

### **3. ТАКТИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ШАХТАХ**

Выше были рассмотрены общие положения по организации аварийно-спасательных работ в угольных шахтах. Их своевременное выполнение является необходимым условием для успешного спасения людей и ликвидации аварии. Однако, кроме выполнения этих общих положений, необходимы еще конкретные действия по ликвидации аварии. Эти действия в небольших объемах могут быть предприняты уже в процессе разведки. Основные работы по ликвидации крупных аварий начинаются лишь после тщательной разведки района аварии. Поэтому правильно организованная и тщательно выполненная разведка является в большинстве случаев залогом успешной ликвидации аварии.

Конкретные действия ГВГСС по ликвидации аварий и их последствий определяются совокупностью многих факторов, из которых основными являются: характер аварии, ее масштабы и место, вызванные аварией разрушения, наличие в шахте людей, их число и места нахождения, число прибывших на шахту подразделений ГВГСС. Большое значение имеют конкретные условия шахты: газообильность, взрывчатость пыли, схема вентиляции, число и состояние вентиляционных сооружений до аварии, мощность и угол падения пласта и др.

В случае возникновения аварий, связанных с загазированием горных выработок (взрывы, пожары, внезапные выбросы газа), первостепенное внимание уделяется созданию требуемого вентиляционного режима, для чего могут использоваться различные перемычки, может быть выполнен ремонт и восстановление разрушенных вентиляционных сооружений или возведение новых.

При взрывах метана и угольной пыли основными задачами ГВГСС являются спасение пострадавших, разборка завалов и восстановление поврежденных элементов крепи, и тушение пожаров, если они возникли.

При пожарах в шахте основное внимание уделяется правильному выбору способа их тушения и организации работ. Особое внимание уделяется работам при высокой температуре в загазированных

выработках (удаление горючих материалов с пути продвижения пожара, установка водяных завес и т. п.).

При внезапных выбросах породы (угля) и газа работы ведутся по отводу выброшенного газа, который должен направляться в общую исходящую струю шахты кратчайшим путем, уборке или выпуску выброшенной горной породы, подкреплению полостей выброса и проведению специальных выработок для спасения людей.

При обрушениях горных пород и угля основными задачами подразделений ГВГСС являются спасение пострадавших, разборка завалов, восстановление поврежденных элементов крепи и т.п.

### **3.1. Принятие тактических решений по ведению аварийно-спасательных работ в шахтах**

Действия профессиональных горноспасательных подразделений ГВГСС осуществляются в первоначальный момент в соответствии с планом ликвидации аварий (далее ПЛА), а в последующие периоды – по мероприятиям оперативных планов, разрабатываемых на основе нормативно-правовых актов и документов.

Информация о выполнении заданий или причинах их невыполнения, а также обо всех изменениях обстановки на аварийном участке передается старшим в смене (на месте ведения аварийно-спасательных работ) командиром ГВГСС руководителю аварийно-спасательных работ.

#### **3.1.1. Оценка аварийной обстановки**

Для оценки аварийной обстановки в шахте подразделениями ГВГСС проводится разведка (см. п. 1.2.4).

Как отмечалось ранее, основными задачами разведки является: обнаружение, установление числа и спасение застигнутых аварией в шахте людей; выяснение обстановки на месте аварии, ее характера и масштаба; установление состояния вентиляции, задымленности и загазованности атмосферы, направления движения воздуха, состояния вентиляционных сооружений, вентиляторных установок, трубопроводов сжатого воздуха и прочих средств вентиляции и выполнения работ по

восстановлению вентиляции (навешивание брезентовых перемишек и др.); выяснение состояния выработок, мест и размеров завалов, затоплений и т.п.; установление кратчайших путей к местам нахождения застигнутых аварией людей и к месту аварии; выполнение первоначальных работ по ликвидации аварии, разборка завалов; подкрепление выработок для обеспечения обратного выхода; установление наличия и исправности телефонной связи.

Задачи разведки в каждом конкретном случае зависят от характера аварии и создавшихся условий. При постановке задачи следует учитывать всю имеющуюся информацию об аварии. Задачи разведки должны также быть посильными для исполнителей.

Разведку можно выполнять с помощью одного из следующих способов: непосредственным наблюдением; посредством соответствующих работ (аварийно-спасательных, буровых и др.); опросом работников шахты; изучением документации (планов, схем и т.п.).

Разведку организует руководитель аварийно-спасательных работ. Руководить разведкой может любой командир ГВГСС. В особо сложных условиях, при одновременном ведении разведки в нескольких направлениях руководить разведкой должен командир отряда или его заместитель.

В разведку в непригодную для дыхания атмосферу направляют не менее пяти человек, включая командира отделения.

Каждому ушедшему в разведку отделению на КП должен быть выставлен резерв для оказания при необходимости соответствующей помощи. В сложных условиях резерв должен быть двойной или тройной.

Для оказания помощи и взаимной поддержки в особо сложных условиях в разведку посылают несколько отделений, одно за другим на расстоянии слышимости звукового сигнала, а при спасении людей – через каждые 20 – 30 мин.

Уходящее в разведку отделение снабжают изолирующими респираторами, лампами с красным светом и минимально необходимым снаряжением, которое включает в себя щуп, вспомогательный респиратор, ручные носилки, набор инструментов (топор, кайло, ножовка, гвозди и др.) аппарат связи, изолирующие самоспасатели, аппарат искусственного дыхания, медицинскую сумку и бюретки для

отбора проб воздуха. В зависимости от характера аварии берут и другое снаряжение (огнетушители, приспособление для промежуточного подсоединения к водопроводу, пожарный рукав и др.).

Выбор отделения, уходящего в разведку, должен быть тщательно продуман и соответствовать характеру аварии и задачам отделения.

Порядок движения отделения в разведку при хорошей видимости – в колонне по одному с интервалом 1...2 м, при плохой видимости горноспасатели смещаются относительно друг друга, чтобы не пройти мимо пострадавшего.

При движении в задымленных или незнакомых выработках отделению необходимо использовать «нить связи», по которой осуществляется на КП. Обычно для этой цели используют провод шахтофона. При нахождении в непригодной для дыхания атмосфере отделение обязано поддерживать постоянную связь при помощи шахтофона или телефона.

При обнаружении пострадавшего в загазованной атмосфере отделение обязано оказать ему помощь и вынести на свежую струю – к КП. После передачи пострадавшего резервному отделению можно продолжить разведку.

Если в загазованной атмосфере кто-либо из состава отделения потерял сознание, почувствовал себя плохо или в его респираторе обнаружена неисправность, то после оказания ему помощи (при неисправности респиратора – переключение во вспомогательный респиратор) отделение в полном составе должно выйти в выработку со свежей струей или на КП.

Для успешного и безопасного выполнения разведки и работ по ликвидации аварии командиры ГВГСС должны твердо знать нормы расхода кислорода в респираторах и нормы скорости движения горноспасателей.

При движении в респираторах необходимо руководствоваться следующими положениями:

- в горизонтальных и пологих (до  $10^{\circ}$ ) выработках, а также при движении вверх по выработкам с углами наклона более  $10^{\circ}$  (включая вертикальные) на движение вперед можно расходовать половину рабочего запаса кислорода и на возвращение назад – другую половину.

- при движении вниз по выработкам с углами наклона более 10° (включая вертикальные) на движение вперед можно расходовать одну треть запаса кислорода, а на движение назад – две трети.

Значения скоростей движения отделения ГВГСС в разведке в удушливой атмосфере при полной видимости приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Скорости движения отделения ГВГСС при разведке в условиях полной видимости

| Направление движения | Высота выработки | Скорость движения, м/мин, при угле наклона выработки, градус |      |      |     |
|----------------------|------------------|--|------|------|-----|
|                      |                  | 0  | 15   | 30   | 70  |
| Вниз                 | 0,6              | 10,2   | 6,9  | 3,8  | 1,4 |
|                      | 1,0              | 22,8   | 14,0 | 8,8  | 3,3 |
|                      | 1,4              | 34,8   | 23,0 | 13,2 | 4,4 |
|                      | 2,0              | 54,0   | 34,5 | 20,9 | 7,1 |
| Вверх                | 0,6              | 10,2   | 5,7  | 3,1  | 1,2 |
|                      | 1,0              | 22,8   | 11,5 | 6,6  | 2,2 |
|                      | 1,4              | 34,8   | 18,4 | 10,4 | 3,8 |
|                      | 2,0              | 54,0   | 28,2 | 16,2 | 6,0 |

*Примечание.* В зависимости от степени задымленности выработки скорость движения уменьшается на 30 – 50 %.

При спасении людей, застигнутых внезапным выбросом угля и газа, обрушением, прорывом глинистой пульпы или плывунов необходимо:

- установить места нахождения людей и их количество;
- определить способ подхода к этим местам и немедленно приступить к выполнению спасательных работ, которые дают возможность быстрее проникновения к людям для оказания им необходимой помощи;
- обеспечить с людьми постоянную связь (голосом, ударами по твердым предметам, периодическим включением отбойных молотков и др.) и подачу им свежего воздуха (путем использования существующих трубопроводов или бурения скважин).

Для спасения людей, оказавшихся за завалом, проводят специальные выработки, в том числе и по обрушенным породам.

При движении по разрушенным выработкам необходимо возводить временную крепь в нужных местах для обеспечения обратного выхода.

При извлечении людей из вертикальных выработок, не имеющих лестничных отделений или подъема, используют установку аварийно-спасательную передвижную подъемную АСППМ – 6,3 или лебедки со специальными устройствами для спуска и подъема людей.

При поражении электрическим током необходимо:

- освободить пострадавшего от действия электрического тока;
- оказать необходимую медицинскую помощь.

### **3.1.2. Прогнозирование аварийной опасности шахт**

Способы прогнозирования аварийной опасности шахт детально описаны в учебном пособии С.Н. Смоланова, В.И. Голинько, Б.А. Грядущего “Основы горноспасательного дела”.

При выполнении анализа аварийности на предприятиях угольной промышленности обычно принимается за базовый показатель (100 % или единица) значения анализируемых показателей за предыдущий год или средний за пятилетний период. Такой подход позволяет определить только сравнительные показатели без выявления общей тенденции развития того или иного события и не пригоден для определения стратегии совершенствования технологии и технических средств повышения противоаварийной устойчивости шахт.

Научное обоснование какого-либо решения обычно предусматривает три основных действия: *анализ, объяснение и прогноз*. Известно много способов прогнозирования, классифицирующихся по различным принципам. По степени формализации способы прогнозирования делят на интуитивные и формализованные.

*Первый* обычно применяется при простом объекте прогнозирования, или настолько сложном, что аналитически невозможно учесть все обуславливающие его факторы, а также при нестабильном во времени состоянии условий, влияющих на основные показатели прогнозируемого явления, процесса и т.д.

*Второй* – формализованный способ состоит из *четырёх* групп методов: *экстраполяционных, структурных, ассоциативных и опережающей* информации. Каждая группа, в свою очередь, предусматривает возможность прогнозирования несколькими методами. Например, при экстраполяции возможно применение методов наименьших квадратов, экспоненциального сглаживания, вероятностного и адаптивного моделирования.

При методе наименьших квадратов для принятого на основании статистических данных уравнения регрессии определяются численные значения входящих в уравнение параметров. Этот метод обычно рекомендуется при небольшом временном промежутке прогнозирования, т.е. для краткосрочного прогноза изменения изучаемого процесса. Наиболее универсальным и эффективным является разработанный Р.Г. Брауном метод экспоненциального сглаживания, позволяющий получить не только оценку параметров принятого уравнения регрессии, но и тенденцию изменения исследуемого процесса, проявляющуюся к моменту последнего наблюдения. При этом методе принимается экспоненциальное убывание значимости (веса) от более поздних наблюдений к – более ранним.

Для изучаемого статистического динамического ряда принимается параметр сглаживания и вычисляется экспоненциальная средняя. Порядок ее вычисления зависит от вида принятой модели: линейной, квадратичной или обобщенной – и производится по стандартным программам.

Указанные методы целесообразно применять при анализе тенденций изменения во времени, например, различных видов аварий на основе статистических данных о каждом виде при достаточно большой ретроспективе. При этом важным условием для выявления тенденций изменения состояния объекта прогнозирования, является соблюдение требования малого значения показателя  $\tau$  глубины прогнозирования

$$\tau = \Delta t / t(x) \ll 1, \quad (3.1)$$

где  $t$  - время упреждения (срока) прогноза;  $t(x)$  - предшествующее время, за которое имеются достоверные статистические данные, характеризующие прогнозируемый показатель.

Вторым условием является эволюционное развитие объекта прогнозирования, т.е. достаточно стабильные во времени или закономерно изменяющиеся характеристики факторов, оказывающих решающее влияние на объект прогнозирования. Появление случайных факторов снижает достоверность прогноза тенденций изменения, или делает нецелесообразным прогноз на большую перспективу. В текущий кризисный период состояния экономики Украины это положение в полной мере относится к анализу аварийности на угледобывающих предприятиях, аварийной нагрузки на отдельные подразделения и в целом по ГВГСС в связи с нестабильной работой отрасли, снижением уровня добычи угля, ухудшением производственной дисциплины, моральным и физическим износом оборудования. Поэтому, дать достоверный количественный прогноз изменения аварийности на ближайшие 5 - 10 лет (как общей, так и по отдельным ее видам) путем использования экстраполяционных методов невозможно. Прогнозирование целесообразно выполнять только на ближайшую перспективу, главным образом, методом экспертных оценок.

