооружений.

Одоранты следует хранить в бочках со свинцовыми пробками по возможности при низких температурах, так как при этом выделяется меньше паров. Бочки с одорантом нельзя держать на солнце.

Вдыхание паров одорантов вредно для человека, а запах их чрезвычайно неприятен, поэтому помещение с одорантом следует хорошо проветривать. Запах их могут приобретать предметы и товары, находящиеся в соприкосновении при совместном хранении и транспортировании, а также средства транспорта. Поэтому одоранты транспортируют в специальных вагонах или специальными рейсами самолетом.

Небольшие количества одоранта можно хранить в стальных баллонах со свинцовыми пробками. Баллоны целесообразно держать в запаянных полиэтиленовых мешках. Разливку одоранта в колбы и запайку их в помещении следует производить в вытяжном шкафу.

Централизованное снабжение одорантом в ампулах небольшого объема для аварийной сигнализации еще не налажено. Изготовление ампул, заливку одорантом, запайку производят в лабораториях ВГСЧ или непосредственно сами потребители. Ампула имеет воронкообразное горлышко, через которое шприцем вводят необходимое количество одоранта (не более чем на $^4/_5$ их объема) и которое затем запаивают газовой горелкой. Пайка должна быть тщательной, без трещин на стекле. Для этого стекло предварительно отжигают.

Растворы белильной извести или гипохлорита натрия, а также слабый раствор марганцевокислого калия уничтожают запах одоранта. Этими растворами надо поливать места, загрязненные одорантом, и мыть ими руки после работы. Запрещается посыпать сухой порошок гипохлоритов на разлитый одорант, так как может произойти воспламенение

Для борьбы с запахом одорантов, имеющих сульфидную, а не меркаптановую основу, можно посыпать пролитый одорант песком или песчаной глиной.

Особую осторожность необходимо соблюдать при переливании одоранта. Эту работу надо производить вдвоем или в присутствии наблюдающего лица. Нужно беречь одежду от загрязнения одорантом, так как она приобретает сильный и неприятный запах.

Для очистки бочек от одоранта надо полностью слить последний и продуть газом до полного высыхания. После этого бочки наполняют на $^1/_3$ объема водой и добавляют 9—10 *л* концентрированного гипохлорита натрия или 5%-ного раствора хлорной извести, закрывают и перекатывают на боку в обе стороны. Затем бочки полностью доливают водой и оставляют их на ночь, а на следующий день опорожняют и наливают водой.

Степень одоризации, т. е. определение содержания одоранта в

воздухе, можно проверять камерным или колориметрическим способом или специальным аппаратом-одориметром [9].

При камерном способе в помещение (камеру) объемом 40—50 $м^3$, где должны находиться здоровые люди с нормальным обонянием, постепенно вводят одорированный воздух, количество которого замеряется счетчиком. Воздух в помещении перемешивается вентилятором. В тот момент, когда большинство участников испытания, разместившихся в разных концах контрольного помещения, ощутят запах одоранта, прекращают подачу воздуха и все немедленно выходят из помещения камеры. Зная расход одорированного воздуха, замеренный счетчиком, и объем контрольного помещения, определяют, при какой концентрации одорированного воздуха в помещении начал ощущаться запах одоранта. Содержание одоранта в одорированной струе, вводимой в помещение, должно быть известно. Таким образом определяется эффективность проводимой одоризации.

Контроль за одоризацией камерным способом предусмотрен ГОСТ 5580—56 «Газ для коммунально-бытового потребления. Методы испытаний». Согласно этому ГОСТу заключение о наличии запаха в помещении дают в том случае, если три человека из пяти ощущали запах газа.

Колориметрический метод контроля одоризации меркаптановыми одорантами основан на использовании цветной реакции меркаптанов с медной солью олеиновой кислоты. На фильтровальную бумагу, пропитанную раствором олеата меди (2,5 *г* на 100 $см^3$ растворителя четыреххлористого углерода), в течение 15 *мин* направляют струю проверяемого одорированного газа в количестве 140 *л/ч*. Замер количества газа и его регулирование осуществляют лабораторным газовым счетчиком. Если затем выставить бумагу на солнечный или искусственный свет, то она потемнеет. Сравнивая интенсивность темного окрашивания контрольной бумаги с заготовленными эталонами, имеющими различную окраску, можно судить о содержании в газе меркаптанов, а следовательно, и об эффективности одоризации.

Приведенный метод можно применять в шахтных условиях. При этом необходимо, чтобы через индикаторную бумагу проходило каждый раз одинаковое количество воздуха.

Существуют специальные приборы для контроля за содержанием одорантов в природном газе, например прибор «Титрилог», применяемый в США [8]. Его выпускают как для стационарной установки, так и переносным. Чувствительность прибора велика и может быть оценена следующими нижними контролируемыми пределами ($мг/м^3$): метилмеркаптана 0,69; этилмеркаптана 1,15; бутилмеркаптана 1,83; диметилсульфида 2,98; метилсульфида 1,37; тетрагидротиофена 2,52. Удобный прибор подобного назначения — одориметр — разработан во Всесоюзном научно-исследовательском институте переработки и использования топлива (ВНИИТ).

3. Ароматическая сигнализация с использованием воздуховодов

В Советском Союзе первые опыты, проведенные на донецкой шахте «Кочегарка» [10], показали, что средняя скорость распространения одоранта — тиоацетона — по сети сжатого воздуха на участке длиной 1500 *м* была около 8 *м/сек*. Дальнейшее распространение запаха по вентиляционной струе совершалось с такой же скоростью. Для получения достаточно сильного запаха расход тиоацетона принимался равным 30—40 *см*^{3} на 1 *м*^{3} сжатого воздуха. Испытываемый другой одорант — ортохлорфенол — испарялся значительно медленнее, поэтому сигнализация запаздывала, неприятный же запах от него чувствовался долгое время (около 7 суток).

Последующими исследованиями ВУГИ [2] также была установлена высокая одоризационная способность тиоацетона. Опыт показал, что тиоацетон безвреден для здоровья и не портит труб. При концентрации в воздухе, необходимой для сигнализации, эта жидкость безопасна в отношении воспламеняемости и взрываемости и при расходовании сравнительно небольшого количества создает достаточно резкий запах.

Для получения надлежащей силы запаха тиоацетона в местах работы отбойных молотков и на ближайшем от них расстоянии (100—200 *м*) достаточно влить в сеть сжатого воздуха 2 *см*^{3} тиоацетона на 1 *м*^{3} расходуемого в минуту сжатого воздуха (при атмосферном давлении).

Скорость распространения запаха тиоацетона по трубам сжатого воздуха зависит от количества расходуемого воздуха и диаметра воздухопровода и при обычных шахтных условиях будет колебаться от 2 до 5 *м/сек*.

При использовании подобной аварийной сигнализации на одном из рудников Советского Союза [19] при расходе сжатого воздуха порядка 300—350 *м*^{3}*/мин* устанавливалась ампула, содержащая 500 *см*^{3} тиоацетона, т. е. примерно 1,5 *см*^{3} на 1 *м*^{3} воздуха в минуту. Содержание паров тиоацетона в сжатом воздухе после включения сигнализации, как показали лабораторные анализы, было незначительно (0,1—0,2 *г/м*^{3}). Время движения паров тиоацетона до забоев, расположенных на расстоянии до 1300 *м* от места установки сигнального устройства, составляло не более 5 *мин*. В случае необходимости это время можно сократить, установив сигнальное устройство ближе к забоям. Устройство, применявшееся для сигнализации, имело электрический привод для разбивания колб с тиоацетоном и включалось с поверхности дистанционно дежурным по шахте или лицом, ответственным за ликвидацию аварии.

На шахтах Польши и Чехословакии для ароматической сигнализации по трубопроводам сжатого воздуха используется этилмеркаптан. Ампулу, содержащую 150 *г* C_2H_5SH, помещают в главный воздухопровод в месте его разветвления по участку. В случае опасности ампула раздавливается специальным устройством вручную или с помощью электрического привода. Эффективность и быстрота

действия сигнализации характеризуются следующими данными. Сигнал тревоги распространялся по всему выемочному участку за время от нескольких секунд до 4 *мин* (максимум). Через 2 *мин* после подачи сигнала в откаточный штрек прибыли люди, работавшие в лаве, расположенной в 150 *м* от места подачи сигнала; спустя 14 *мин* в штрек собрались все люди, работавшие на расстоянии 1000 *м* и более.

При ручном включении устройств ароматической сигнализации ВУГИ рекомендует устанавливать их в возможно меньшем количестве, но обязательно в околоствольном дворе или квершлаге, как можно ближе к стволу шахты, а по штрекам — ближе к квершлагам, для того, чтобы быстрее привести в действие всю сигнализацию.

Распоряжение о приведении в действие ароматической сигнализации может быть передано любому лицу, лишь бы оно было выполнено как можно скорее. Получивший распоряжение обязан немедленно взять ключ от сигнализационного устройства, раздавить ампулу и открыть вентиль на воздухопроводе, если последний закрыт.

Если одним аппаратом обслуживают несколько шахтных участков, поступают следующим образом. Устройство с одорантом приводят в действие, как только будет получено распоряжение. Одновременно посылают рабочих на все участки, на которых необходимо открыть вентили на воздухопроводах. Когда рабочие откроют вентили и вернутся, вторично разбивают вновь вставленную в сигнальное устройство ампулу с одорантом. Благодаря такому порядку удается ускорить оповещение тех участков, на которых вентили были открытыми при первом пуске одоранта.

Ароматическую сигнализацию такого рода можно применять только на тех участках или отдельных забоях, в которых имеется сеть сжатого воздуха, и притом, когда в этих местах работают механизмы, потребляющие сжатый воздух, или он используется для проветривания забоя и других целей.

Чтобы использовать ароматическую сигнализацию в тот период, когда сжатый воздух на участке не расходуется, необходимо все время держать на каждом участке (или отдельном забое) на воздухопроводе по одному открытому штуцеру.

4. Испытание ароматической аварийной сигнализации с вводом одоранта в вентиляционные струи воздуха

Испытания этого вида ароматической сигнализации широко проводили на шахтах Кузбасса. В качестве одоранта применяли этилмеркаптан.