Как отмечалось ранее, на формирование опасных ситуаций в горных выработках решающее влияние оказывают природные горно-геологические условия. Это предопределило необходимость выполнения прогноза зон возможного проявления в горных выработках различных вредных и опасных факторов. Такое требование предписано “Правилами безопасности в угольных шахтах”, а основные положения по выявлению опасных зон и проведению мероприятий, предупреждающих возникновение опасной обстановки, отражены в ряде нормативных документов.

Структура природных факторов, влияющих на формирование аварийной опасности в шахтах, и этапы прогнозирования их проявления приведены на рис. 3.1.

Основой для прогноза возможных опасных явлений на стадии проектирования вскрытия шахтного поля, пласта и выемочного участка служат данные геологоразведочных работ и опыт отработки смежных пластов и горизонтов.

***Прогноз выбросоопасности по геологоразведочным данным.***  
Прогноз производится геологоразведочными организациями, в том



числе по данным геологоразведочных скважин, пробуренных с поверхности.



Рис. 3.1. Структура факторов, влияющих на аварийную опасность шахт

Шахтопласт относится к невыбросоопасным независимо от глубины разработки и природной газоносности, если комплексный показатель степени метаморфизма  $M > 27,7$  у.е. или  $\lg r < 3,3$ , а также, если для углей конкретной степени метаморфизма природная

газоносность или глубина разработки меньше значений, указанных в табл. 3.2. Расчет комплексного показателя М производится при  $V^{daf} = 9-29\%$  по формуле  $M = V^{daf} - 0,16y$ , у.е., при  $V^{daf} > 29\%$  по формуле  $M = [(4V^{daf} - 91)/(y + 2,9) + 24]$ , у.е., где  $y$  – толщина пластического слоя угля при спекании, мм (для неспекающихся углей  $y = 0$ ).

В остальных случаях с глубины, определяемой данными таблицы 3.2, осуществляется прогноз выбросоопасности шахтопластов.

Таблица 3.2 – Характеристики шахтопластов, определяющие отнесение их к выбросоопасным или неопасным, разрабатываемым с прогнозом выбросоопасности

| Выход летучих веществ $V^{daf}$ , % | Предельные значения комплексного показателя степени метаморфизма, М, у.е. | Критическая природная газоносность, м <sup>3</sup> /т.с.б.м. | Критическая глубина разработки, м |
|-------------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| Более 29                            | 26,3-27   | 8  | 400                               |
|                                     | 24,5-26,2   | 9  | 380                               |
| 9-29                                | 23,7-27,6   | 11   | 320                               |
|                                     | 17,6-23,6   |  |                                   |
|                                     | 13,5-17,5   | 12   | 270                               |
|                                     | ≤ 13,4  | 13   | 230                               |
| Менее 9                             |   | 15   | 150                               |

**Прогноз выбросоопасности участка шахтопласта в месте вскрытия его полевой выработкой.** Способ осуществляют работниками службы прогноза шахты при оказании научно-технической помощи МакНИИ. При подходе вскрывающей выработки к пласту или пропластку мощностью не менее 0,2 м, начиная с 10 м по нормали к предполагаемому их залеганию, производится бурение разведочных скважин глубиной не менее 5 м для уточнения положения пласта (пропластка). На расстоянии не менее 3 м по нормали бурят контрольные скважины (шпур), в которых с помощью механического газозатвора ЗГ-1 или пневматического типа ПГШ-1 и прибора ПГ-2м измеряют скорость газовыделения  $q$ , а с помощью керноборника отбирают пробы угля для определения в МакНИИ крепости угля  $f$  и иодного показателя  $\Delta J$ .

Ситуация перед вскрытием оценивается как невыбросоопасная, если максимальные значения определяемых показателей одновременно соответствуют выполнению трех условий:  $q \leq 2$  л/мин;  $\Delta J \leq 3,5$  мг/г;  $f \geq 0,6$  у.е. Если хотя бы один из трех показателей не соответствует указанному условию, ситуация считается опасной и вскрытие пласта (пропластка) осуществляется при прогнозе «опасно».

**Текущий прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовыделения из шпуров.** Сущность способа текущего прогноза выбросоопасных зон заключается в следующем. С целью получения исходных данных для текущего прогноза не более чем 25 м от геологического нарушения производят разведочные наблюдения. В подготовительных выработках эти наблюдения включают измерения начальной скорости газовыделения  $q_n$  (л/мин) в интервале 3,0-3,5 по длине шпура с помощью прибора ПГ-2МА и газозатворов ЗГ-1 или ПГШ-1, крепости угля  $f$  (у.е.) в шпуре глубиной 2 м прибором ПК-1 и общей мощности пласта  $m$  (м) в крайних точках забоя в пяти циклах проходки. В очистных выработках измерения проводят в пяти пунктах (шпурах) расположенных равномерно по длине забоя. На участке разведочных наблюдений производят также отбор десяти проб угля для определения объемного выхода летучих веществ угля по массе  $V^{daf}$  (%).

На основании обработки результатов разведочных наблюдений получают исходные данные для текущего прогноза: максимальную начальную скорость газовыделения шпуров  $q_n^{max}$  (л/мин), средние арифметические значения крепости угля  $f_{cp}$  (у.е.) и удельного выхода летучих веществ угля  $V_{cp}^{daf}$  (%), а также изменчивость крепости угля  $V_f$  (%) и мощности пласта  $V_m$  (%).

Если  $V_f \leq 20\%$ ;  $V_m \leq 10\%$ ;  $f_{cp} \geq 0,8$  у.е., а  $q_n^{max}$  при  $V_{cp}^{daf} < 15\%$  менее 5 л/мин; при  $V_{cp}^{daf} = 15-20\%$  менее 4,5 л/мин; при  $V_{cp}^{daf} = 20-30\%$  менее 4,0 л/мин; при  $V_{cp}^{daf} > 30\%$  менее 4,5 л/мин, то делается заключение об отсутствии выбросоопасности пласта на участке разведочных наблюдений и дальнейшее проведение выработки осуществляется с применением текущего прогноза выбросоопасности.

При текущем прогнозе измеряется только начальная скорость газовыделения в интервалах бурения шпуров 1,5-2,0; 2,5-3,0; 3,0-3,5 м.

Шпуры бурят через 2 м подвигания подготовительного и 3,2 м очистного забоя, а в нишах лав - через 2 м.

В подготовительной выработке бурят два шпура в 0,5 м от стенок. В очистных забоях на пологих и наклонных пластах шпуры бурят в нишах на расстоянии 0,5 м от кутков, в 5 м от ниш и через 10 м по длине лавы .

Если хотя бы в одном из интервалов бурения шпуров начальная скорость газовыделения больше указанных критических значений или из-за сложных горно-геологических условий нельзя выполнить прогнозирование, то зона относится к опасной по выбросам. В этом случае дальнейшее проведение выработки осуществляется с применением способов предотвращения выбросов угля и газа или сотрясательным взрыванием.

Выход забоя из опасной зоны определяется с помощью контрольных наблюдений, которые проводятся по методике разведочных наблюдений в двух циклах выемки пласта в очистных выработках и в пяти проходческих циклах в подготовительных выработках. При показаниях прогноза «неопасно» способ предотвращения выбросов или сотрясательное взрывание отменяются, и вводится текущий прогноз выбросоопасности.

***Текущий прогноз выбросоопасности по сейсмоакустической активности пласта.***

Сейсмоакустическая активность пласта является характеристикой, отражающей изменение напряженно-деформированного состояния призабойной части пласта при ведении горных работ. За сейсмоакустическую активность принимается число естественных сейсмоакустических импульсов (характерных щелчков в звуковом диапазоне), обусловленных трещинообразованием угля при изменении напряженно-деформированного состояния пласта в процессе ведения горных работ и регистрируемых звукоулавливающей аппаратурой в единицу времени.

Для прогноза опасных зон при очистных работах находят значения часовой и среднечасовой шумности. Характерным признаком входа очистного забоя в опасную зону считается устойчивое, не менее двух раз увеличение среднего значения часовой шумности, вычисленное за опорный интервал осреднения, равный 30 часам. Этот признак

называется «критерием двух точек». Кроме устойчивого повышения среднего уровня шумности признаком опасности является внезапное возрастание часовой шумности в четыре раза и более по сравнению со средним уровнем шумности. Этот признак называется «критерий критического превышения». Заключение о входе забоя в опасную зону дается, когда хотя бы один из критериев имеет опасные значения. При этом заключение по «критическому превышению» является экстренным и требует немедленного оповещения руководства шахты и участка и прекращения работ по углю.

Регистрацию и замеры сейсмоакустической активности пласта осуществляют с помощью звукоулавливающей аппаратуры типа ЗУА-98 по типовой схеме: сейсмоприемник (геофон), усилитель низкой частоты, высокочастотный преобразователь, канал связи, демодулятор, регистрирующее устройство, магнитофон для контрольной записи активности пласта, одновременное ее прослушивание и регистрацию шумности оператором сейсмического прогноза.

В очистных выработках геофон может быть установлен путем расклинивания в шпуре длиной не менее 4 м, пробуренном по пласту из опережающей выработки или на элементах крепи. При малом радиусе действия геофона устанавливают несколько геофонов одного типа. В подготовительных выработках, проводимых взрывным способом, сейсмоприемник устанавливают на расстоянии 5-20 м от забоя в шпуре длиной не менее 2 м, пробуренном по углю, или в шпуре длиной 1 м, пробуренного по породе. В выработках, проводимых комбайнами, расстояние от забоя до шпура должно быть 20-40 м.

### ***Способы контроля выбросоопасности призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала.***

Способы текущего контроля выбросоопасности призабойной части пласта в подготовительных и в очистных выработках по параметрам акустического сигнала регламентированы соответствующими Руководствами по применению на шахтах Донбасса акустических способов контроля состояния призабойной части выбросоопасного пласта по параметрам акустического сигнала и основаны на зависимости параметров акустического сигнала, возникающего при воздействии на угольный пласт проходческого или добычного оборудования, от

напряженно-деформированного состояния пласта. Способы предназначены для выявления опасных по выбросам угля и газа зон в очистных и подготовительных выработках выбросоопасных или угрожаемых угольных пластов пологого и крутого падения и предусматривают регистрацию, передачу на поверхность акустического сигнала и его обработку в реальном времени на персональном компьютере.

В качестве специальных средств реализации способов используются: система регистрации акустического сигнала и передачи его по линиям связи на поверхность (типа АПСС); персональный компьютер, совместимый с IBM; программа МакНИИ обработки и анализа акустического сигнала.

Для регистрации акустического сигнала при проведении подготовительных выработок устанавливается два сейсмоприемника (подземные блоки АПСС): один на расстоянии 5-10 м второй, (рабочий), на расстоянии 15-40 м от забоя, который подключается к аппаратуре АПСС. После подвигания забоя на 10-20 м АПСС подключается на первый сейсмоприемник, который становится рабочим, а второй устанавливается в 5-10 м от забоя. Допускается установка одного сейсмоприемника на расстоянии 15-20 м от забоя и его перенос на это же расстояние при подвигании забоя на 15-20 м.

Для регистрации акустического сигнала в очистных забоях сейсмоприемник устанавливается: при столбовой системе разработки - в вентиляционном и конвейерном штреках впереди забоя на расстоянии 15-40 м; при сплошной системе разработки - в двух штреках на расстоянии 10-30 м позади линии забоя; при смешанной системе разработки один сейсмоприемник устанавливается в опережающем штреке впереди забоя аналогично столбовой системе, а второй – аналогично сплошной системе разработки. При ведении очистных работ на расстоянии до 10 м от ранее отработанных лав и при длине очистного забоя до 120 м допускается установка одного сейсмоприемника в конвейерном штреке.

Сейсмоприемник устанавливается путем расклинивания в шпуре диаметром не менее 42 мм, расположенном в угле или вмещающих его породах, на глубине 0,3-1,0 м. Допускается установка сейсмоприемника на элементах крепи, если обеспечивается его надежный контакт с массивом.

При контроле выбросоопасности прогностическими параметрами акустического сигнала могут быть: частота максимальной амплитуды, нижняя и верхняя границы частоты при среднем уровне амплитуд и при повторном осреднении, амплитуды высокочастотной и низкочастотной составляющих. Коэффициент выбросоопасности, равный отношению последних, используется для качественной оценки выбросоопасности в забое. Для вычисления низкочастотной и высокочастотной составляющих устанавливаются нижняя и верхняя рабочие частоты, которые принимаются близкими значениям нижней и верхней границ повторного осреднения амплитудного спектра.

Контроль выбросоопасности осуществляется: на угрожаемых и выбросоопасных пластах одновременно по четырем параметрам, на особо опасных пластах и участках отдельно по двум парам параметров. Как правило, одну пару составляют низко- и высокочастотные составляющие ( $A_n$  и  $A_b$ ), а вторую пару - нижние границы средних амплитуд ( $f_n$  и  $f_n^1$ ).

Для определения критических значений прогностических параметров предварительно проводят разведочные наблюдения в 30 циклах в неопасной по выбросам зоне, установленной другим способом прогноза, или в зоне, обработанной противовыбросными мероприятиями. Критические значения параметров автоматически вычисляются в программе анализа базы данных, они равны средним по выборке значениям, увеличенным (а для низкочастотной составляющей уменьшенным) на 1,5 среднеквадратического отклонения.

Контроль выбросоопасности осуществляется автоматически отдельно для каждого канала регистрации путем сопоставления текущих значений прогностических параметров с их критическими значениями. В качестве текущих значений используются средние по всему циклу наблюдений (цикл выемки угля в подготовительном забое, снятие полосы угля в очистном забое, в нише и т. п.) отдельно для каждого канала регистрации.

При прогнозе «неопасно» безопасная глубина выемки равна величине подвигания забоя в цикле. Результаты прогноза распространяются на следующий цикл подвигания забоя, равный предыдущему выемочному циклу.

Прогноз «опасно» выдается компьютером, если текущие значения для низкочастотной составляющей опустятся ниже критического уровня, а для всех остальных превысят критический уровень.

При получении прогноза «опасно» оператор сообщает об этом в забой и горному диспетчеру шахты. Дальнейшее проведение выработки (выемка угля) осуществляется после выполнения противовыбросных мероприятий и контроля их эффективности или буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания.

Выход из опасной зоны осуществляется после получения прогноза «неопасно» и подвигания забоя в неопасной зоне на шесть циклов (зона запаса).

В очистных забоях нередко весьма важным является уточнение границ опасной зоны по длине лавы. Для этого применяют одним из следующих способов.

*Первый способ* – путем интерполяции по длине забоя значений коэффициента выбросоопасности  $K_B$  во временных интервалах и определение положения интервала с максимальным значением  $K_B$  по формуле

$$C_M = C_H + (C_K - C_H) n/N, \quad (3.2)$$

где  $C_M$  - номер секции крепи с максимальным значением  $K_B$ ;  $C_H$  – номер секции крепи начала движения комбайна;  $C_K$  - номер секции крепи остановки комбайна;  $N$  - общее количество набранных интервалов  $K_B$ ;  $n$  – номер интервала с максимальным значением  $K_B$ .

Границами участков возможного проявления выбросоопасности будут минимумы, расположенные с двух сторон от зоны максимального значения коэффициента выбросоопасности.

Этот способ применяют при регистрации и обработке сигнала, соответствующей равномерному движению комбайна по забою, или при наличии у оператора непрерывной информации о положении комбайна.

*Второй способ* заключается в определении состояния массива путем его импульсного возбуждения, регистрации и обработки акустического сигнала в пунктах наблюдений, которые располагаются с шагом 10-20 м по всей длине забоя. На каждом пункте сейсмоприемник



устанавливается в кровле, по обе стороны от сейсмоприемника на расстоянии 2-3 м наносят серии из 5-7 ударов по кровле. Акустический сигнал от импульсного возбуждения массива обрабатывается на компьютере по программам МакНИИ. В результате обработки для каждого пункта наблюдений вычисляется коэффициент выбросоопасности. Участок возможного проявления выбросоопасности включает зону максимального значения коэффициента выбросоопасности и обрамляющие ее с двух сторон минимумы.

*Третий способ* – путем бурения по всему забою шагом 10 м контрольных шпуров и определения величины зоны разгрузки призабойной части пласта по динамике начальной скорости газовыделения.

***Способ оценки выбросоопасности зон (участков) шахтопласта, примыкавшей к ранее отработанным этажам (лавам).*** Практика показывает, что на участке лавы, примыкающей к ранее отработанным этажам, выбросоопасность отсутствует. С позиций физического смысла разгрузка и дегазация участка пласта в верхней части этажа определяется процессами обрушения и сдвижения вмещающих пород в результате отработки запасов предыдущего этажа. Эти процессы зависят от глубины разработки пласта и протекают во времени. Поэтому верхнюю часть этажа, примыкающую к выработанному пространству предыдущих этажей, допускается разрабатывать как в невыбросоопасной зоне на участках, размеры которых по падению ( $L_p$ , м) определяют в зависимости от глубины верхней части (очередного) этажа ( $H$ , м) и времени ( $T$ , лет), прошедшего отработки запасов предыдущего этажа

$$L_{p1} = 17,2 - 10,0/T \dots \text{ для } \dots H \leq 800 \text{ м,}$$

$$L_{p2} = 29,3 - 19,4/T \dots \text{ для } \dots H > 800 \text{ м.}$$

По мере продвижения лавы на участке  $L_p$  противовыбросные мероприятия отменяются (кроме зон ПГД) и вводится контроль размера зоны разгрузки по динамике газовыделения.

### **3.1.3. Выбор способов и технических средств ликвидации аварий и их последствий**

#### ***Выбор вентиляционных режимов***

При авариях в шахте установленный режим проветривания должен обеспечивать условия для снижения активности пожара, сокращения зоны поражения, спасения находящихся в этой зоне людей, ликвидации аварий и их последствий.

При возникновении аварии устанавливается режим проветривания в соответствии с планом ликвидации аварии, а в последующие периоды - режимы вентиляции, предусмотренные мероприятиями оперативных планов.

#### ***Выбор способов и средств тушения пожаров***

При выборе способа тушения пожара необходимо учитывать место его возникновения, вид горючего материала, стадию и скорость развития (распространения) горения, наличие необходимых средств тушения и локализации; режим проветривания аварийных выработок; стадию развития пожара; назначение и угол наклона выработки; газообильность шахты и другие опасные факторы.

Организация работ и технология по тушению пожаров в горных выработках должны обеспечивать превышение параметров тушения пожара над параметрами его развития. Количественная оценка этих параметров, а также выбор средств тушения пожара водой, огнетушащим порошком и пеной производится в соответствии с “Руководством по определению параметров подземного пожара и выбору эффективных средств его тушения”.

#### ***Область применения способов тушения пожаров***

Большинство экзогенных пожаров тушатся активным способом. Способ изоляции при экзогенных развивающихся пожарах применяют, когда в наличии нет достаточных средств активной борьбы или когда применение активного способа не экономично, а также при очаге, недоступном для непосредственного воздействия огнегасящими средствами, например в выработанном пространстве.

Эндогенные пожары чаще всего ликвидируют способом изоляции или комбинированным способом.

Комбинированный способ – сочетание непосредственного воздействия на пожарный очаг огнегасящими средствами с прекращением к нему доступа кислорода, а также переход от способа изоляции к активному воздействию на очаг пожара.

Комбинированный способ применяют при сильно распространившихся пожарах, когда подступы к очагу затруднены из-за высокой температуры, а огнегасящих средств недостаточно. В этом случае для ограничения развития пожара в доступных местах ставят временные парные изоляционные перемычки с открывающимися проемами либо закрывают противопожарные двери.

После частичного затухания пожара последовательно, путем шлюзования через проемы парных перемычек, возводят новые перемычки, уменьшая объем изолированных выработок, и ведут тушение пожара по частям накопленными к этому времени огнегасящими средствами.

Одним из наиболее надежных тактических приемов преграждения распространяющегося пожара, является реверсирование вентиляционной струи на пожарном участке или в масштабе всей шахты. Это позволяет обеспечить подход горноспасателей к пожарному участку с любой стороны - по свежей струе для активного воздействия, или применения комбинированного способа. Реверсирование вентиляционной струи позволяет управлять процессом развития пожара и приостанавливать его распространение за счет сокращения содержания кислорода в воздухе и охлаждения стенок выработок.

К маневрированию вентиляционными струями прибегают в большинстве случаев применения активного и комбинированного способов тушения подземных пожаров. При ликвидации активным способом пожарного очага в выработанном пространстве иногда прибегают к оконтуриванию очага пожара выработками по целику, разделению его на части «пожарными» выработками.

## **3.2. Технология ведения аварийно-спасательных работ при различных видах аварий**

### **3.2.1. Ведение аварийно-спасательных работ в условиях взрыва**

Главной целью ведения аварийно-спасательных работ при взрывах в шахтах является установление мест нахождения людей в горных выработках и их спасение. Для этого перед отделениями ГВГСС, направляемыми в горные выработки, ставят следующие основные оперативно-тактические задачи:

- провести разведку для уточнения места взрыва, характера его развития и размеров зоны поражения;
- определить местонахождение и количество застигнутых аварией людей; оказать медицинскую помощь пострадавшим;
- измерить температуру и газовый состав на маршрутах движения;
- при незначительных разрушениях вентиляционных устройств восстановить проветривание аварийного участка.

Маршруты первым горноспасательным отделениям обычно определяют на командном пункте (КП) на основании первоначальной информации, получаемой от служб шахты о возможных местах нахождения людей, а последующим - по уточненной информации, поступающей из шахты. На КП оценивают возможность появления осложняющих факторов, таких как повторные взрывы, пожары, загазирование смежных участков и разрабатывают мероприятия по их ликвидации, обосновывают необходимые режимы проветривания аварийного участка и шахты, принимают меры по обеспечению устойчивого проветривания и разгазированию выработок.

Для обследования выработок аварийного участка обычно первое отделение следует по выработкам с исходящей струей воздуха, второе – с поступающей. Количество отделений и врачей РПГ, привлекаемых для

ликвидации последствий взрыва, должно быть достаточным для оказания помощи и эвакуации всех пострадавших. Оснащение горноспасательных отделений и РПП должно соответствовать таблице для этого вида аварии, а также необходимому оборудованию для выполнения работ в конкретной обстановке, сложившейся в зоне развития аварии.

Управление вентиляцией должно быть направлено на предотвращение опасности повторных взрывов, на обеспечение пригодной для дыхания состава воздуха на главных путях выхода рабочих из шахты и в выработках, где возможно нахождение большого количества людей.

При нормальном режиме проветривания возможно увеличение подачи свежего воздуха. Для сокращения протяженности выработок, по которым распространяются продукты взрыва, применяют закорачивание исходящей вентиляционной струи. В ряде ситуаций возможно проведение общешахтного или местного реверсирования струи на период выхода людей или выполнения определенного вида аварийно-спасательных работ.

При разрушениях вентиляционных устройств незамедлительно принимаются меры по их восстановлению или возведению временных устройств, например парашютных перемычек, кроссингов из металлических труб. Для снижения газовыделения на аварийном участке усиливают или налаживают дегазацию сближенных угольных пластов и выработанного пространства скважинами, а при суфлярных выделениях производят изолированный отвод газа. При осложнении взрыва пожарами ликвидируют очаги горения в соответствии с оперативными планами, в которых отражаются тактические приемы, применяемое оборудование и огнегасящие материалы, режим проветривания, вопросы безопасности работающих отделений ГВГСС и т.д.

Если на пути горноспасательных отделений встречен завал, то при наличии прохода, производят его осмотр, установку временной крепи и поочередный переход опасной зоны респираторщиками горноспасательного отделения.

При необходимости включения электроэнергии (для быстрого подъема пострадавших по наклонным и вертикальным выработкам, для механизации разборки завалов и других видов аварийно-спасательных работ) электроэнергия может быть подана на участок при достоверных данных об исправности электрооборудования и его защиты и доле метана в выработках не более 1 %.

При передвижении отделений по выработкам с поврежденной крепью необходимо производить оборку нависших глыб, установку верхняков и стоек для обеспечения возможности обратного выхода из этих выработок. Аварийно-спасательные работы должны выполняться так, чтобы находящиеся в выработке электрооборудование, аппаратура, светильники и все, что могло стать причиной воспламенения метана, оставались на своих местах до прибытия специальной комиссии по расследованию обстоятельств и причин взрыва. В случае необходимости изменения их положения делается эскиз этого места и описание начального состояния оборудования и его положения.

Эффективность ведения аварийно-спасательных работ в начальный период во многом зависит от достоверности полученной информации о характере аварии и своевременности вызова горноспасателей. Кроме того, эти условия являются определяющими при принятии решения о привлечении дополнительных сил, сверх предусмотренных диспозицией выездов, и технического оснащения, направляемого в первую очередь на аварийный объект.

Рассмотрим технологию ведения аварийно-спасательных работ в условиях взрыва в шахте на конкретном примере.

10 июня 2010 года в 3 часа 33 минуты произошел взрыв в 5-й северной лаве бремсберга блока №5 на ОАО «Угольная компания «Шахта Красноармейская-Западная №1». Схема аварийного участка 5-й северной лавы показана на рис. 3.2.

### ***Обстановка, сложившаяся на аварийном участке к моменту прибытия первого подразделения ГВГСС***

К моменту прибытия первых подразделений ГВГСС на аварийном участке сложилась следующая обстановка.

По информации работников шахты в 5-й северной лаве бремсберга блока №5 в тупике погашения вентиляционного штрека произошел взрыв. В действие была введена позиция Плана ликвидации аварии №125. Вентиляторы главного проветривания работали в нормальном режиме. Электрическая энергия в шахту была отключена. Газоотсос и ПДУ 5-й северной лавы бремсберга блока №5 отключены, поверхностная дегазация работает в нормальном режиме. На момент возникновения взрыва в шахте находилось 690 человек, на аварийном участке – 21 человек. Все люди с аварийного участка выведены. Из шахты люди выводятся согласно плану мероприятий, предусмотренных ПЛА.