В задачу испытаний входило определение:

1) нормы одоризации воздушной струи, т. е. содержания такого количества этилмеркаптана в единице рудничной атмосферы, которое вызывает заметное ощущение запаха этилмеркаптана;

2) времени прохождения запаха этилмеркаптана от места ввода его в струю воздуха до места нахождения горнорабочих;

3) скорости распространения запаха по различным горным выработкам (откаточным, очистным, вентиляционным и др.);

4) степени одоризации и продолжительности запаха в различных местах горных выработок;

5) сколько горнорабочих ощущали запах этилмеркаптана в период проведения испытаний с учетом их субъективной оценки силы запаха;

6) величин и зависимостей, характеризующих скорость испарения этилмеркаптана при различных условиях. Эти данные нужны для подсчета количества этилмеркаптана, необходимого для создания определенной степени и продолжительности одоризации воздушной струи;

7) возможности применения этилмеркаптана для аварийного вывода людей из шахты (тренировочная или действительная тревога).

Испытания ароматической аварийной сигнализации проводили в подземных условиях на различных шахтах Прокопьевского района и на опытной шахте ВГСЧ. Они состояли из нескольких серий: I серия — установление предварительной нормы одоризации воздушной струи, II серия — определение эффективности предлагаемого способа аварийной сигнализации, III серия — определение некоторых зависимостей, необходимых для расчета количества этилмеркаптана при аварийной сигнализации, IV серия — промышленные испытания с целью вывода людей из шахты.

В зависимости от цели методики проведения испытаний отличались друг от друга, однако общим во всех случаях было следующее. Для испытаний выбирали сеть выработок, по возможности с одной входящей вентиляционной струей, в которую вводили этилмеркаптан — испарением с определенной поверхности, размеры которой были известны. В месте пуска замеряли количество проходящего воздуха. В отдельных случаях скорость движения воздуха замеряли по каждому характерному сечению выработок.

По пути движения одорированной струи находились наблюдательные посты, фиксировавшие время появления и исчезновения и силу запаха этилмеркаптана. Перед испытаниями со всеми рабочими участков, входящих в зону испытаний, проводили инструктаж. Для оценки эффективности одоризации воздуха была разработана временная классификация оценки силы запаха этилмеркаптана на основе субъективных ощущений (табл. 3). В промышленной токсикологии широко применяются классификации, подобные принятой [1].

Методика каждой серии испытаний приведена ниже. По каждому испытанию составляли акты со схемами проветривания горных выработок в районе испытаний. Приводим результаты испытаний.

Для установления нормы одоризации воздушной струи этилмеркаптаном проводили испытания на шахтах «Коксовая-1» и «Зи-

Таблица 3

Оценка силы запаха этилмеркаптана	Субъективное ощущение силы запаха этилмеркаптана
Очень слабый	Неустойчивый запах, с трудом улавливаемый лицами, хорошо знакомыми с этим запахом и специально ожидающими его появления
Слабый	Устойчивый запах, присутствие которого легко улавливается в воздухе лицами, знакомыми с этим запахом, но обращает на себя внимание людей, не знакомых с ним
Средний	Устойчивый запах, появление которого сразу же обращает на себя внимание людей, занятых любым видом работ в шахте. Запах неприятный, однако не отвратительный и не вызывает болезненных явлений
Сильный	Запах очень неприятный, вызывающий желание избавиться от него
Резкий	Запах отвратительный, вызывающий тошноту

Примечание. Запах при небольших концентрациях (от очень слабого до сильного) напоминает запах протухшей капусты.

минка-Капитальная» треста Прокопьевскуголь. Для этой цели выбиралась сеть горных выработок протяженностью 800—1300 *м*. Наблюдательные посты отмечали силу запаха этилмеркаптана и давали ей оценку в соответствии с табл. 3.

Этилмеркаптан выливали на металлическую площадку на входящей струе воздуха. За норму одоризации принимали такое количество этилмеркаптана, вводимое на 1000 $м^3/мин$ воздуха, при котором в точках наблюдений ощущался его сильный запах. Результаты испытаний приведены в табл. 4, а схемы проветривания районов горных работ, где проводили испытания — на рис. 15 и 16.

На основании испытаний была установлена предварительная норма одоризации воздушной струи, равная 3 $см^3$ этилмеркаптана на 1000 $м^3/мин$ воздуха при прохождении одорированной струи на расстояние примерно 1 *км*.

Для определения эффективности ароматической сигнализации с применением этилмеркаптана проводили испытания на шахтах «Коксовая-1» и «Черная гора» треста Прокопьевскуголь.

Эффективностью ароматической сигнализации называется комплекс следующих показателей:

1) наличие в любом месте района испытаний достаточно сильного запаха этилмеркаптана с тем, чтобы каждый горнорабочий ощущал его, однако интенсивность запаха не должна вызывать болезненных ощущений (тошноты и пр.);

2) минимальное время прохождения запаха от места ввода этилмеркаптана до участка с тем, чтобы при изменении направления воздушной струи запах этилмеркаптана достигал участка раньше, чем будет произведено реверсирование вентиляторов;

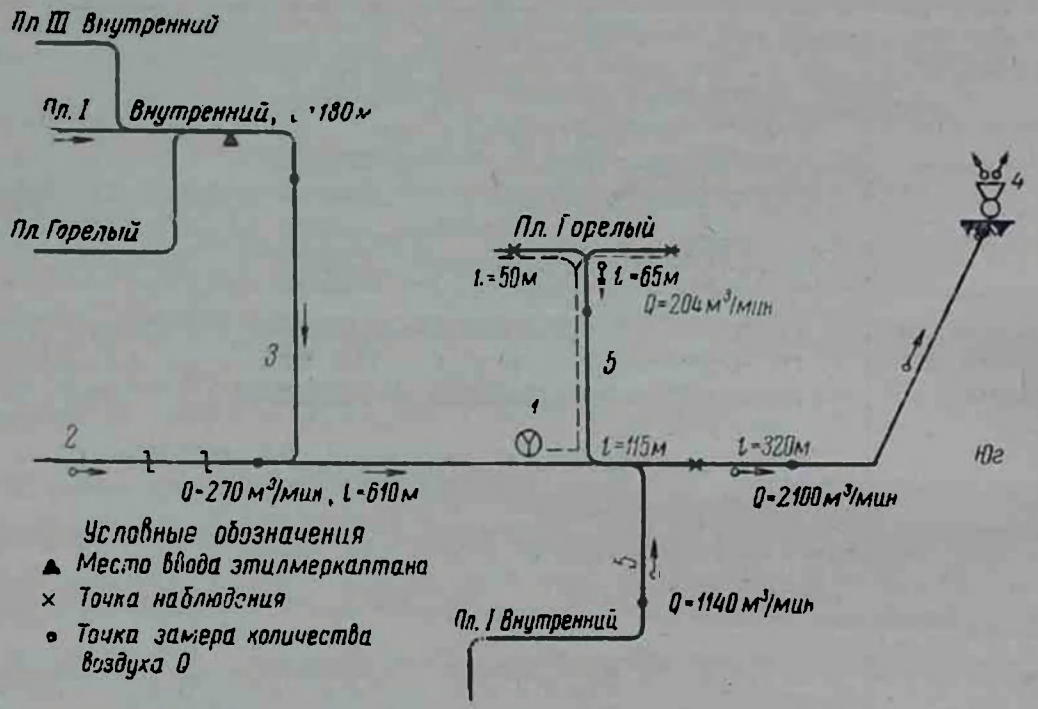

Рис. 15. Схема проветривания южного полевого штрека горизонта +220 *м* на шахте «Зиминка-Капитальная»:

1 — вентилятор «Проходка 500-2м»; *2* — южный полевой штрек, гор. 220 *м*; *3* — квершлаг 9 *l*=320 *м*; *4* — вентилятор ОДВ-2,8; *5* — квершлаг 10

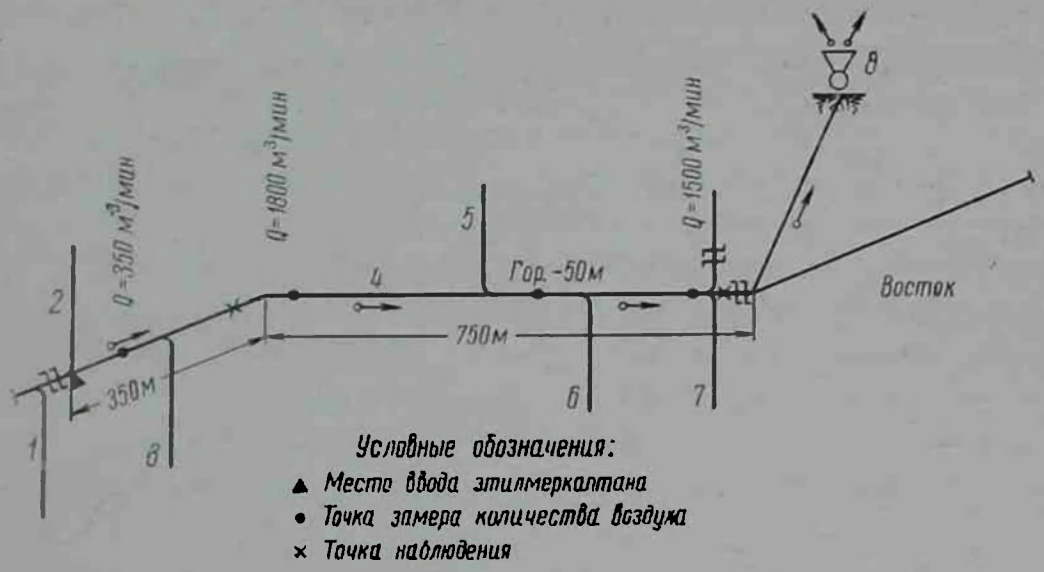

Рис. 16. Схема проветривания главного квершлага горизонта —50 *м* на шахте «Коксовая-1»:

1 — пласт VI Внутренний, 2-е крыло; *2* — пласт II Внутренний, 2-е крыло; *3* — полевой штрек, 3-е крыло; *4* — главный квершлаг; *5* — пласт II Внутренний, 4-е крыло; *6* — пласт IV Внутренний, 4-е крыло; *7* — пласт Горелый, 4-е крыло; *8* — вентилятор ВЦ-5

Таблица 4

Дата	Шахта	Район испытаний	Количество воздуха, поступающего в район испытаний, $м^3/мин$	Количество введенного этилмеркаптана, $см^3$	Фактическая степень одоризации, $\frac{см^3}{1000 м^3/мин}$	Расстояние от места ввода этилмеркаптана до участка, м	Оценка силы запаха	Продолжительность ощущения запаха этилмеркаптана, мин	Заключение о степени одоризации струи воздуха
1961 г. 22/VI	«Зимина - Капитальная»	Гор. +220 м, штрек пл. I Внутреннего, 180 м от квершлага 9	2100	14	7	1300	Резкий	—	Уменьшить
30/VI	«Коксовая-1»	Гор. --50 м, главный квершлаг, западнее пл. IV Внутреннего, 2-е южное крыло	1800	8	4,5	а) 300 б) 1100	То же Сильный	— 23	То же
1/VII	То же	Гор. --50 м, главный квершлаг, восточнее полевого штрека, 2-е южное крыло	1500	1	0,7	800	Слабый	3	Увеличить
4/VII	»	То же	1500	4	2,7	800	Сильный	8	Достаточная

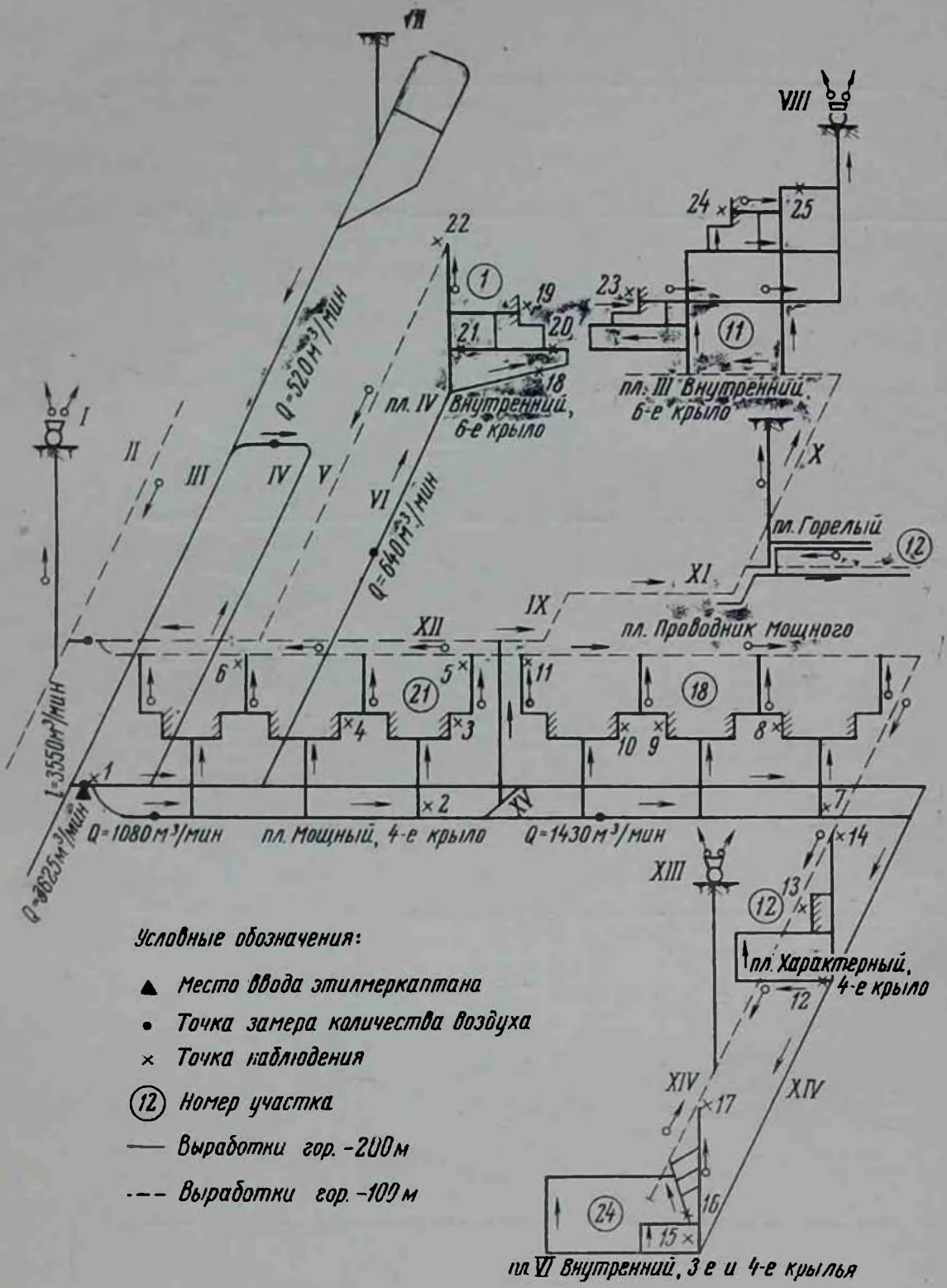

Рис. 17. Схема проветривания 4-, 5- и 6-го южных крыльев, горизонтов —100 и —200 *м* шахты «Коксовая-1»:

I — вентилятор ВЦ-5; *II* — главный квершлаг, горизонт —100 *м*; *III* — главный квершлаг, горизонт —200 *м*; *IV* — квершлаг 45; *V* — квершлаг 53; *VI* — полевой штрек; *VII* — 3-й вспомогательный ствол; *VIII* — вентилятор ОДВ-1,4; *IX* — восточный квершлаг; *X* — квершлаг 51; *XI* — вентилятор «Проходка 500-2м»; *XII* — полевой штрек, 4-е южное крыло, горизонт — 200 *м*; *XIII* — вентилятор ОДВ-1,8; *XIV* — квершлаг 65; *XV* — квершлаг 55

Таблица 5

Дата	Шахта	Район испытаний	Место ввода этилмеркаптана в струю воздуха	Количество воздуха, поступающего в район испытаний, $м^3/мин$	Количество введенного этилмеркаптана, $см^3$	Фактическая степень одоризации, $\frac{см^3}{1000\ м^3/мин}$
1961 г. 22/VIII	«Коксовая-1»	4-, 5- и 6-е южные крылья, гор. —100 и —200 *м* (участки *1, 11, 12, 18, 21, 24*, см. рис. 17)	Полевой штрек 4-го южного крыла, гор. —200 *м* в 30 *м* от главного квершлага	4000	12	3
1/IX	То же	Тот же	То же	4000	24	6
26/VIII	«Черная гора»	Южное крыло, гор. +140 и +220 *м* (участки *1, 3, 4, 6, 7, 8*, см. рис. 18)	Диффузор главного вентилятора	4000	24	6

Продолжение табл. 5

Оценка силы запаха			Время (*мин*) прохождения запаха от места ввода этилмеркаптана до		Продолжительность ощущения запаха этилмеркаптана, *мин*			Расстояние от места ввода этилмеркаптана до участка, *м*
в откаточных выработках	в забоях	в вентиляционных выработках	начала участка	конца участка	в откаточных выработках	в забоях	в вентиляционных выработках	
Сильный — слабый	Сильный — слабый	Средний — слабый	5	5—15	4—20	5—10	6—16	370—1600
Сильный — средний	Сильный — средний	То же	1—11	9—16	10—20	5—20	10—19	370—1600
Сильный	То же	»	—	10—14	—	11—20	15—22	780—1020

Таблица 6

№ эксплуатационного участка	Выработка	Число горнорабочих		
		находящихся в выработке	почувствовавших запах этилмеркаптана	
			всего	%
	Шахта «Коксовая-1», 22 августа 1961 г. (см. рис. 17)			
21	Основной штрек, забои 1—4, вентиляционный штрек	17	17	100
18	Основной штрек, забои 1, 2, 3, 6, вентиляционный штрек	16	16	100
—	Квершлаги 55 гор. —100 и —200 *м*	3	3	100
24	Основной и вентиляционный штреки	4	4	100
—	Восточный квершлаг	4	4	100
1	Осевой и минусовый штреки, забой 21-го слоя	11	11	100
12	Основной и параллельные штреки	8	8	100
—	Квершлаг 51 гор. —100 *м*	2	2	100
11	Полевой и 1-й параллельный штреки, вентиляционный штрек, забои 3-го и 13-го горизонтальных слоев	16	14	87,5*
—	Полевой штрек гор. —100 и —200 *м*	4	4	100
	Итого	85	83	97,7
	Шахта «Коксовая-1», 1 сентября 1961 г.			
21	Основной и вентиляционный штреки, забои 1 и 3	15	15	100
18	Основной и вентиляционные штреки, очистные забои	17	17	100
12	Основной, 1-й параллельный и вентиляционный штреки	9	9	100
24	Основной, 2-й параллельный и вентиляционный штреки	8	8	100
1	Осевой, промежуточный и минусовый штреки, забой 21-го горизонтального слоя	10	10	100
11	Полевой и вентиляционные штреки, забои 3-го и 13-го горизонтальных слоев	10	10	100
—	Полевые штреки, гор. —100 и —200 *м*	6	6	100
	Итого	75	75	100
	Шахта «Черная гора», 26 августа 1961 г. (см. рис. 18)			
4	Основной и вентиляционный штреки	4	4	100
8 (пласт Угловой)	Основной и вентиляционный штреки, лава	7	7	100
8 (пласт Пионер)	Лава	7	7	100
6	Основной и вентиляционный штреки, лава	8	8	100
Поверхность	Шурф 51	2	2	100

Продолжение табл. 6

№ эксплуатационного участка	Выработка	Число горнорабочих		
		находящихся в выработке	почувствовавших запах этилмеркаптана	
			всего	%
1	Основной и вентиляционный штреки, щитовой забой, лава	7	7	100
Поверхность	Шурф 40	5	5	100
7	Основной, 1-й параллельный и вентиляционный штреки	7	7	100
2	Основной и вентиляционный штреки, щитовой забой	6	—	0**
	Итого . . .	53	47	89

* В забое 3-го горизонтального слоя вентиляционная печь была заполнена углем, поэтому два забойщика не ощущали запаха этилмеркаптана. Электрослесарь, находившийся в 20 *м* от них у другой печи, по которой поступал воздух, этот запах ощущал.

** Во время испытания были открыты вентиляционные двери и воздух уходил на северное крыло, не попадая в горные выработки участка *2*.