### ***Ход ликвидации аварии***

Первому отделению ГВГСС было выдано задание спуститься в шахту по вспомогательному стволу на гор. 593 м, грузовой ветви, северному полевому откаточному штреку, нижней приемной площадке бремсберга блока 5, людскому ходу блока 5, сбойке людского хода блока 5 с бремсбергом блока 5, ходу 3 южной лавы бремсберга блока 5, ходу 5 северной лавы бремсберга блока 5, вентиляционному штреку 5-й северной лавы бремсберга блока 5 для обнаружения пострадавших, оказания им помощи и вывода их на свежую струю воздуха.

Второму отделению ГВГСС было выдано задание спуститься в шахту по вспомогательному стволу на гор. 593 м, грузовой ветви, северному полевому откаточному штреку, нижней приемной площадке бремсберга блока 5, людскому ходу блока 5, 5-му северному конвейерному штреку бремсберга блока 5, 5-й северной лаве бремсберга блока 5 к месту аварии для ее ликвидации. По маршруту движения проверить открытие задвижек на пожарно-оросительном трубопроводе.

**Схема**  
**аварийного участка 5 северной лавы бремсберга бл.5**  
**ОАО УК "шахта Красноармейская-Западная №1"**  
**возникшей 10.06.2010 года в 3 час 33 мин.**  
**Схема на 6:00 10.06.10 г**

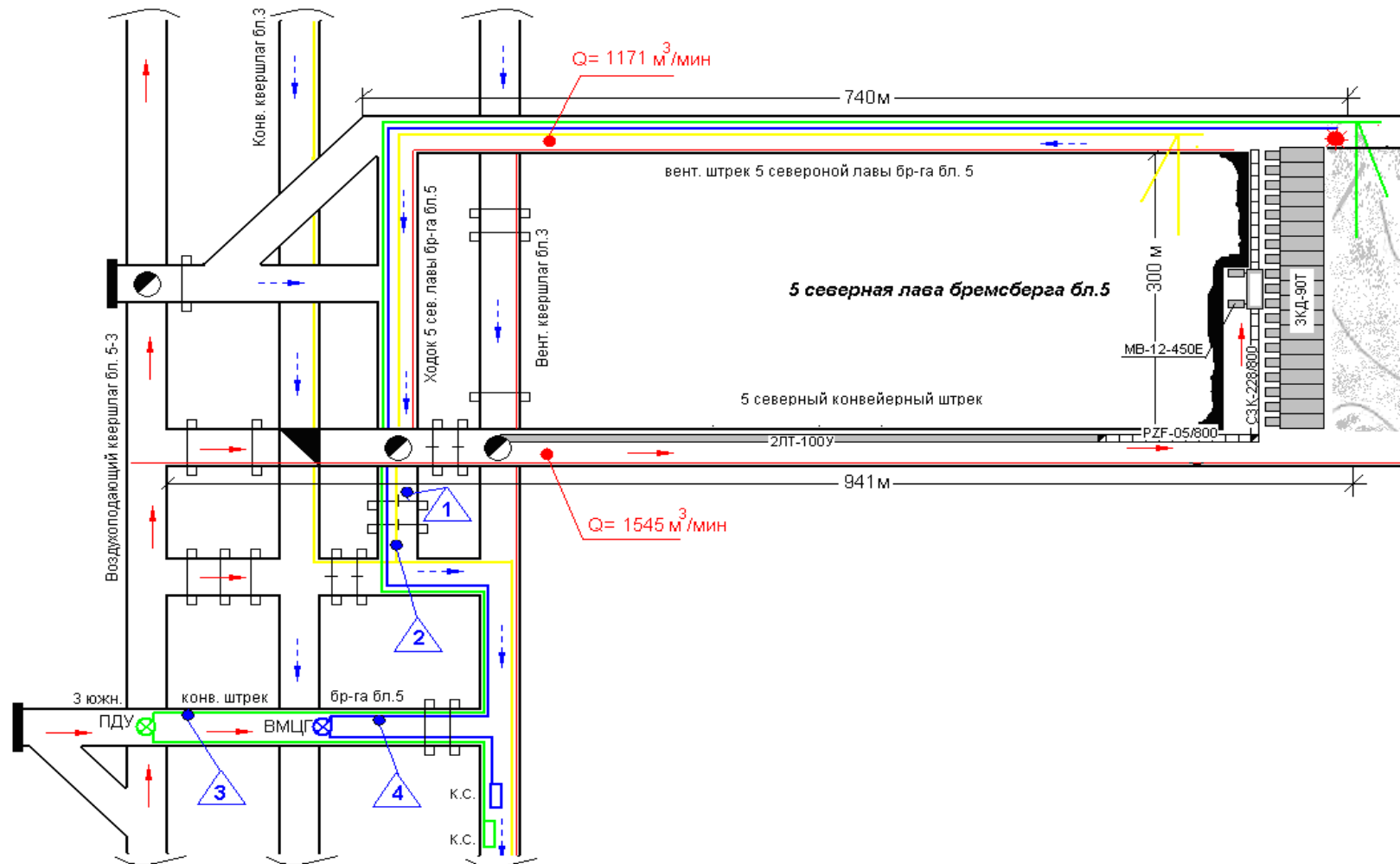


Рис. 3.2. Схема аварийного участка 5-й северной лавы бремсберга блока №5



В 5 час. 30 мин. был разработан оперативный план ликвидации аварии №1, мероприятиями которого предусматривалось:

- обеспечить нормальную работу поверхностной дегазации;
- подать напряжение в шахту для обеспечения работы водоотливных установок, ПДУ и газоотсоса 5-й северной лавы бремсберга блока №5;
- для исключения доступа людей в выработки аварийного участка
- выставить посты безопасности;
- спуск людей в шахту осуществлять строго по специальным пропускам;
- сбор информации, необходимой для выполнения всех инженерных расчетов на КП;
- привлечь для разработки рекомендаций по управлению метановыделением, достоверности предоставленного геологического прогноза специалистов МакНИИ, НИИГД, Укруглегеологии. Выдать заключение о возможности взрывоопасного накопления метана в выработках аварийного участка;
- депрессионной службе и оперативному отделу 10 ВГСО произвести специальные расчеты по принятой технологии ликвидации аварии и выдать рекомендации;
- организовать подземную базу на 5-м северном конвейерном штреке блока №5 между людским ходком и бремсбергом блока №5 и укомплектовать ее оборудованием для ликвидации аварии и контроля состава рудничной атмосферы;
- выбор мест для возведения взрывоустойчивых гипсовых перемычек на безопасных расстояниях;
- подготовка и спуск в шахту материалов и оборудования, необходимых для возведения взрывоустойчивых перемычек;
- контроль рудничной атмосферы экспресс-методом в выработках аварийного участка;
- отбор проб рудничной атмосферы в контрольных точках;
- при снижении концентрации газов ниже ПДК – обследование выработок аварийного участка.

С начала ведения аварийно-спасательных работ до второй смены, в шахте находились четыре отделения ГВГСС, которые производили контроль состава рудничной атмосферы в следующих местах:

- в грузовом ходке блока №5;
- в 5-м северном конвейерном штреке бремсберга блока №5;
- в вентиляционном штреке 5 северной лавы бремсберга блока №5;
- в трубопроводах дегазации и изолированного отвода метана.

В 5 час 40 мин на КП доложил командир взвода о том, что отделение прибыло к месту проведения разведки вентиляционного штрека 5-й северной лавы блока №5. Дана команда отделению произвести экспресс анализ рудничного воздуха с докладом на КП. Газовая обстановка экспресс-методом:  $\text{CH}_4$  – 0,7%,  $\text{CO}$  – 0,01%,  $t$  – 24 °С, задымленность слабая.

В 5 час 48 мин на КП доложил командир отделения о том, что отделение прибыло к месту проведения разведки 5-го северного конвейерного штрека бремсберга блока 5. Газовая обстановка экспресс-методом:  $\text{CH}_4$  – 0,0%,  $\text{O}_2$  – 20%,  $\text{CO}$  – 0,00%,  $t$  – 20 °С, задымленности нет.

В 6 час 31 мин на КП доложил заместитель командира отряда. Газовая обстановка на вентиляционном штреке 5-й северной лавы бремсберга блока №5 экспресс-методом следующая:  $\text{CH}_4$  – 0,5 %,  $\text{O}_2$  – 20%,  $\text{CO}$  – 0,004%,  $t$  – 24 °С

Дана команда отделениям, находится на ПБ, осуществлять отбор проб и контроль рудничной атмосферы.

В 6 час 56 мин на шахте была организована газоаналитическая лаборатория 10 ВГСО.

Врачами РПГ на поверхностном медпункте шахты была оказана помощь трем пострадавшим с различными степенями ожогов.

В 7 час 05 мин пострадавшие направлены в ожоговый центр г. Донецка.

В 9 час 20 мин на шахту прибыл командир оперативного взвода 10 ВГСО с отделением оперативного взвода 10 ВГСО. Доставлено 1000 м пробоотборного трубопровода.

В 10 час 00 мин на шахту доставлены три установки «Монолит» из 3 ВГСО.

В 10 час 30 мин на шахте состоялся технический совет, решением которого было последовательное включение в работу ПДУ и ВМЦГ аварийного участка, отбор проб воздуха в контрольных точках и контроль рудничной атмосферы, по результатам которых принять решение об обследовании аварийного участка.

В 10 час 50 мин дана команда подать напряжение и включить ПДУ аварийного участка.

В 11 час 30 мин ПДУ аварийного участка была запущена.

В 11 час 50 мин доложил помощник командира взвода СДС на 5 северном конвейерном штреке бремсберга блока №5 количество воздуха  $Q=1540 \text{ м}^3/\text{мин}$ , на вентиляционном штреке 5-й северной лавы бремсберга блока №5  $Q=1240 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

В 11 час 50 мин доложил заместитель начальника участка «Дегазация» в трубопроводе ПДУ разрежение 0,2 атм,  $Q=46 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $\text{CH}_4=2,5 \%$ , в камере смешивания  $\text{CH}_4=0,8 \%$ , в камере ПДУ  $\text{CH}_4=0,1 \%$ .

В 12 час 15 мин доложил заместитель начальника участка «Дегазация», что ВМЦГ №1, 3 запущены в работу.

В 13 час 25 мин отделениями ГВГСС начата разведка выработок аварийного участка.

В 13 час 30 мин на шахту были доставлены три установки «Монолит» из 6 ВГСО.

В 14 час 12 мин произведена разведка вентиляционного штрека 5-й северной лавы бремсберга блока № 5 от устья до сопряжения с лавой, очагов пожара не обнаружено, газовая обстановка:  $\text{CH}_4=0,2 \%$ ,  $\text{O}_2=20,5 \%$ ,  $\text{CO}=0,0 \%$ ,  $t=24 \text{ }^\circ\text{C}$ . В тупике погашения вентиляционного штрека 5-й северной лавы бремсберга блока №5  $\text{CH}_4$  более 6,0 %.

В 15 час. 30 мин. в шахту спустилась комиссия по расследованию причин аварии.

В 19 час. 05 мин. комиссия по расследованию причин аварии обследовала аварийный участок.

В связи с тем, что комиссия не установила причины возникновения аварии, принято решение производить охрану аварийного участка, контроль рудничной атмосферы в исходящей струе аварийного участка, производить отбор проб воздуха в контрольных

точках силами одного отделения ГВГСС в смену до выяснения причин аварии.

До 8 час. 00 мин. 11.06.2010 г. производилась охрана аварийного участка, контролировался состав рудничной атмосферы в исходящей струе аварийного участка, производился отбор проб воздуха в контрольных точках силами одного отделения ГВГСС в смену

В 8 час. 00 мин. 11.06.2010 г., в связи с ликвидацией аварии, отсутствием в действующих выработках недопустимых концентраций вредных газов, для охраны аварийного участка, контроля состава рудничной атмосферы и отбора проб воздуха с последующим их анализом в газоаналитической лаборатории 10 ВГСО, аварийно-спасательные работы были переведены в технические.

При ведении аварийно-спасательных работ положительными результатами являются:

1. Своевременный вызов горным диспетчером шахты подразделений ГВГСС.

2. Своевременный ввод в действие ПЛА, что позволило в кратчайшие сроки организовать силами членов ВГК эвакуацию пострадавших с аварийного участка.

3. Четкие, слаженные и грамотные действия членов ВГК в первоначальный момент ликвидации аварии.

### **3.2.2. Ведение аварийно-спасательных работ при внезапных выбросах.**

При внезапных выбросах породы (угля) и газа аварийно-спасательные работы, как уже отмечалось, ведутся по отводу выброшенного газа, который должен направляться в общую исходящую струю шахты кратчайшим путем, уборке или выпуску выброшенной горной породы, подкреплению полостей выброса и проведению специальных выработок для спасения людей.

Рассмотрим ход ведения аварийно-спасательных работ при аварии «внезапный выброс» на шахте им. А.А. Скочинского ГП «ДУЭК», произошедшей в 18 час 56 мин 06 июня 2010 г. во 2-й западной лаве УЩП (рис. 3.3).