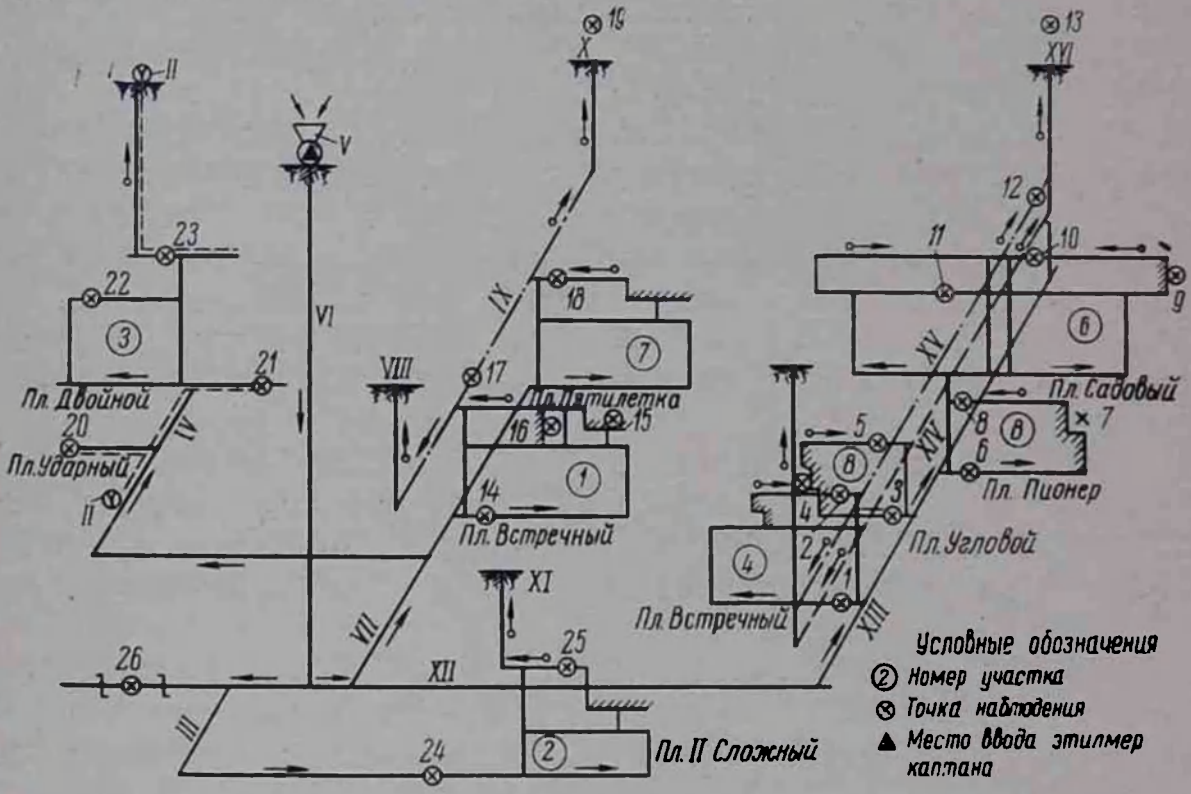

Рис. 18. Схема проветривания южного крыла шахты «Черная гора»:

I — шурф 57; *II* — вентилятор «Проходка 500-2м»; *III* — квершлаг 24; *IV* — квершлаг 27; *V* — вентилятор ОДВ-2,8; *VI* — вентиляционный ствол; *VII* — квершлаг 19, горизонт 140 *м*; *VIII* — шурф 34; *IX* — квершлаг 19, горизонт 260 *м*; *X* — шурф 40; *XI* — шурф 58; *XII* — южный полевой штрек, горизонт +140 *м*; *XIII* — квершлаг 21, горизонт +140 *м*; *XIV* — квершлаг 21, горизонт +220 *м*; *XV* — квершлаг 21, горизонт +260 *м*; *XVI* — шурф 51

3) достаточная продолжительность запаха этилмеркаптана, чтобы рабочие были уверены, что ощущаемый запах не случайный, а является аварийным сигналом;

4) быстрое исчезновение запаха этилмеркаптана после прохождения одорированной струи воздуха, чтобы не мешать возобновлению работ на участке.

22 августа и 1 сентября 1961 г. испытания ароматической сигнализации проводили на шахте «Коксовая-1» в районе горных работ 4-, 5- и 6-го южных крыльев горизонтов —100 и —200 *м*. Горные выработки проветривали всасывающим способом. 26 августа 1961 г. испытание проводили на шахте «Черная гора» в районе южного крыла горизонтов +140 и +220 *м* (участки *1*, *3*, *4*, *6*, *7*, *8*). Горные выработки проветривали нагнетательным способом. Результаты этой серии испытаний приведены в табл. 5. Схема проветривания горных работ в районе испытания показана на рис. 17 и 18. Данные об ощущении горнорабочими запаха этилмеркаптана приведены в табл. 6.

Проведенные испытания показали надежность и эффективность аварийной сигнализации с применением этилмеркаптана. Данные, полученные в результате испытаний, в дальнейшем использовались при внедрении этого способа аварийной сигнализации.

Вполне эффективной оказалась степень одоризации 6 *см*^{3} этилмеркаптана на 1000 *м*^{3}/*мин* воздуха. При этом сила запаха в различных точках характеризовалась следующими показателями: в откаточных выработках — сильный и средний, в забоях — средний, в вентиляционных выработках — слабый.

Эти данные говорят о том, что на большинстве рабочих мест в горных выработках сила запаха достаточна для сигнализации об опасности. С другой стороны, они показывают, что интенсивность запаха значительно уменьшается при удалении от места пуска. Поэтому при опытном установлении нормы одоризации надо ориентироваться на наиболее отдаленные участки и выработки. Запах в этих местах должен быть средним или, в крайнем случае, слабым, но не очень слабым.

Опыты показали, что при длине выработок до 1—2 *км* и незначительной их разветвленности норма одоризации должна быть 3 *см*^{3} этилмеркаптана на 1000 *м*^{3}/*мин* воздуха, при большей длине и сложных сетях выработок норма одоризации должна быть увеличена до 6 *см*^{3} на 1000 *м*^{3}/*мин* воздуха.

От места ввода до начала участков запах этилмеркаптана проходил за 5—11 *мин*, а до конца участков — за 10—16 *мин* при расстоянии до участков 370—1600 *м*. Для уменьшения времени прохождения запаха место ввода этилмеркаптана надо приблизить к участкам.

Продолжительность запаха при испытаниях была достаточной и составляла: в основных выработках 4—20 *мин*, в забоях 5—20 *мин*, в вентиляционных выработках 6—22 *мин*. По истечении указанного времени запах этилмеркаптана полностью исчезал. Запах этилмеркаптана любой интенсивности не вызывал болезненных ощущений. Во время испытаний от 97,7 до 100% горнорабочих ощущали запах этилмеркаптана, что говорит о надежности испытываемого способа.

Следующая серия испытаний была проведена для определения скорости испарения этилмеркаптана в шахтных условиях, уточнения нормы одоризации воздушной струи этилмеркаптаном, установ-

Таблица 7

Количество введенного этилмеркаптана M, $см^3$	Площадь испарения S, $см^2$	Время испарения этилмеркаптана t, сек	Количество этилмеркаптана, испарившегося в единицу времени $m = \frac{M}{t}$, $см^3/сек$	Количество воздуха, проходившего по выработке в месте ввода этилмеркаптана Q, $м^3/мин$	Условная степень одоризации воздушной струи в месте ввода этилмеркаптана $N_{усл} = \frac{m \cdot 1000 \cdot 60}{Q}$, $см^3$ на 1000 $м^3$ воздуха	Скорость испарения этилмеркаптана $q = \frac{m}{S}$, $\frac{см^3}{см^2 \cdot сек}$	Температура в месте ввода этилмеркаптана, T, $град$	Скорость движения воздуха v, $м/сек$	Оценка наибольшей силы запаха в точке наблюдения 2 (см. рис. 19)	Продолжительность запаха этилмеркаптана в точке 2 (см. рис. 19), $мин$		Период времени нарастания запаха этилмеркаптана до макс. в точке 2, $мин$	№ опыта
										общая	максимального запаха		
					27 октября 1961 г.								
1	50	13	0,077	420	11,0	0,00155	9	1,25	Средний	5	4	1	1
2	50	30	0,067	420	9,6	0,00133	9	1,25	Сильный	7	2	1,5	2
3	50	47	0,064	420	9,2	0,00128	9	1,25	„	10	2	2	3
4	50	57	0,070	420	10,0	0,00140	9	1,25	„	13	5	2	4
Средние значения	50		0,070	420	9,95	0,00140	9	1,25					
					4 ноября 1961 г.								
4	50	59	0,068	510	8,0	0,00135	8	1,5	Сильный	11	2	4	3
6	50	86	0,070	510	8,2	0,00141	8	1,5	„	12	4	3	1
8	50	110	0,073	510	8,6	0,00145	8	1,5	„	12	5	3	2
10	50	145	0,069	510	8,1	0,00139	8	1,5	„	15	7	2	4
Средние значения	50		0,070	510	8,2	0,00140	8	1,5					
					26 ноября 1961 г.								
10	25	300	0,033	840	2,4	0,00130	7	2,5	Средний	14	9	1	5
10	100	75	0,133	840	9,5	0,00133	7	2,5	Сильный	6	1	1	1
10	200	40	0,250	840	17,9	0,00125	7	2,5	„	5	1	1	2
10	400	20	0,500	840	35,7	0,00125	7	2,5	„	4,5	1	1	3
10	800	10	1,000	840	71,4	0,00125	7	2,5	„	4	1,5	0,5	4
Средние значения				840		0,00128	7	2,5					

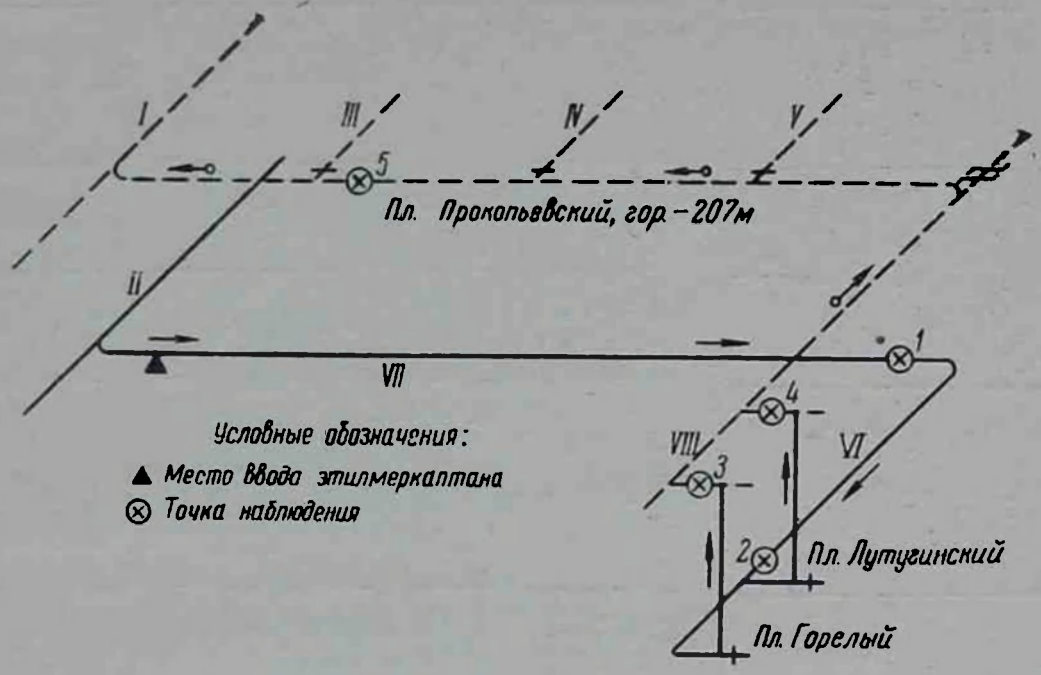

Рис. 19. Схема проветривания 2-го южного крыла горизонта —300 *м* шахты «Коксовая-1»:

I — главный квершлаг, горизонт —200 *м*; *II* — главный квершлаг, горизонт —300 *м*; *III* — квершлаг 1; *IV* — квершлаг 5; *V* — квершлаг 3; *VI* — квершлаг 39; *VII* — полевой штрек, 2-е южное крыло; *VIII* — квершлаг 39 (вентиляционный)

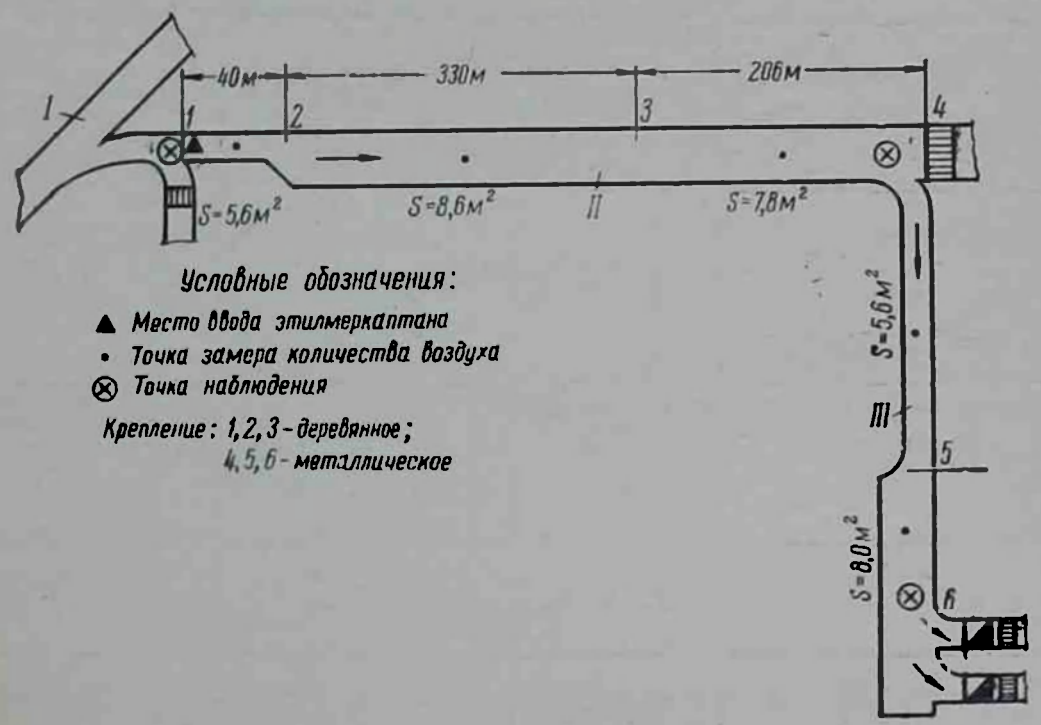

Рис. 20. План полевого штрека 2-го южного крыла и квершлага 39 горизонта —300 *м* шахты «Коксовая-1»:

I — главный квершлаг, горизонт —300 *м*; *II* — полевой штрек, 2-е южное крыло; *III* — квершлаг 39

ления зависимости скорости распространения запаха этилмеркаптана от скорости движения воздуха по горным выработкам, а также других зависимостей (табл. 7).

Испытания проводили на шахте «Коксовая-1» (рис. 19) в выработках 2-го южного крыла горизонтов —207 и —300 *м*. Основные наблюдения проводили на полевом штреке 2-го южного крыла (рис. 20) и квершлаге 39 горизонта — 300 *м* на участке, где выработки не имели разветвлений. К моменту испытаний выемочные участки на пластах Лутугинском и Горелом были отработаны. Исходящая вентиляционная струя проходила по скатам этих пластов.

Перед испытаниями были измерены площади поперечных сечений и длины участков, имеющих определенную площадь поперечного сечения, полевого штрека и квершлага 39 (см. рис. 20). Во время испытаний измерялись количество воздуха, проходящего по выработкам, и максимальная замеренная и средняя расчетная скорости движения воздуха на каждом участке с характерным поперечным сечением (табл. 8).

При испарении различных количеств этилмеркаптана (от 1 до 10 $см^3$), но при постоянной площади испарения, равной 50 $см^2$, установлено, что увеличение количества этилмеркаптана повышает общую продолжительность и продолжительность ощущения максимальной силы запаха этилмеркаптана.

При испарении одинаковых количеств этилмеркаптана с различных поверхностей площадью от 25 до 800 $см^2$ в месте испарения создавалась различная степень одоризации воздуха этилмеркаптаном. Она колебалась от 2,4 до 71,4 $см^3$ на 1000 $м^3$ воздуха. Увеличение степени одоризации воздушной струи при одном и том же вводимом количестве этилмеркаптана приводило к уменьшению общей продолжительности ощущения запаха и к увеличению продолжительности ощущения запаха максимальной силы. С другой стороны, в каждом из этих случаев интенсивность (сила) запаха в точках наблюдения была почти одинаковой. С увеличением степени одоризации воздушной струи в точках наблюдения уменьшается период с момента ощущения запаха до запаха максимальной силы. Установлено, что скорость распространения запаха этилмеркаптана меньше средней скорости движения воздуха по выработкам. Эта разница колеблется от 10 до 25%.

В этой серии опытов было также установлено, что при наличии разветвленной сети выработок на откаточном и вентиляционном горизонтах степень одоризации целесообразно повышать до 10 $см^3$ этилмеркаптана на 1000 $м^3$ воздуха, время испарения его должно быть 30—60 *сек*. При проведении опытов такая степень одоризации обеспечивала запах средней силы по всему вентиляционному горизонту.

Промышленные испытания аварийной сигнализации с применением этилмеркаптана в виде ложных тревог проводили на шахтах «Коксовая-1» треста Прокопьевскуголь, «Северная» треста Кемеровоуголь, «Комсомолец» и им. С. М. Кирова треста Ленинуголь.

Таблица 8

Участок выработки характерного сечения (см. рис. 20)	Длина участка l, м	Расстояние от начальной точки до конца участка характерного сечения $L=l_1+l_2+\ldots+l_n$, м	Площадь поперечного сечения S, м²	Количество воздуха, проходящего по выработкам Q, м³/мин	Максимальная замеренная скорость движения воздуха на участке v_{max}, м/сек	Средняя расчетная скорость движения воздуха на участке $v_{расч}$, м/сек	Время прохождения воздуха при максимальной скорости, сек		Время прохождения воздуха при средней скорости, сек		Среднее время движения (сек) запаха этилмеркаптана до точки наблюдения в момент ощущения		Точка наблюдения (см. рис. 19)
							по участку характерного сечения	от начальной точки до конца участка	по участку характерного сечения	от начальной точки до конца участка	начального запаха	максимальной силы запаха	
27 октября 1961 г.													
1—2	40	40	5,6	420	1,56	1,25	26	26	32	32	—	—	—
2—3	330	370	8,6	420	1,04	0,81	320	346	410	442	—	—	—
3—4	206	576	7,8	420	1,10	0,90	187	533	230	672	690	780	*1*
4—5	110	686	5,6	420	1,60	1,25	69	602	88	760	—	—	—
5—6	44	730	8,0	420	1,06	0,87	41	613	50	810	915	1014	*2*
4 ноября 1961 г.													
1—2	40	40	5,6	510	1,86	1,52	21	21	26	26	—	—	—
2—3	330	370	8,6	510	1,14	1,00	290	311	330	356	—	—	—
3—4	206	576	7,8	510	1,40	1,10	147	458	185	541	660	798	*1*
4—5	110	686	5,6	510	1,60	1,52	69	527	72	613	—	—	—
5—6	44	730	8,0	510	1,08	1,06	40	567	42	655	870	1050	*2*

Средняя скорость движения воздуха на участке *1—4* составляла 0,86 *м/сек*, на участке *1—6*—0,90 *м/сек*. Скорость перемещения запаха этилмеркаптана на участке *1—4* составляла 0,84 *м/сек*, на участке *1—6*—0,80 *м/сек*.

Средняя скорость движения воздуха на участке *1—4* составляла 1,07 *м/сек*, на участке *1—6*—1,12 *м/сек*. Скорость перемещения запаха этилмеркаптана на участке *1—4* составляла 0,87 *м/сек*, на участке *1—6*—0,84 *м/сек*.

26 ноября 1961 г.													
1—2	40	40	5,6	840	3,30	2,50	12	12	16	16	—	—	—
2—3	330	370	8,6	840	1,85	1,63	178	190	202	218	—	—	—
3—4	206	576	7,8	840	1,80	1,80	115	305	115	334	420	450	*1*
4—5	110	686	5,6	840	2,85	2,50	39	344	44	378	—	—	—
5—6	44	730	8,0	840	2,07	1,75	21	365	25	403	516	564	*2*

Средняя скорость движения воздуха на участке *1—4* составляла 1,74 *м/сек*, на участке *1—6*—1,41 *м/сек*. Скорость перемещения запаха этилмеркаптана на участке *1—4* составляла 1,37 *м/сек*, на участке *1—6*—1,41 *м/сек*.