**Схема аварийного участка при ликвидации аварии  
"внезапный выброс" во 2 западной лаве УПЦП,  
произошедшей 06.06.10 г. в 18 час 56 мин  
по состоянию на 16-00 10.06.10г**



Рис. 3.3. Схема аварийного участка при ликвидации аварии по состоянию на 16.00 10.06.2010 г.

Шахта отнесена к особо опасным по внезапным выбросам угля, породы и газа. Уголь пласта  $h_6^1$  опасен по взрывчатости угольной пыли и склонен к самовозгоранию.

Схема проветривания шахты комбинированная. Способ проветривания всасывающий.

Вентиляторы главного проветривания установлены: на скиповом стволе (ВЦД-31,5), восточном вентиляционном стволе №1 (ВЦД-3,3) и западном вентиляционном стволе №2 (ВЦД-47У).

Свежая струя воздуха подается по центральному клетевому, по восточному №1 и западному №1 воздухоподающим стволам.

### ***Характеристика аварийного участка***

2-я западная лава уклонного поля центральной панели отрабатывается прямым ходом, свежий воздух поступает по конвейерному штреку 2-й западной лавы УПЦП (сечение в свету  $S=17,1 \text{ м}^2$ , затяжка - ж/б + металлическая сетка), исходящая струя движется по конвейерному штреку 1-й западной лавы УПЦП (сечение в свету  $S=13,8 \text{ м}^2$ , затяжка - ж/б + металлическая сетка). Лава оборудована комплексом ЗМКД-90, комбайном 2ГШ -68Б, конвейером СП 301-М.

В пределах выемочного участка горная масса транспортируется по лаве скребковым конвейером СП 301-М, далее по конвейерному штреку 2-й западной лавы скребковым конвейером СП – 202, и затем ленточным конвейером 1Л – 80 до магистральных конвейеров.

Угольный пласт  $h_6^1$  на аварийном участке имеет сложное двухпачечное строение и геологическую мощность 1,36-1,77 м, вынимаемая мощность пласта составляет в среднем 1,63 м.

Средняя природная газоносность пласта составляет  $20 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ . Залегание пласта и пород моноклиналиное, угол падения пласта  $11-14^\circ$ .

Уголь марки Ж.. Непосредственная кровля угольного пласта  $h_6^1$  представлена аргиллитом мощностью 2,6-5,8 м. Мощность пород основной кровли составляет от 5,5-5,8 м (алевролита) до 7,8 м (песчаника). Породы основной кровли характеризуются как среднеобрушаемые –  $A_2$ . Шаг обрушаемости основной кровли составляет: первичной – 27 м, последующей – 18 м.

Непосредственная почва угольного пласта  $h_6^1$  представлена алевролитом мощностью от 0,5 до 2,8м, устойчивость от средней до слабой.

Песчаники основной кровли и основной почвы относятся к выбросоопасным.

Пласт  $h_6^1$  «Смоляниновский» отнесен к категории особо выбросоопасных. Для отработки пласта и предотвращения внезапных выбросов угля и газа в лаве применяется гидрорыхление призабойной части пласта. В верхней нише также применяется гидрорыхление пласта с контролем эффективности и последующей выемкой угля при помощи отбойных молотков. В качестве дополнительных мероприятий по безопасности труда предусмотрено следующее:

- односторонняя выемка угля узкозахватным комбайном с глубиной захвата 0,63м в направлении движения свежей струи воздуха;
- скорость подвигания очистного забоя – не более 1,2м (две полосы по 0,6м в сутки);
- технологический перерыв между циклами выемки угля комбайном не менее 3-х часов;
- запрещение применения ручного инструмента для оформления угольного забоя после сотрясательного взрывания;
- повторное сотрясательное взрывание при необходимости достижения проектного контура призабойной части выработки;
- оснащение участка аппаратурой АКМ для передачи информации диспетчеру во время ведения взрывных работ.

#### ***Данные о вызове и выезде подразделений ГВГСС на ликвидацию аварии.***

В 18 час 56 мин 06.06.10 г горный диспетчер шахты им. А.А. Скочинского ГП «ДУЭК» вызвал 1-й взвод ОВГСО по роду аварии «внезапный выброс». Введена в действие позиция ПЛА № 80А.

В 19 час 15 мин на шахту прибыло 2 отделения 1 взвода ОВГСО во главе с командиром взвода.

В 19 час 30 мин на шахту прибыло 1-е отделение Оперативного взвода ОВГСО.

В 19 час 43 мин на шахту прибыло 1-е отделение 4-го взвода ОВГСО.

В 20 час 02 мин на шахту прибыло 2 отделения 5-го взвода ОВГСО во главе с командиром взвода.

В 20 час 05 мин руководство аварийно-спасательными работами принял 1-й заместитель командира отряда.

В 20 час 30 мин на шахту прибыл МОСБР.

В 21 час 00 мин прибыл командир ОВГСО и принял руководство аварийно-спасательными работами.

К 23 час 00 мин 06.06.10 г на шахте было сосредоточено 10 отделений ГВГСС, группа ОТО, ДС и 4 РПГ, старший командный состав (15 человек), технические средства.

### ***Обстановка на момент прибытия подразделений ГВГСС.***

Горный диспетчер шахты в 18 час 56 мин вызвал 1-й взвод ОВГСО по роду аварии «внезапный выброс». На момент прибытия отделений в шахте находилось 252 человека, в том числе застигнутых на аварийном участке 23 человека, судьба 5 человек неизвестна. Люди из шахты выводятся. Согласно позиции ПЛА ВГП работают в нормальном режиме. Электроэнергия на аварийный участок отключена. Вода в шахту и в аварийную выработку подается.

### ***Ход ликвидации аварии.***

В 19 час 15 мин было дано задание командиру 1-го отделения взвода ОВГСО следовать на аварийный участок - конвейерный штрек 2-й западной лавы УПЦП, 2-ю западную лаву УПЦП для обследования выработок и оказания помощи пострадавшим.

В 19 час 15 мин дано задание командиру 2-го отделения взвода ОВГСО следовать на исходящую аварийного участка на конвейерный штрек 1-й западной лавы УПЦП, 2-ю западную лаву УПЦП для обследования выработок и оказания помощи пострадавшим.

Последующим отделениям была дана команда следовать на конвейерный штрек 2-й западной лавы УПЦП, 2-ю западную лаву УПЦП для обследования выработок и оказания помощи пострадавшим.

Разведка аварийного участка со стороны исходящей струи воздуха была выполнена до сопряжения 2-й западной лавы УПЦП с конвейерным штреком 1-й западной лавы и на протяжении 3-х секций по лаве. В ходе разведки в 22 час 03 мин был обнаружен первый пострадавший в агональном состоянии. Пострадавший лежал на спине



лицом вверх на скребковом конвейере в районе между 139 и 140 секциями крепи. Наличие травм не обнаружено. На пострадавшем были одеты брюки и сапоги. Имеется светильник в рабочем состоянии без повреждений, включенный. Самоспасатель рядом с пострадавшим не обнаружен. Были проведены реанимационные мероприятия, которые не дали положительных результатов и пострадавший, не придя в сознание, скончался. Газовая обстановка у места обнаружения пострадавшего:  $\text{CH}_4$ -7,0%,  $\text{CO}$ -0,0%,  $T=42^\circ\text{C}$ . Дальнейшее проведение разведки невозможно по причине высокой температуры воздуха  $T=42^\circ\text{C}$  (согласно Уставу ГВГСС» время пребывания в зоне повышенной температуры 36 мин, что позволяет выполнить разведку в данных условиях только до окна лавы).

В 20 час 50 мин 06.06.10 г. прибывшим на конвейерный штрек 2-й западной лавы УПЦП отделением 1-го взвода обнаружено, что окно лавы «закрыто» выброшенным углем – проход в лаву невозможен. Величина откоса выброшенной горной массы из лавы в конвейерный штрек 2-й западной лавы УПЦП составляет 8 м. Газовая обстановка у окна лавы:  $\text{CH}_4$ -1,5%,  $\text{CO}$ -0,0%,  $T=35^\circ\text{C}$ . В лаву поступает  $Q=514 \text{ м}^3/\text{мин}$  воздуха.

На поверхности шахты медицинскими работниками оказана квалифицированная медицинская помощь 18 работникам шахты. Все осмотренные горнорабочие госпитализированы в ОКБПЗ.

В 21 час 00 мин 06.06.10 г был разработан Оперативный план ликвидации аварии №1, предусматривающий мероприятия по увеличению количества воздуха и обеспечению устойчивого проветривания конвейерного штрека 2-й западной лавы УПЦП на время проведения работ по ликвидации последствий аварии, восстановлению и усилению нарушенной крепи аварийной выработки и у места ведения аварийно- спасательных работ (рис.3.4).

Для увеличения количества воздуха и обеспечения устойчивого проветривания были уплотнены вентиляционные двери парусной перемычкой в людском ходке №2 УПЦП, уплотнены также вентиляционные двери во вспомогательном квершлагае №2 1-й западной лавы ЦП и вентиляционные двери в вентиляционном ходке №2 1-й

западной лавы ЦП. Расход воздуха увеличился с 514 м<sup>3</sup>/мин до 630 м<sup>3</sup>/мин.

В 21 час 30 мин 06.06.10 г отделения приступили к разбору выброшенной горной массы со стороны 2-го западного конвейерного штрека УПЦП.

В 23 час 54 мин 06.06.10 г при разборке выброшенной горной массы обнаружен второй пострадавший без признаков жизни на сопряжении 2-й западной лавы УПЦП с конвейерным штреком 2-й западной лавы УПЦП. Пострадавший лежал на левом боку, головой к лаве, ноги в согнутом состоянии, под выброшенной горной массой.

В 01 час 00 мин 07.06.10 г пострадавший был извлечен из-под выброшенной горной массы. Наличие травм не выявлено. Пострадавший одет в брюки (джинсы). У пострадавшего имеется светильник с поврежденным кабелем у головки светильника. Самоспасатель – отсутствует, часов не обнаружено. На спецодежде обнаружены ключи на пояском ремне, жетон спуска-выезда с выбитыми инициалами. На месте обнаружения пострадавшего оставлен жетон. Газовая обстановка у места обнаружения пострадавшего: СН<sub>4</sub>-0,1%, СО-0,0%, Т=35°С.

На момент времени 01 час 30 мин 07.06.10 г произведена разборка выброшенной горной массы по правой стороне откоса по ходу выработки в нижней части выработки на ширину 0,8 м. на длину 5 м, зачищен привод скребкового конвейера и сам конвейер по конвейерному штреку 2-й западной лавы УПЦП. Также произведена уборка выброшенной массы в запасном выходе по всему сечению на длину 3 м.

Газовая обстановка на 01 час 30 мин 07.06.10 г. следующая.

Конвейерный штрек 2-й западной лавы УПЦП у места ведения работ по разборке выброшенной горной массы:

СО<sub>2</sub> = 0,0%; СН<sub>4</sub> = 0,1%; СО = 0,0%; Т = 35 °С.

Конвейерный ходок №3 1-й западной лавы УПЦП в 20 м. ниже сопряжения с вентиляционным штреком 1 западной лавы УПЦП:

СО<sub>2</sub> = 0,2%; СН<sub>4</sub> = 3,5%; СО = 0,0%; Т = 33 °С.

**Схема аварийного участка при ликвидации аварии  
"внезапный выброс" во 2 западной лаве УПЦП,  
произошедшей 06.06.10 г. в 18 час 56 мин  
по состоянию на 21-00 06.06.10г**



Рис. 3.4. Схема аварийного участка при ликвидации аварии по состоянию на 21.00 06.06.10г.

В 02 час 00 мин 07.06.10 г на поверхность выдали пострадавшего, где он был передан работникам прокуратуры Донецкой области.

В 02 час 30 мин 07.06.10 г была подана электроэнергия на конвейерный штрек 2-й западной лавы УПЦП. В 03 час 30 мин 07.06.10 г. произведена проверка работоспособности датчика АГЗ. Датчик исправен. В 03 час 35 мин 07.06.10 г. произвели запуск ленточных конвейеров на конвейерном штреке 2-й западной лавы УПЦП. В 03 час 43 мин 07.06.10 г запустили скребковый конвейер на конвейерном штреке 2 западной лавы УПЦП.

В 03 час 30 мин 07.06.10 г на поверхность выдали еще одного пострадавшего, где он был передан работникам прокуратуры Донецкой области.

В 05 час 00 мин 07.06.10 г замкнут контур между запасным выходом и конвейерным штреком 2-й западной лавы УПЦП. Продолжается поиск пострадавших и уборка выброшенной горной массы во 2-й западной лаве УПЦП.

С 12 час 00 мин 07.06.10г проводится размывка выброшенной горной массы водой с использованием высоконапорного насоса УГН-2. Проводится опережающая выработка шириной 0,9м с дальнейшей её зачисткой и уборкой угля до ширины 2-2,5м.

В 11 час 38 мин 08.06.10г при выполнении уборки выброшенного угля, под секцией №43 обнаружен еще один пострадавший без признаков жизни, начаты работы по его извлечению.

По состоянию на 14 час 00 мин 08.06.10г пройдено узким забоем (шириной 0,9 м) до 43 секции крепи.