Таблица 9

Дата	Ствол (см. рис. 22)										Степень одоризации, см³ на 1000 м³/мин воздуха
	Центральный клетевой		1-й вспомогательный		2-й вспомогательный		3-й вспомогательный		Итого		
	Количество проходящего воздуха, м³/мин	Количество поданного этилмеркаптана, см³	Количество проходящего воздуха, м³/мин	Количество поданного этилмеркаптана, см³	Количество проходящего воздуха, м³/мин	Количество поданного этилмеркаптана, см³	Количество проходящего воздуха, м³/мин	Количество поданного этилмеркаптана, см³	Количество проходящего воздуха, м³/мин	Количество поданного этилмеркаптана, см³	
1961 г. 12/XII	6200	25	5800	25	7000	40	8600	40	27600	130	4,7
27/XII	7300	40	5800	40	7500	50	8600	50	29200	130	6,2

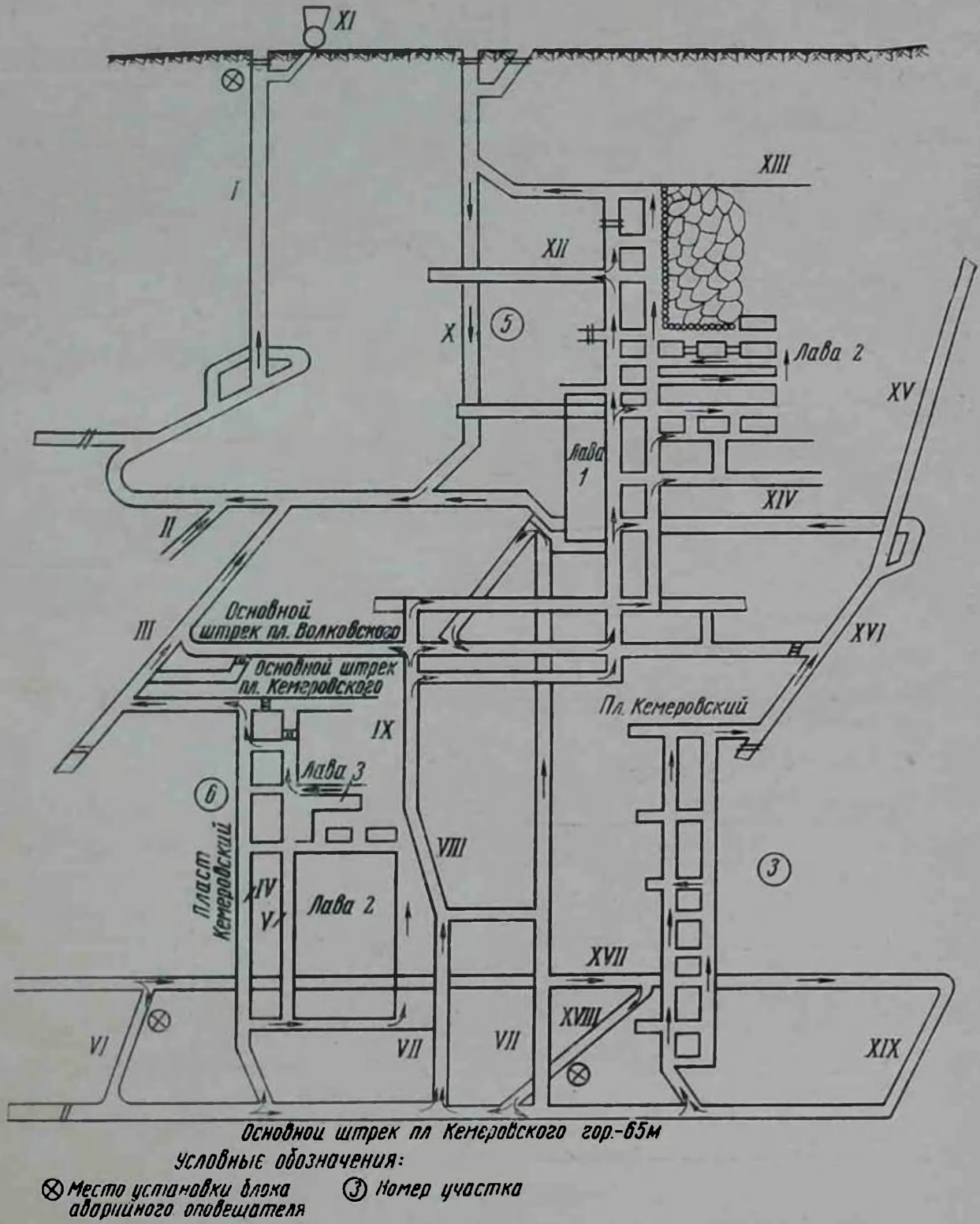

Рис. 21. Схема проветривания 3-, 5- и 6-го участков шахты «Северная»:

I — вентиляционный ствол; *II* — квершлаг 18; *III* — квершлаг 21; *IV* — скат 85; *V* — скат 25; *VI* — квершлаг 64; *VII* — скат 87; VIII — гезенк 58; *IX* — уклон 12; *X* — северверный вентиляционный ствол; *XI* — вентилятор ВУПД; *XII* — просек; *XIII* — вентиляционный штрек; *XIV* — полевой штрек, горизонт +85 *м*; *XV* — уклон 13; *XVI* — квершлаг 27; *XVII* — полевой штрек; *XVIII* — квершлаг 65; *XIX* — квершлаг 67

На шахте «Коксовая-1» в декабре 1961 г. этилмеркаптан применяли два раза для опытного оповещения об опасности всех находящихся в шахте лиц. Его выливали из пробирок непосредственно в стволы, подающие свежий воздух. В табл. 9 приведены данные о количестве поданного этилмеркаптана. Результаты оповещения об авариях в обоих случаях были положительные. Все горнорабочие были своевременно выведены из шахты.

17 мая 1963 г. на шахте «Северная» треста Кемеровуголь было произведено пробное (тренировочное) оповещение подземных рабочих с помощью этилмеркаптана с горизонта —65 *м* северного крыла на участки *3*, *5* и *6* (рис. 21). При испытании ароматической сигнализации использовалась телемеханическая система оповещения, разработанная ВостНИИ. Сигнал об аварии подавался с пульта управления, смонтированного на поверхности, к блокам аварийного оповещения, установленным в шахте. Стеклянные ампулы аварийного оповещателя содержали 8 *см*^{3} этилмеркаптана. Сила ощущения запаха выявлялась опросом горнорабочих и мастеров.

Результаты испытаний приведены в табл. 10. Все рабочие, которые находились в выработках, омываемых воздушным потоком, ощущали его запах. Не были оповещены четыре проходчика квершлага 67, так как блок аварийного оповещения был установлен после указанного забоя и поэтому воздух в квершлаг поступал без запаха одоранта.

В августе — сентябре 1965 г. промышленные испытания аварийного оповещения были проведены на шахте «Комсомолец» и им. С. М. Кирова треста Ленинуголь. При этом использовалась телемеханическая система оповещения ВостНИИ. На шахте «Комсомолец» испытания проводили 21 августа 1965 г. в 8 *ч* утра. На шахте им. С. М. Кирова из-за малого количества этилмеркаптана, вводимого в вентиляционные струи, запах его в наиболее удаленных точках не ощущался.

5. Расчет одоранта для ароматической сигнализации

На основании проведенных испытаний по ароматической сигнализации рекомендуется предварительная методика расчета одоризации воздушной струи.

Принимается ориентировочная норма N одоризации воздушной струи, т. е. количество одоранта, необходимого для одоризации 1000 *м*^{3} воздуха. Для этилмеркаптана она равна:

Выработка	Длина выработки, *км*	Количество этилмеркаптана, *см*^{3}/1000 *м*^{3}
Одиночная	1—2	3
То же	3—4	6
Выемочные участки	—	6
Крылья или шахта в целом	—	10

Таблица 10

№ участка (см. рис. 21)	Горные выработки	Число рабочих, находящихся в выработках	Число рабочих, почувствовавших запах		Примечание
			всего	%	
3	Основной штрек пл. Кемеровского гор.—65 *м*, квершлаг 27 гор.+85 *м*, полевой штрек гор.+85 *м*	21	17	81	В вентиляционный поток квершлага 67 этилмеркаптан не вводили
5	Основной штрек пл. Кемеровского гор.—65 *м*, скат 87, лавы 1 и 2, вентиляционный штрек, Северный вентиляционный ствол	40	40	100	—
6	Основной штрек пл. Кемеровского гор.—65 *м*, скат 85, лавы 2 и 3, вентиляционный штрек, квершлаг 21, полевой штрек гор.+85 *м*	20	20	100	—

При испарении этилмеркаптана с какой-либо площадки необходимо установить ее размеры S, для чего надо знать удельную скорость q испарения этилмеркаптана и время t, в течение которого требуется одорировать воздух.

Из опыта рекомендуется время одорирования принимать 30—60 *сек*, причем, чем разветвленнее и протяженнее выработки, тем больше должно быть время одоризации.

Удельная скорость испарения этилмеркаптана в шахтных условиях определяется опытным путем и зависит от температуры и скорости движения воздуха в месте испарения. В опытах, проведенных на шахте «Коксовая-1» при температуре 7—9° С и скорости движения воздушной струи в среднем 1,8 *м/сек*, средняя удельная скорость испарения этилмеркаптана составляла 0,0014 $см^3/см^2 \cdot сек$.

Зная количество воздуха Q, проходящего в месте ввода этилмеркаптана, находим его количество m, которое должно испаряться с поверхности в единицу времени,

$$m = \frac{NQ}{1000 \cdot 60},\ см^3/сек. \qquad (1)$$

Полное количество этилмеркаптана M, необходимое для одоризации воздушной струи,

$$M = mt,\ см^3. \qquad (2)$$

Площадь испарения

$$S = \frac{m}{q},\ см^2. \qquad (3)$$

Приведем пример расчета этилмеркаптана для ароматической аварийной сигнализации. Имеем $Q=600$ *м³/мин* воздуха. Определяем опытным путем $q=0{,}001$ *см³/см²·сек*. Принимаем $N=10$ *см³* на 1000 *м³* воздуха и $t=30$ *сек*. Находим

$$m=\frac{NQ}{1000\cdot 60}=\frac{10\cdot 600}{1000\cdot 60}=0{,}1\ см^3/сек;$$

$$M=mt=0{,}1\cdot 30=3\ см^3;$$

$$S=\frac{m}{q}=\frac{0{,}1}{0{,}001}=100\ см^2.$$

Таким образом, для эффективной одоризации воздушной струи при прохождении 600 *м³/мин* воздуха необходимо испарить 3 *см³* этилмеркаптана с поверхности 100 *см²*.

Проверяем концентрацию этилмеркаптана, возникающую в месте ввода его в струю воздуха, в отношении токсического действия. Эта концентрация равна

$$\frac{mp\cdot 60}{Q}=\frac{0{,}1\cdot 0{,}84\cdot 60}{600}=0{,}0084\ г/м^3, \qquad (4)$$

где $p=0{,}84$ *г/см³* — удельный вес жидкого этилмеркаптана.

Таким образом, действующая концентрация паров этилмеркаптана, равная 0,0084 *г/м³*, меньше допустимой концентрации, равной 0,016 *г/м³*.

Если этилмеркаптан вводится непосредственно в струю воздуха без предварительного испарения,

$$M=\frac{NQ}{1000},\ см^3. \qquad (5)$$

После того, как рассчитано ориентировочное количество одоранта, проверяют его эффективность для сигнализации в шахтных условиях и окончательно уточняют необходимое количество. При испытаниях сила запаха во всех точках должна быть не ниже средней, в исключительных случаях допускается слабый запах.

6. Промышленное применение ароматической аварийной сигнализации

Массовый способ оповещения трудящихся об угрожающей опасности в шахте с помощью ароматической сигнализации применяют на пяти шахтах Кузбасса, причем на шахте «Коксовая-1» его применяют с 1962 г., на остальных — с 1965 г.

Существуют различия на шахтах в средствах оповещения и назначении сигнализации. Так, на шахте «Коксовая-1» для дистанционного управления сигнализацией и контроля за исправностью сигнальной аппаратуры принята схема аппаратуры, разработанная работниками этой же шахты. Исполнительные механизмы с ампу-

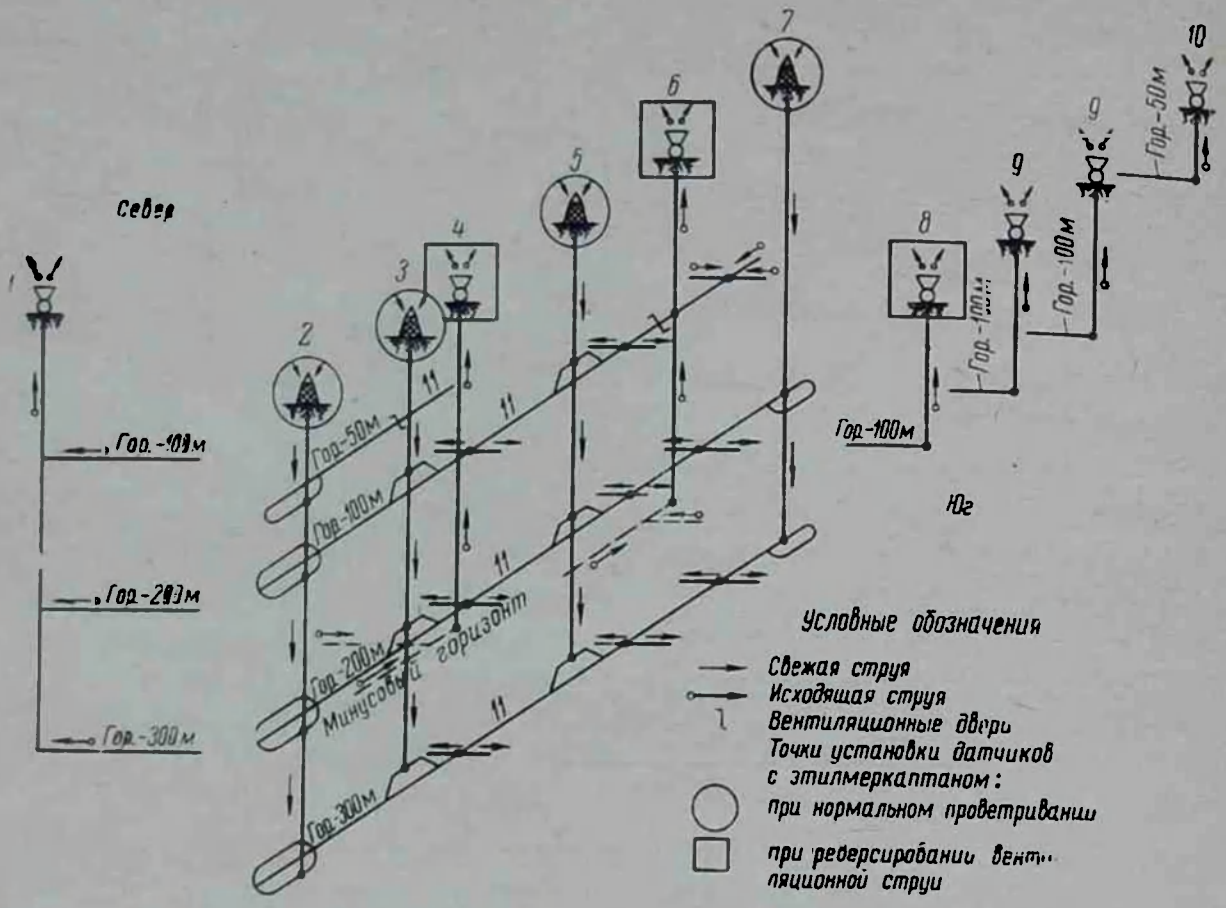

Рис. 22. Схема расположения основных вентиляционных выработок и вентиляционных устройств на шахте «Коксовая-1»:

1 — вентилятор ВУПД-1, 8; *2* — центральный клетевой ствол; *3* — 1-й вспомогательный ствол; *4* — вентилятор «Рато»; *5* — 2-й вспомогательный ствол; *6* — вентилятор ВЦ-5; *7* — 3-й вспомогательный ствол; *8* — вентилятор ОДВ-2, 8; *9* — вентилятор ОДВ-1, 8; *10* — вентилятор ОДВ-1,4; *11* — главные квершлаги

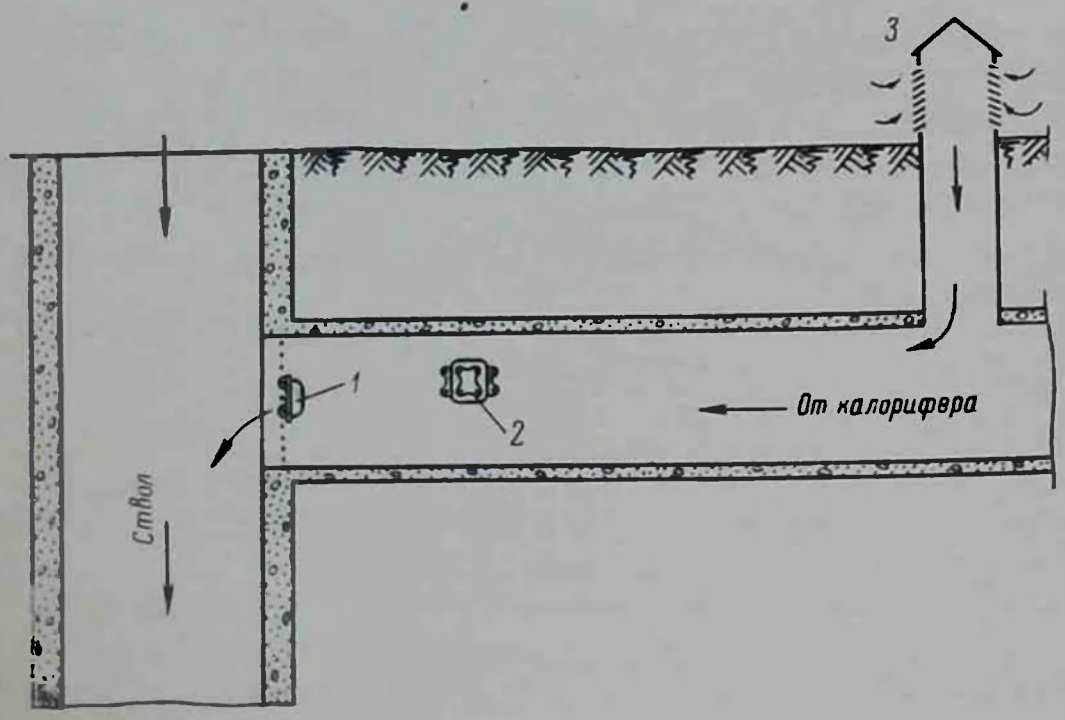

Рис. 23. Схема установки датчиков этилмеркаптана на воздухоподающих стволах шахты «Коксовая-1»

лами этилмеркаптана расставлены на основных воздухоподающих стволах и каналах вентиляторов, струи которых реверсируют при авариях определенного рода. В соответствии с их размещением планом предупреждения и ликвидации аварий предусматривается включение аварийной сигнализации в основном при пожарах в надшахтных зданиях, стволах, околоствольных дворах и главных квершлагах, т. е. в тех случаях, когда опасность угрожает всем или большинству трудящихся, занятых на подземных работах. Ароматическая сигнализация принята здесь в качестве основного средства оповещения об аварии и включена в план предупреждения и ликвидации аварии.

Шахта «Коксовая-1» треста Прокопьевскуголь является крупнейшей в Кузбассе и разрабатывает свиты мощных крутых пластов угля на глубине до 300 *м* от поверхности. Горные работы ведутся одновременно на трех горизонтах. Шахта относится к сверхкатегорным по газу, опасна по пыли и внезапным выбросам угля и газа. Угли всех пластов склонны к самовозгоранию. Из-за разнообразных горногеологических условий, многогоризонтности и разбросанности горных работ схема проветривания шахты отличается большой сложностью. Основная масса воздуха поступает в шахту по четырем центральным стволам и отсасывается вентиляторами через два центральных и один фланговый стволы и через четыре групповых фланговых шурфа. Схема расположения основных вентиляционных выработок и вентиляционных устройств показана на рис. 22. Производительность всех вентиляторов достигает 30 тыс. $м^3$ воздуха в минуту. На шахте насчитывается до 30 действующих очистных и 35 подготовительных забоев. Одновременно в шахте находится 1000 человек.

Схема ароматической сигнализации, принятая на шахте, предусматривает оповещение об аварии всей шахты и отдельных ее участков как при обычном направлении движения воздуха, так и при реверсировании воздушной струи.

Для оповещения об аварии при нормальном направлении движения вентиляционной струи этилмеркаптан вводится в свежий воздух, поступающий по стволам.

Исполнительный механизм *1* (рис. 23) вместе с блоком питания *2* устанавливается в устье ствола или канале калорифера после подсосной будки *3* с тем, чтобы температура в месте установки не превышала 35° С — точки кипения этилмеркаптана. Контроль за исправностью линии ведется систематически. Пульт управления помещен в застекленном шкафчике, ключ от которого хранится у дежурного по шахте.

При возникновении пожаров в стволах, подающих свежий воздух, или в околоствольных выработках планом ликвидации аварий предусмотрено реверсирование трех вентиляторов: ВЦ-5, «Рото» и ОДВ-2,8. Поскольку реверсирование вентиляторов вызывает изменение направления струи воздуха в шахте, в горизонтальной части

каналов этих вентиляторов установлены приспособления (рис. 24) для ввода этилмеркаптана в вентиляционную струю. Приспособление представляет собой металлический экран *1*, шарнирно укрепленный одним концом на горизонтальной оси *2*. К противоположному верхнему концу в гнездо *3* помещают колбу *4* с этилмеркаптаном. Позади экрана имеется упор *5*, на который он опирается и который не дает ему опрокинуться при нормальной работе вентилятора. При изменении направления движения воздуха экран опрокидывается воздушной струей и колба, падая, разбивается.