С 12 час 00 мин 08.06.10 г по мере уборки выброшенной горной массы в аварийной выработке увеличилось количество воздуха поступающего в лаву с 630 м<sup>3</sup>/мин до 910 м<sup>3</sup>/мин. По 33-ю секцию крепи лава очищена на ширину 2,0 – 2,5 м. температура воздуха на исходящей струе снизилась с 42 °С до 38 °С

Во 2-ю смену 08.06.10 г силами 3-х отделений ОВГСО была организована разведка 2-й западной лавы УПЦП со стороны исходящей струи. В результате разведки под руководством помощника командира отряда 2-я западная лава была обследована до секции №86. Откос выброшенного угля начинается от секции №104, на секции №86 высота от выброшенного угля до кровли составляет

h=0,4м. (Нумерация секций крепи начинается снизу лавы, всего в лаве 141 секция).

Результат анализа проб рудничного воздуха отобранного во 2 западной лаве УПЦП во время разведки 18-00 08.06.10г.

$\text{CO}_2 = 0,1\%$ ;  $\text{CH}_4 = 0,4\%$ ;  $\text{O}_2=20,4\%$ ;  $\text{CO} = 0,0\%$ ;  $\text{H} = 0,0\%$ ;  $T = 38\text{ }^\circ\text{C}$ .

На 18 час 00 мин 08.06.10 г производилась уборка выброшенной горной массы в районе механизированной секции №43, из-за призабойной части, из-под конвейера для обеспечения возможности маневровых работ механизированной крепью и конвейером, для освобождения пострадавшего.

В 18 час 00 мин 08.06.10 г на конвейерном штреке 2-й западной лавы УПЦП в 1,8м восточнее запасного выхода был найден самоспасатель ШСС-1У, который не вскрыт.

В 21 час 00 мин 08.06.10 г была произведена попытка передвижки секции механизированной крепи №43 для освобождения пострадавшего, но из-за нарушения герметичности шланга высокого давления и утечки рабочей жидкости это стало невозможно.

В 21 час 55 мин продолжалась зачистка выброшенной горной массы из-под пострадавшего.

В 22 час 15 мин 08.06.10 г в шахту, для извлечения пострадавшего, доставлено гидравлическое оборудование «Холматро».

В 22 час 25 мин была дана команда на извлечение стойки механизированной крепи в секции №43.

В 22 час 30 мин применялось оборудование «Холматро». Из-за отсутствия свободного хода рештачного состава применение «Холматро» невозможно.

В 01 час 00 мин 09.06.10 г производились работы по расстыковке става конвейера лавы. Расстыковка невозможна из-за предельной натяжки цепи конвейера.

С 05 час 00 мин 09.06.10 г продолжались работы по уборе выброшенной горной массы от секции №34 к секции №43.

Газовая обстановка на 07 час 00 мин 9.06.10г:

- 2-я западная лава УПЦП, у места работ:

$\text{CO}_2 = 0,1\%$ ;  $\text{CH}_4 = 0,1\%$ ;  $\text{CO} = 0,0\%$ ;  $T = 35\text{ }^\circ\text{C}$ .

- вспомогательный квершлаг №2 (в 20 метрах ниже сопряжения с вентиляционным ходком 1 западной лавы УПЦП):

$\text{CO}_2 = 0,1\%$ ;  $\text{CH}_4 = 0,7\%$ ;  $\text{CO} = 0,0\%$ ;  $T = 35\text{ }^\circ\text{C}$ .

В 09 час 45 мин 09.06.10 г была отсоединена от верхнего крепления стойка механизированной крепи в секции №43. И была попытка извлечения пострадавшего. Извлечение невозможно – ноги пострадавшего зажаты между конвейером лавы и основанием механизированной крепи.

Работы по извлечению пострадавшего имели затяжной характер в связи с осложненными условиями на месте ведения работ (пострадавший зажат между элементами скребкового конвейера лавы и механизированной секцией крепи №43).

В 14 час 45 мин 09.06.10 г на шахту доставлена установка холодной резки «Кобра».

В 15 час 50 мин 09.06.10 г пострадавший был извлечен из-под конвейера лавы. Пострадавший находился в сидячем положении на согнутых коленях лицом к забою. На месте обнаружения пострадавшего оставлен жетон №10-3-10.

В 18 час 15 мин 09.06.10 г при уборке выброшенной горной массы на секции №54 обнаружен светильник №398 без головки.

В 18 час 45 мин 09.06.10 г пострадавший был поднят на поверхность, где был передан работникам прокуратуры Донецкой области.

В 22 час 00 мин 09.06.10 г при уборке выброшенной горной массы в районе сопряжения 2 западной лавы УПЦП и конвейерного штрека 2 западной лавы УПЦП обнаружены сумка с самоспасателем №217 и «Сигнал» №0-1.

В 00 час 15 мин 10.06.10 г при уборке выброшенной горной массы в районе секции №71 обнаружен еще один пострадавший без признаков жизни. Пострадавший лежал на животе вдоль конвейера СП-301 головой в сторону конвейерного штрека 1-й западной лавы УПЦП. Пострадавший был одет в брюки, футболку, в одном сапоге, на голове каска, начаты работы по его извлечению. На месте обнаружения пострадавшего оставлен жетон №3-0-22

В 00 час 50 мин 10.06.10 г при уборке выброшенной горной массы в районе секции №74 обнаружен еще один пострадавший без признаков жизни. Пострадавший находился на коленях головой в сторону конвейерного штрека 1-й западной лавы УПЦП. На пострадавшем были надеты рубашка, брюки, калоши, на голове

каска, начаты работы по его извлечению. На месте обнаружения пострадавшего оставлен жетон №3-0-25.

С 16 час 30 мин 10.06.10 г. в связи с обнаружением и выдачей всех пострадавших, отсутствием превышений предельно допустимых концентраций рудничных газов, восстановлением нормального проветривания аварийного участка ответственным руководителем работ по ликвидации аварии выдано разрешение подразделениям ГВГСС убыть к местам своей дислокации.

### ***Причины возникновения аварии***

В соответствии с выводами экспертной комиссии, причиной аварии явился внезапный выброс угля и газа.

1. В результате процесса совместной работы всего углепородного массива, отдельно угольного пласта и вмещающих пород, произошло динамическое разрушение пород кровли (почвы) (начало посадки пород кровли и динамическое разрушение пород) привело к динамическому толчку в массиве, что при высоких концентрациях напряжения в массиве послужило импульсом для начала реализации ГДЯ в виде выброса угля и газа.

2. В результате десорбционных процессов, имеющих место в угольном пласте, происходило перманентное перемещение газа в угле из свободного состояния в связанное и наоборот, проявившееся окончательно давлением адсорбированного метана в пласте. Давление адсорбированного метана значительно зависит от напряженного состояния массива и температуры угля. Поскольку в последнее время температура воздуха значительно повысилась, а величина породной консоли достигла максимальных значений, то дополнительное количество метана перешло в свободное состояние в угле в объемах, многократно превышающих его нормальное состояние. Указанное выше свидетельствует о том, что при выполненных мерах и при их эффективности многократное увеличение объема газа в угле при высоких концентрациях напряжения в массиве неминуемо приведет к реализации ГДЯ в забое.

3. Не эффективность применения противовыбросных мероприятий в лаве.

4. Наличие непрогнозированного геологического нарушения внутри массива.

На шахте в кратчайшие сроки было сосредоточено необходимое количество отделений ГВГСС, командного состава и групп РПГ, а правильный выбор технологии ликвидации аварии позволил обеспечить безопасные условия работы исполнителей.

Следует отметить, что 09.06 2009 года в этой же лаве также произошел внезапный выброс. В соответствии с выводами экспертной комиссии было установлено, причиной внезапного выброса явилось воздействие ручным инструментом (отбойным молотком) на забой опережающей части конвейерного штрека в зоне высокой напряженности горного массива, осложненной геологическим нарушением. Причиной группового несчастного случая явилось нахождение людей в зоне поражающих факторов внезапного выброса угля и газа.

### **3.2.3. Ведение аварийно-спасательных работ при подземных пожарах.**

Ведение аварийно-спасательных работ при подземных пожарах в шахтах сводится к обеспечению эффективного режима проветривания, спасению людей, тушению пожара и ликвидации его последствий.

#### ***Обеспечение эффективного режима проветривание аварийного участка при тушении пожара***

С момента возникновения и до окончания тушения пожара должны проводиться мероприятия по обеспечению эффективного режима проветривания, обеспечивающего безопасность работающих отделений по газовому фактору, способствующего переносу огнетушащих материалов спутным вентиляционным потоком в зону горения, а также снижающего скорость распространения пожара и интенсивность горения. Аварийно-спасательные работы разрешается проводить при концентрации метана ниже 2 %. Если концентрации его достигла 2 %, то люди должны быть выведены из опасной зоны и необходимо перейти к технологии тушения пожара, обеспечивающей безопасность работ. Одновременно должны приниматься меры по предотвращению образования взрывоопасной концентрации метана в воздухе, поступающем в зону пожара, или в выработку, по которой отводятся пожарные газы с высокой температурой.



Принимаемый вентиляционный режим должен удовлетворить требованиям устойчивости и безопасности. Возможны следующие режимы проветривания аварийного участка и шахты:

- существующий режим до аварии без изменения направления движения и расхода воздуха, а также режима работы всех вентиляторов главного проветривания аварийного участка и шахты;

- с сохранением направления движения струи воздуха, но изменением его расхода путем изменения режима работы ВГП, работающего на сеть аварийного участка, или местного регулирования;

- реверсивный режим при общешахтном реверсировании или изменении направления движения воздуха на аварийном участке с помощью ВГП, работающего на сеть этого участка;

- местное реверсирование, осуществляемое путем изменения сопротивлений отдельных выработок, входящих в вентиляционный контур аварийного участка, при нормальной работе ВГП;

- "нулевой" режим проветривания при остановке ВГП; закорачивание вентиляционной струи, при котором весь или большая часть воздуха поступает в исходящую струю участка, крыла, шахты, минуя отдельную ветвь вентиляционного соединения;

- комбинированный - включающий признаки двух и более режимов проветривания;

- отсутствие проветривания отдельных выработок (остановка ВМП, изоляция) или выемочных участков (изоляция).

Принимаемый режим проветривания обуславливается следующими факторами:

- местом возникновения очага пожара в сети горных выработок (выработанное пространство, очистной забой, на протяжении выработки со свежей или исходящей струей, в забое подготовительной выработки, в общешахтной или участковой выработке, в камере, в стволах со свежей и исходящей струей и их надшахтных зданиях);

- характером выполняемых аварийно-спасательных работ (вывод всех людей, застигнутых аварией, в безопасную зону или на поверхность; обнаружение и транспортирование пострадавших; ведение работ по тушению пожара);

- обеспечением допустимого содержания горючих газов и предотвращением создания взрывоопасной обстановки в зоне

ведения аварийно-спасательных работ и в других горных выработках шахты.

Обычно при тушении подземных пожаров в зависимости от вида выполненных аварийно-спасательных работ последовательно применяются несколько видов вентиляционных режимов. Осуществлению нового вентиляционного режима должен предшествовать прогноз ожидаемой газовой обстановки на аварийном участке.

### **3.2.4. Ведение аварийно-спасательных работ при проникновении в шахту ядовитых веществ**

При заражении горных выработок токсичными химическими веществами первоочередные действия горноспасательных подразделений должны быть направлены на спасение людей, оказание им квалифицированной медицинской помощи, определение по возможности состава проникшего токсичного вещества, выявление и устранение источника поступления, предупреждение их распространения по выработкам с вентиляционной струей и шахтными водами.

В начальный период действия ВГК и горноспасателей осуществляются в соответствии с мероприятиями ПЛА для прогнозируемого перечня сильно действующих ядовитых веществ (СДЯВ). Личный состав горноспасательных отделений, направляемых в зараженную зону, должен быть оснащен специальными газозащитными костюмами и дыхательными аппаратами, защищающими от проникновения СДЯВ. Подземную базу организуют только в выработках со свежей струей воздуха. Отделение, уходящее в зараженную зону, должно иметь постоянную переговорную связь с подземной базой.

При концентрации СДЯВ в выработке, где ведутся горноспасательные работы, до 10 ПДК для защиты личного состава рекомендуется применять легкий защитный костюм Л-1 и респираторы Р-30 или Р-34 при длительности работы не более 2 ч в среде с допустимой температурой воздуха и со средней физической нагрузкой. При более высоких концентрациях СДЯВ необходимо применять специальные газозащитные костюмы и дыхательные аппараты. например, при превышении ПДК до 1000 раз

продолжительность работы в костюме "Трельчин-Супер" фирмы "Интерспиро" со средней физической нагрузкой - не более 25 мин, а при движении в разведку до 33 мин. В такой среде возможно использование дыхательного аппарата со сжатым воздухом типа АИР-III или респиратора со сжатым кислородом Р-30Х в комплекте с газозащитным костюмом. В комплекте с противохимическим изолирующим костюмом типа КИХ-4 могут применяться дыхательные аппараты АСВ-2 и респираторы РВЛ-1, Р-34, размещаемые в подкостюмном пространстве.

Для профилактической защиты личного состава, работающего в зараженных СДЯВ выработках, перед направлением на выполнение задания и после выезда из шахты необходимо принимать гастроэнтеросорбенты. Дозировку (от 3 до 10 таблеток на прием) назначают медицинский работник службы в зависимости от концентрации СДЯВ и длительности пребывания в зараженной зоне. Режим труда и отдыха личного состава устанавливает руководитель горноспасательных работ с учетом состава и температуры воздуха в месте ведения работ, применяемых индивидуальных и коллективных средств защиты тела и органов дыхания, вида выполняемых работ и их тяжести.

Каждое отделение, направляющееся в зараженную зону, должно иметь комплект химических газоопределителей типа ГХ-0 для экспресс-анализа и емкости для отбора проб воздуха и воды.

Заражение воздуха выработок СДЯВ вызывается их испарением с поверхности подземных вод, поступающих в выработку и перемещающихся по водоотливным канавкам, а также десорбцией с боковых пород в выработках и переносом с вентиляционной струей. Для предотвращения распространения этих веществ по выработкам и снижения интенсивности их испарения и десорбции в зависимости от физико-химических свойств, проникших СДЯВ горноспасательные подразделения могут осуществлять следующие работы:

- возведение на пути распространения жидких и растворенных в воде СДЯВ барьерных перемычек, закладку проемов, сбор в различные емкости, водосборники, канавки;

- нанесение на зараженные породы сорбционных экранирующих композиций;

- покрытие зеркала зараженных вод слоем сыпучих материалов с добавками в них порошкообразных сорбентов, например,

мезопористых и других углей, целиков слоем 5-10 см, либо слоем специальной пены с сорбционными добавками;

- установка мелкодисперсных водяных завес для поглощения из воздуха растворимых в воде СДЯВ.

Для подачи сорбционных составов и пен, создания водяных завес может применяться переносное или передвижное оборудование, находящееся на оснащении горноспасательных подразделений, например, ОПШ-100, УПШ-250, "Вихрь", ВВР-1, УИП, ГПС-600 и др. При использовании пыли и природных углей в качестве сорбентов в нее необходимо вносить ингибирующие добавки из инертной пыли. Возможно также применение химических нейтрализаторов которые при взаимодействии со СДЯВ образуют нетоксичное или малотоксичное вещество. так, для нейтрализации аммиака рекомендуется применять 1...20 %-ые растворы щавелевой кислоты, а для сернистого ангидрида - такой же концентрации щелочи.

После выхода на поверхность производят полную санитарную обработку личного состава подразделения ГВГСС и членов ВГК в быткомбинате шахты. Кроме того, выполняют нейтрализацию средств индивидуальной защиты, горноспасательного оборудования и аппаратуры. На шахте защитные костюмы и респираторы промывают в щелочной воде и упаковывают в полиэтиленовые мешки. Окончательную нейтрализацию осуществляют в вакуумно-сушильном шкафу при давлении 100-200 Па и температуре 50 °С в течение 3-х часов со ступенчатым повышением давления до атмосферного через каждый час и вентилированием. Перед помещением респираторов в вакуумно-сушильный шкаф их вместе со шлангами и панорамными масками на 5 мин погружают в 0,5 %-ый раствор хлоргексидина и тщательно промывают вначале в 2 %-й щелочной воде, а затем в чистой воде. После такой обработки защитные костюмы и респираторы готовы к повторному применению в зараженной среде.

### **3.2.5. Ведение аварийно-спасательных работ в условиях повышенных температур**

Работа в таких условиях, прежде всего, ограничивается физиологическими возможностями человека. При температуре

воздуха 27 °С продолжительность работы на одном месте не должна превышать 210 мин, а продолжительность движения по выработкам – 158 мин, при 40 °С – соответственно 18 мин и 14 мин. Работы при температуре свыше 40 °С разрешаются лишь для спасения людей. В этом случае верхний предел допустимой температуры поднимается до 50 °С, а продолжительность пребывания горноспасателей не должна превышать 10 мин, если при работе не используются теплозащитные средства. Если работы ведут с применением теплозащитных средств, то режим определяется инструкциями к этим средствам.

Работы в условиях высоких температур связаны с экстремальными физическими нагрузками на горноспасателей. Поэтому к таким работам допускают лиц, прошедших специальную проверку на тепловую устойчивость и специальную тепловую адаптацию.

При работе в респираторах вообще, особенно в условиях высоких температур, очень важно обеспечить резерв физических сил и кислорода в дыхательных аппаратах для обратного возвращения. Время на движение горноспасательного отделения вперед зависит от температуры воздуха и угла наклона выработки. В зависимости от условий оно может составлять от половины до одной трети полного допустимого времени на движение при высокой температуре.

Изменение окружающей обстановки может оказаться опасным для горноспасателей, поэтому Устав по организации и ведению горноспасательных работ в шахтах требует, чтобы работы были прекращены, а горноспасатели немедленно возвратились из зоны высокой температуры на базу, если температура окружающего воздуха повышается на три градуса и более за пять минут.

Немедленное возвращение на базу необходимо также в случае, когда истекло допустимое время пребывания или движения вперед в условиях высокой температуры.

Ввиду большой опасности, возникающей при ведении работ в условиях высоких температур, работающим отделениям должен быть обеспечен резерв на подземной базе, кроме того, они должны иметь надежную связь с базой или командным пунктом.

При работе в условиях высоких температур необходимо принять все возможные меры для предотвращения перегревания респираторщиков. Необходимо обеспечить индивидуальную

тепловую защиту горноспасателей (респираторы с устройством для охлаждения вдыхаемого воздуха, облегченная хлопчатобумажная одежда, бокс-базы для отдыха респираторщиков и переснаряжения аппаратов, искусственное охлаждение воздуха, использование охлаждающих смесей, брикетов льда, воды, перемещение респираторщиков в нижних частях выработок), а также подземный транспорт для перевозки отделений и оборудования с целью сокращения времени пребывания людей в атмосфере с высокой температурой.

Все работающие в условиях высоких температур должны постоянно находиться под специальным медицинским контролем.

Для ведения аварийно-спасательных работ в экстремальных микроклиматических условиях шахт в НИИГД и ПБ “Респиратор” разработана «Информационно-обучающая система (ИОС) “Знаю как” для обучения личного состава горноспасательной службы и работников шахт правилам работы в условиях высоких температур. Разработчики: И.Ф. Марийчук, Н.С. Диденко, В.В. Карпекин, Л.Н. Трухан.

ИОС “Знаю как” предназначена для индивидуального обучения горноспасателей правилам работы в зоне с повышенной температурой шахтного воздуха (далее ЗПТ) в условиях компьютерного класса под руководством преподавателя или же без него, а также в подразделениях горноспасательной службы и на шахтах. Конечной целью учебного процесса с использованием ИОС “Знаю как” является усвоение обучаемым персоналом необходимого объема знаний с тем, чтобы персонал знал, как вести аварийно-спасательные работы в ЗПТ и использовал эти знания на практике.

После запуска системы на экране монитора появляется главное меню с кнопками: “Учебный материал”, “Тестирование”, “Программы”, “Помощь” и “Выход”. Каждая из них отвечает за определенные функции ИОС, которые активизируются при щелчке мышью на соответствующей кнопке. Ниже приводятся названия разделов, в которых содержится информация для пользователя о том, как работать с ИОС. Для ознакомления с нужным разделом необходимо щелкнуть мышью на соответствующем названии раздела.

Данная информационно-обучающая система позволяет ознакомиться с двумя расчетными компьютерными программами –

«Термоэрг» и «Глюкауф» и научиться работе с ними. Для ознакомления с ними в главном меню необходимо щелкнуть мышью на кнопке “Программы” и выбрать щелчком мыши в появившемся диалоговом окне интересующую Вас программу. Программа «Глюкауф» далее используется при проверке знаний обучаемого, здесь он может ознакомиться с программой и потренироваться в работе с ней.

Программа «Глюкауф» предназначена для использования в практической деятельности горноспасательной службы при планировании аварийно-спасательных работ. В составе настоящей информационно-обучающей системы она предназначена для обучения и тренировки личного состава выполнению на компьютере экспресс-расчета безопасных параметров оперативного задания горноспасательному подразделению, направляемому в шахту для спасения людей и ликвидации аварии. Такой расчет необходим при планировании любого оперативного задания и особенно сложного, содержащего много этапов и связанного с высокой тепловой и (или) физической нагрузкой на горноспасателя, изменяющейся в процессе выполнения задания.

Программа базируется на положениях Устава по организации и ведению горноспасательных работ, требованиях и нормативах по скорости передвижения отделений горноспасателей, расходу кислорода из респираторов, допустимой продолжительности работы в зоне с повышенной температурой воздуха и других нормативно-правовых актов.

Программа “Термоэрг” предназначена для экспресс-расчета допустимой (ДПР) и предельной (ППР) продолжительности работы горноспасателя в зоне с повышенной температурой воздуха (ЗПТ). Она разработана в результате всестороннего анализа закономерностей процесса теплообмена организма горноспасателя с окружающей средой и подтверждена в экспериментах на людях. Расчет выполняется в зависимости от пяти факторов, характеризующих условия работы горноспасателя: температуры воздуха, его относительной влажности и скорости движения, физической нагрузки и типа применяемого респиратора.

При помощи программы рассчитаны все таблицы ДПР и номограмма, содержащиеся в разделе 2 ИОС.

Программа «Термоэрг» вошла составной частью в программу более высокого уровня – «Глюкауф», предназначенную для компьютерного планирования безопасных параметров горноспасательных работ в ЗПТ.

После запуска программы на экране появится окно, в верхней части которого содержатся наименования четырех из пяти упомянутых выше исходных параметров и ячейки для ввода их значений. Значения температуры воздуха задаются автоматически для диапазона 25 – 50 через каждый градус. Численные значения относительной влажности и скорости движения воздуха вводятся с клавиатуры. Для ввода дискретных значений физической нагрузки щелкните мышью на стрелке в соответствующей ячейке и вызовите меню с четырьмя вариантами физической нагрузки либо тремя вариантами типа применяемого респиратора. Выберите нужный Вам вариант щелчком мыши и затем щелкните мышью на кнопке «Расчитать».

Программа выводит расчетные значения допустимой и предельной продолжительности работы в виде таблицы для температуры воздуха от 25 до 50 через каждый градус. Для просмотра всей таблицы предусмотрена полоса вертикальной прокрутки. Значения предельной продолжительности работы приводятся справочно, пользоваться ими на практике запрещено.

### **3.3. Тушение подземных пожаров активным способом**

#### ***Технология тушения пожаров активным способом***

При использовании различных средств пожаротушения необходимо выполнять общие требования, которые заключаются в следующем:

- независимо от параметров развития пожара ответственным руководителем работ по ликвидации аварии должны быть приняты меры по бесперебойной подаче воды на аварийный участок;
- на шахту должны быть доставлены более производительные средства непосредственного дистанционного тушения и материалы для их применения;
- в течение всего времени ведения работ по тушению пожара периодически контролируют концентрацию метана в поступающем к очагу пожара воздухе, а на исходящей струе дополнительно



определяет концентрацию кислорода, водорода, оксида и диоксида углерода, а в некоторых случаях и других газов. Одновременно измеряют расход воздуха и его температуру на исходящей струе, пробы воздуха обычно осуществляет дистанционно;

- непосредственное воздействие на очаги горения при наличии к ним доступа главным образом осуществляют со стороны поступающей струи, а со стороны исходящей - при возможности ведения таких работ по температурному фактору и расположению очага горения вблизи выработки со свежей струей воздуха. При ведении таких работ горноспасатели не должны выключаться из респиратора и снимать одежду. В случаях тушения очагов горения водой во избежание получения теплового поражения паром запрещается подача компактной струи в центр очага горения, особенно в слабо проветриваемых выработках, а также нахождение людей за очагом пожара (со стороны исходящей струи воздуха);

- при наличии на возможном пути распространения пожара сопряжения с другой выработкой, например, подводящей подсвежающую струю воздуха, в ней устанавливается водяная завеса или принимаются профилактические меры.

При активном тушении пожара аварийно-спасательные работы считаются законченными если на аварийном участке и в прилегающих к нему выработках, отсутствует оксид углерода, температура воздуха не превышает обычной и восстановлен нормальный режим проветривания выработок.

### **3.3.1. Тушение пожаров с помощью огнегасящих материалов**

Эффективность тушения различных горящих материалов зависит от вида применяющихся огнетушащих материалов.

#### ***Основные огнегасящие вещества и их свойства***

Основные огнегасящие вещества: вода, химическая и воздушно-механическая пены, водные растворы солей, инертные и негорючие газы, водяной пар, галоидо-углеводородные огнегасящие составы и сухие огнетушащие порошки, сжатый воздух.

*Воду* можно применять самостоятельно или в смеси с различными химикатами. В сравнении с другими средствами вода отличается такими преимуществами, как широкая доступность и низкая стоимость, большая теплоемкость, обеспечивающая отвод

тепла из труднодоступных мест, высокая транспортабельность, химическая нейтральность и не ядовитость. К недостаткам воды относится замерзание при температуре 0°C, следствием чего могут стать разрыв пожарных рукавов и поломка насоса; неприменимость для тушения горящих жидких веществ (ЛВЖ и ГЖ) с плотностью меньше единицы (бензин, керосин, ацетон, спирты, масла, эфир и т. п.). Будучи легче воды, они всплывают на ее поверхность, продолжают гореть и, растекаясь, увеличивают площадь горения. Нельзя тушить водой электросети и электроустановки, находящиеся под напряжением, так как струя воды является проводником и может вызвать поражение электрическим током.