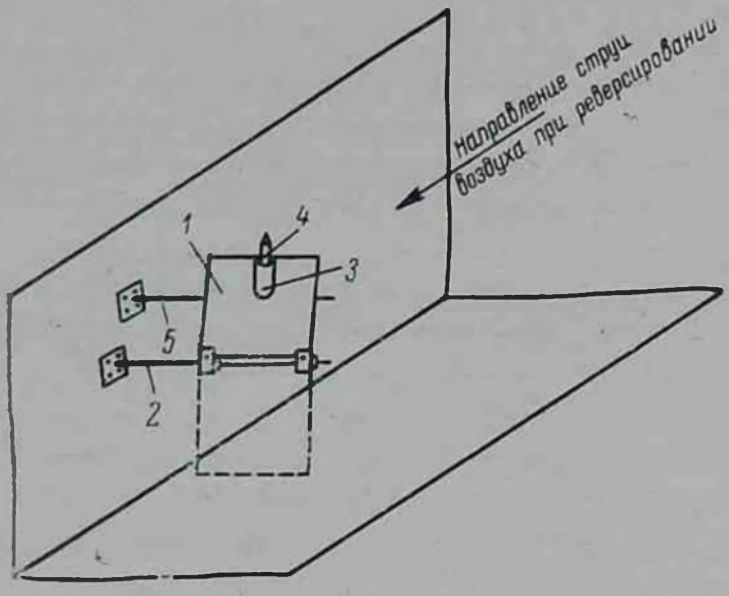

Рис. 24. Приспособление для ввода этилмеркаптана при реверсировании вентиляторов

В табл. 11 приведены данные о количестве воздуха, поступающего по стволам и отсасываемого вентиляторами, и о количестве этилмеркаптана, используемого для аварийной сигнализации.

Таблица 11

Место установки датчика с этилмеркаптаном	Количество проходящего воздуха, *м³/мин*	Количество этилмеркаптана, *см³*
В центральном клетевом стволе	7 500	50
В 1-м вспомогательном стволе	6 000	50
Во 2-м вспомогательном стволе	7 500	50
В 3-м вспомогательном стволе	9 000	60
В канале вентилятора ВЦ-5	17 000	100
В канале вентилятора «Рото»	6 500	50
В канале вентилятора ОДВ-2,8	4 000	35

Примечание. Фактическая норма одоризации в среднем равна 7 *см³* этилмеркаптана на 1000 *м³/мин* воздуха.

В течение четырех лет (1961—1964 гг.) аварийная сигнализация этилмеркаптаном использовалась на шахте «Коксовая-1» 12 раз.

Время выхода трудящихся из шахты на поверхность после подачи сигнала об аварии составляло в среднем 60 *мин*. Примерно

20 *мин* этого времени занимало прохождение аварийного сигнала (запаха) до рабочих мест и 40 *мин* — ходьба до стволов и подъем клетью на поверхность. Рабочие наиболее удаленных от стволов участков в соответствии с аварийным планом выходили на поверхность по запасным выходам, причем время выхода составляло также не более 60 *мин* после подачи аварийного сигнала. Время прохождения запаха до наиболее удаленных участков составляло в отдельных случаях 30—45 *мин*.

Плановые проверки действия аварийной системы и эффективности аварийного оповещения, а также отдельные случаи оповещения об авариях в шахте актировали. В качестве примера приведем акт о применении аварийной сигнализации на шахте «Коксовая-1».

Таблица 12

Место нахождения трудящихся	Место ввода одоранта	Расстояние от места ввода одоранта, *м*	Время ввода одоранта, *ч—мин*	Время проявления запаха одоранта, *ч—мин*	Время движения запаха одоранта, *мин*	Скорость движения запаха одоранта, *м/сек*
Участок 6, забой 5, пласт Мощный, 1-е южное крыло, гор. —200 *м*	Центральный и 1-й стволы	2000	18—10	18—35	25	1,30
Участок 10, забой, 1-е южное крыло, гор. —200 *м*	То же	1900	18—10	18—30	20	1,6
Участок 27, забой, 1-е северное крыло, гор. —200 *м*	„	1500	18—10	18—45	35	0,71
Участок 2, забой, пласт IV Внутренний, 2-е северное крыло, гор. —300 *м* . . .	2-й ствол	1700	18—10	18—55	45	0,63
Участок 36, забой, пласт Мощный, 2-е южное крыло, гор. —200 *м*	То же	1500	18—10	18—30 18—45	20—35	1,25 0,83
Участок 8, вентиляционный штрек, забой слоевого штрека, 4-е северное крыло, гор. —100 *м* . . .	3-й ствол	2000	18—10	18—30	20	1,6
Участок 18, забой 6, пл. Мощный, 4-е южное крыло, гор. —200 *м* . . .	То же	1900	18—10	18—30	20	1,58
Участок 12, под щитом, 4-е южное крыло, гор. —300 *м*	„	1700	18—10	18—30	20	1,41
23 квершлаг, 4-е южное крыло, гор. —207 *м* . . .	„	2000	18—10	18—40	30	1,11

«5 августа 1963 г. во вторую смену в 18 *ч* 10 *мин* дежурный по шахте получил сообщение о появлении дыма в закладочном бункере в районе 2-го вспомогательного ствола. Ответственный руководитель по ликвидации аварии заместитель главного инженера включил приборы аварийной сигнализации. Примерно через час — в 19 *ч* 15 *мин* все люди, находящиеся в шахте, вышли на поверхность.

Для детального анализа эффективности сигнализации был проведен опрос трудящихся, работавших в то время в забоях, результаты которого приведены в табл. 12.

Минимальное и максимальное время движения запаха от места ввода одоранта до забоя составляло 20 и 45 *мин.* Минимальная и максимальная скорости составляли соответственно 0,63 и 1,6 *м/сек*».

Заместитель главного инженера шахты «Коксовая-1»
Дежурный по шахте
Начальник вентиляции
Ответственный за эксплуатацию аварийной сигнализации
Начальники участков 6, 8, 9, 10, 12, 18, 26, 27

На шахте «Комсомолец» и им. С. М. Кирова треста Ленинуголь установлена и действует аварийная сигнализация, разработанная в ВостНИИ. Каждая шахта имеет по 10 блоков аварийного оповещения, установленных на входящих воздушных струях для группы или отдельных выемочных участков. Электрическая схема позволяет включать одновременно от 1 до 10 блоков. Благодаря приближению их к участкам время распространения запаха до рабочих мест значительно сокращается.

На шахте № 3—3-бис и некоторых других шахтах треста Прокопьевскуголь ароматические оповещатели установлены на стволах и квершлагах и приводятся в действие электрическим приводом, включаемым определенными ответственными лицами.

На всех шахтах ароматическая сигнализация дублируется телефонной связью. Почувствовав запах одоранта, рабочие по телефону докладывают обстановку и получают указания о дальнейших действиях. В тех случаях, когда телефонная связь отсутствует и дублирование ароматической сигнализации не производится, рабочие должны действовать согласно аварийному плану.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеевский Е. В. Труды Ленинградского химико-технологического института, вып. X. 1941.

2. Архангельский А. Ф., Пономаренко С. И. Ароматическая сигнализация в шахте как способ своевременного оповещения подземных рабочих о катастрофе, угрожающей их жизни. «Безопасность труда в горной промышленности», 1937, № 1.

3. Балтайтис В. Я. Тушение пожаров в угольных шахтах. Госгортехиздат, 1961.

4. Вредные вещества в промышленности. Т. 1. Госхимиздат, 1954.

5. Демидов В. Я., Жерновенко В. В. Телемеханическая система оповещения подземных рабочих об аварии. Сб.: «Вопросы безопасности в угольных шахтах». Т. V. Изд-во «Недра», 1964.

6. Древновская М. В., Ясный В. К. Сигнализация и связь на шахтах за рубежом. ЦИТИугля, 1960.

7. Заремба К. С., Нусимов Г. И. Очистка, осушка и одоризация природных газов. Гостоптехиздат, 1947.

8. Кельцов В. Прибор для определения содержания одоранта. «Газовая промышленность», 1958, № 3.

9. Нечаев М. А. Техника безопасности при транспортировке, распределении и использовании газового топлива. Гостоптехиздат, 1962.

10. Печук И. М., Белоусов М. И. Остановка вентилятора и аварийная ароматическая сигнализация как мера борьбы с катастрофами во время пожара. «Безопасность труда в горной промышленности», 1934, № 7—8.

11. Печук И. М. К вопросу об аварийной ароматической сигнализации. «Безопасность труда в промышленности», 1958, № 9.

12. Румянцев А. Н. Аппаратура радиосвязи «Шахтер» в горных выработках. Сб.: «Радиосвязь и высокочастотная телемеханика в горной промышленности». Новосибирск, Изд. СО АН СССР, 1964.

13. Савельев Г. П. Рудничная сигнализация. Изд. ИГД им. А. А. Скочинского, 1963.

14. Сурначев Б. А. Результаты исследования нового способа ароматической аварийной сигнализации. «Уголь», 1964, № 11.

15. Стаскевич Н. А. Газоснабжение городов. Т. 1. Гостоптехиздат, 1954.

16. Скочинский А. А., Огиевский В. М. Рудничные пожары. Углетехиздат, 1954.

17. Тартынский И. В., Орлов В. И. Аварийная сигнализация в шахте. «Кузбасс индустриальный», 1962, № 5.

18. Хейфиц С. Я. Техника безопасности в шахтах. Углетехиздат, 1955.

19. Цыгалов М. Н. Аварийная ароматическая сигнализация для шахт. «Безопасность труда в промышленности», 1958, № 6.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава I. Способы оповещения людей об аварии в шахте 5

1. Методы оповещения 5
2. Средства аварийной сигнализации 6
3. Основные требования к средствам аварийного оповещения . 28

Глава II. Совершенствование и опыт применения ароматической аварийной сигнализации 29

1. Общие сведения 29
2. Вещества, применяемые для ароматической сигнализации . 29
3. Ароматическая сигнализация с использованием воздуховодов 36
4. Испытание ароматической аварийной сигнализации с вводом одоранта в вентиляционные струи воздуха 37
5. Расчет одоранта для ароматической сигнализации . . . 53
6. Промышленное применение ароматической аварийной сигнализации 55

Литература 62

27 к.

НЕДРА · 1967