*Химическая пена* получается при взаимодействии щелочного и кислотного растворов в присутствии пенообразователей. При этом образуется газ (диоксид углерода). Пузырьки газа обволакиваются водой с пенообразователем, в результате создается устойчивая пена, которая может долго оставаться на поверхности жидкости.

*Воздушно-механическая пена* представляет собой смесь воздуха (~90 %), воды (~9,7 %) и пенообразователя (~0,3 %). Характеристикой пены является кратность – отношение объема полученной пены к объему исходных веществ (обычная кратность пены – до 20). В последнее время в практике тушения пожаров находит применение высокократная пена (кратность свыше 200), значительно более объемная и дольше сохраняющаяся. Она получается в генераторах высокократной пены, где воздух не подсасывается, а нагнетается под некоторым давлением.

*Водяной пар* увлажняет горящие предметы и снижает концентрацию кислорода. Огнегасительная концентрация водяного пара в воздухе составляет примерно 35 % по объему.

*Инертные и негорючие газы* (азот, аргон, гелий, диоксид углерода) понижают концентрацию кислорода в очаге горения и тормозят интенсивность горения. Огнегасящая концентрация инертных газов при тушении в закрытом помещении составляет 31 – 36 % к объему помещения.

*Водные растворы солей* относятся к числу жидких огнегасительных средств. Применяются растворы бикарбоната натрия, хлоридов кальция и др. Соли, выпадая из водного раствора, образуют на поверхности горящего вещества изолирующие пленки, отнимающие теплоту.

Огнегасящее действие *галоидоуглеводородных огнегасительных составов* основано на химическом торможении реакции горения. Применяются составы: 3,5; 4НД; 7; СЖБ, БФ и др. (цифры 3, 5 и 7 означают, что эти составы в 3, 5 и 7 раз эффективнее диоксида углерода).

*Огнетушащие порошки* представляют собой мелко измельченные минеральные соли с различными добавками, препятствующими их слеживанию и комкованию. Они обладают хорошей огнетушащей способностью

*Сухой, чистый и просеянный песок* тушит пожар почти так же, как водяной пар и инертные газы. При забрасывании песком горящего предмета происходят поглощение тепла и изоляция поверхности от кислорода воздуха.

*Покрывала* (асбестовые полотна, брезент, кошма) используют для тушения небольших горящих поверхностей и горячей одежды на человеке (происходит изоляция горящего вещества от доступа кислорода воздуха).

*Механические средства* (брезент, войлок, песок, земля) применяются там, где горючие вещества еще не успели нагреться, то есть в начале воспламенения

На практике применяют также *смачиватели*. Основное физическое свойство растворов смачивателей состоит в улучшении смачиваемости горючих веществ (например, резины, угольной пыли, волокнистых материалов, торфа). К смачивателям относят мыло, синтетические растворители, амилсульфаты, алкилсульфонаты и другие вещества.

При дистанционном тушении пожара инертными газами или парогазовой смесью подача газа к очагу должна быть равна или больше фактического расхода воздуха по выработке.

При необходимости заполнения мелких пустот и трещин может применяться заиловочная пульпа, представляющая собой водную суспензию глинисто-песчаного грунта. Пульпа также охлаждает горные породы и выносит теплоту отделяющейся водой.

Инертные газы (азот и диоксид углерода) предотвращают образование взрывоопасных смесей и снижают интенсивность горения за счет снижения доли метана, кислорода, оксида углерода и водорода в инертизируемом объеме выработок.

***Выбор огнегасящих материалов при горении различных***

## *материалов и оборудования*

В зависимости от свойств горящего материала и условий пожара применяют средства с различным механизмом пожаротушения: охлаждение очага и объекта горения, например, водой или песком; предотвращение выхода летучих из горячей поверхности, например, плавящимися огнегасящими порошками; предотвращение доступа кислорода к горячей поверхности углекислым газом, азотом, газомеханической или воздушно-механической пеной; обрыв и предотвращение цепных реакций горения, взрыва галоидированными углеводородами - бромистым этилом и тетрафтордибромэтаном или огнегасительными порошками ингибирующего действия. Возможны и сочетания различных механизмов. Например, водяной пар частично препятствует подходу кислорода к горячей поверхности; углекислота, нагреваясь, забирает часть тепловой энергии очага и т.д. В условиях горных выработок в отличие от пожаров на поверхностных объектах используется важнейший принцип - подавление пожарного очага сокращением объемной доли и нем окислителя - кислорода.

Сокращение объемной доли кислорода в пожарном очаге достигается одним из трёх способов или их комбинацией:

- гидравлическим изолированием очага путем возведения перемычек в сочетании с другими мерами – подыливанием перемычек или заполнением изолированного пространства инертными газами (азотом, углекислым газом);

- затоплением очага, подачей в пожарные горные выработки без гидравлической изоляции их закладки инертных газов, воздушно-механической или инертной газо-механической пены;

- многократным реверсированием вентиляционной струи с проходом последней через очаг пожара с целью более полного «выжигания» кислорода, чем создается инертная азотно-углекислотная среда с содержанием кислорода менее 9 %.

При достижении содержания кислорода 2-5 % горение прекращается.

Тушение твердых материалов (конвейерная лента, древесина, уголь и др.) должно осуществляться водой или пеной. Применение огнетушащего порошка эффективно только в начальной стадии горения (в течение первых 30 мин).

На стадии развившегося пожара возможно тушение порошком только открытого пламени. В дальнейшем необходимо применять воду или пену для охлаждения и исключения повторного воспламенения твердых материалов.

Тушение горящих жидкостей производится песком, инертной пылью, огнетушащими порошками, пеной или распыленной водой. Не разрешается тушение горящих взрывчатых веществ огнетушащими порошками.

Горящий метан можно тушить любыми веществами, однако первоочередные мероприятия должны быть направлены на снижение притока метана в зону горения (усиление или применение дегазации основного источника газовыделения) и на охлаждение боковых пород во избежание повторного загорания метана.

Тушение горящих элементов электровозных батарей производится после их отключения от зарядного устройства при помощи огнетушащего порошка, песка, инертной пыли. Во избежание поражения брызгами электролита при тушении батарей необходимо пользоваться защитными очками.

Тушение горящих кабелей, электродвигателей, пускателей и другого электрооборудования осуществляется после отключения электроэнергии. Тушение оборудования, находящегося под напряжением, допускается только огнетушащими порошками, песком или инертными газами.

При тушении пожара в вертикальных выработках с восходящей струей воздуха путем непосредственной подачи с поверхности воды в околоствольном дворе, необходимо организовать контроль направления и расхода воздуха, при угрозе опрокидывания струи необходимо уменьшить подачу воды.

При дистанционном тушении пожаров путем подачи парогазовой смеси необходимо усилить крепь в выработках, по которым подается эта смесь, для предотвращения обрушений и завалов, а также осуществлять мероприятия по снижению температуры подаваемых инертных газов и охлаждению деревянных конструкций в стволах, шурфах. При ведении работ в выработке с исходящей струей необходимо организовать периодический контроль температуры воздуха и доли оксида углерода при помощи трубок ГХ-СО.

Для исключения ожогов при непосредственном воздействии огнетушащими веществами на очаг запрещается выключаться из респиратора и снимать одежду.

Для предотвращения ожогов или теплового поражения работающих из-за парообразования при тушении пожара водой запрещается:

- нахождение людей в выработках с исходящей струей, прилегающих к зоне горения, при активном тушении водой очага пожара;

- подача компактной водяной струи в центр очага горения при тушении пожаров в тупиковых забоях, камерах, других слабо проветриваемых выработках.

Расход воды для локализации пожаров водяными завесами должен обеспечивать снижение температуры пожарных газов за водяной завесой до величины менее 300 °С.

При установке водяных завес необходимо предотвращать возможность обхода завесы открытым пламенем или нагретыми газами по куполам или пустотам за крепью выработки.

### **3.3.2. Тушение пожаров в вертикальных выработках**

Направление горноспасательных отделений в вертикальные стволы, шпурь, гезенки и др. для непосредственного воздействия на очаги горения запрещается. Только в случае полной уверенности в безопасности таких работ допускается отступление от этого правила при направлении людей в разведку или для тушения пожара в начальной стадии развития. Тактические приемы в первую очередь определяются направлением движения воздуха по выработке. В стволах с поступающей струей создается угроза быстрого распространения продуктов горения по всем выработкам шахты. Поэтому первоочередными мерами предусматривается реверсирование воздушной струи, включение водяной завесы в устье ствола, закрывание пожарных ляд и сокращение расхода воздуха для предотвращения распространения пожара в надшахтные здания и снижения интенсивности горения. При пожаре в стволе с исходящей струей воздуха направление ее движения, как правило, не меняется, а принимаются меры по снижению расхода воздуха. Во всех случаях пожар в вертикальных выработках тушат сверху - с поверхности

(«нулевой» площадки) или из выработок вышележащего горизонта, подавая в ствол распыленную воду или воздушно-механическую пену. Одновременно принимаются меры по предотвращению возникновения вторичных очагов пожара от падающих горящих материалов в околоствольном дворе или от распространения горения в выработки промежуточных горизонтов. Наибольшая скорость распространения пожара свойственна вертикальным выработкам с деревянной крепью, армированным деревянными расстрелами или проводниками, имеющими отложения смазочных материалов и угольной пыли. Обычно первое отделение направляется к устью ствола для подачи огнегасящих материалов, а при необходимости - перекрывания пожарных ляд. Второе отделение направляется в выработки околоствольного двора для спасения людей и их вывода на поверхность при опасности загазирования выработок продуктами горения до осуществления реверсирования струи воздуха, последующие отделения - для вывода людей из примыкающих выработок и выемочных участков, разведки, тушения падающих горящих материалов и других работ в соответствии с ПЛА или по усмотрению ответственного руководителя работ по ликвидации аварии.

Количество воды, подаваемой водоразбрызгивателями, установленными в устье ствола (согласно проекту противопожарной защиты), зависит от площади сечения ствола и принимается из расчета 4...5 м<sup>3</sup>/ч на один квадратный метр сечения. Водяная завеса должна обеспечивать снижение температуры газообразных продуктов горения до значения ниже 300 °С.

В стволах различного сечения для создания завесы могут применяться один или два водоразбрызгивателя типа ВВР-1, причем на оба выходных штуцера целесообразно навинчивать распределительные насадки с углом среза 60 °.

Для непосредственной подачи воды на очаг пожара водоразбрызгиватель прикрепляют к канату и опускают в ствол обычно через блок при помощи лебедки. Воду к ВВР-1 подают по наращиваемым пожарным рукавам, которые крепятся к канату. Рукавный став должен быть заполненным водой. Максимальная глубина опускания равна тысячекратному допустимому давлению воды для пожарных рукавов, измеряемому в кПа.

Эффективным и безопасным средством дистанционного тушения пожара в стволах, имеющих ограниченное количество неизолированных от ствола погашенных выработок промежуточных горизонтов, является заполнение ствола воздушно-механической пеной. Усложняют условия заполнения ствола пеной скорость воздуха более 1,5..2,0 м/с и большая обводненность, что вызывает необходимость применения пены средней кратности (100...150) и периодического ее пополнения из-за уменьшения устойчивости. Это обуславливает повышенный расход пенообразователя.

В выработках промежуточных горизонтов необходимо вблизи ствола возвести временные изолирующие перемычки, а в стволе ниже зоны горения со стороны поступающей струи воздуха - временный полук для ограничения объема заполнения ствола пеной.

### **3.3.3. Тушение пожаров в надшахтных сооружениях**

При пожаре в надшахтном здании воздухоподающего ствола во избежание отравления оксидом углерода и другими токсичными продуктами горения людей, находящихся в шахте, в первую очередь осуществляется общешахтное реверсирование воздушной струи, перекрываются пожарные ляды для предотвращения распространения пожара по стволу. Первое горноспасательное отделение направляется для непосредственного тушения пожара и преграждения его распространения к стволу. Второе отделение направляется в шахту на вывод людей из выработок, в которые могли попасть продукты горения. Остальные - на обследование выработок, тушение возможных очагов горения в околоствольных выработках всех горизонтов, а также на выполнение других работ. При загорании или самовозгорании материалов обваловки и засыпки у стволов шурфов пожар тушат при помощи пожарных пик с выемкой и удалением горящей массы. Образовавшийся провал засыпают и тампонируют глиной. При значительном распространении горения вблизи устьев стволов и шурфов, а также невозможности выемки горящей массы бурят скважины, по которым подают воду и глинистую пульпу. В последнем случае необходимо усилить крепь ствола или шурфа в предполагаемой зоне заиливания. Пожар на поверхности у ствола может распространиться в горные выработки.

При возникновении пожара на поверхностном комплексе шахт, в том числе в надшахтных зданиях, ПЛА предусматривается вызов



пожарной части, которая по прибытии на шахту поступает в распоряжение ответственного руководителя работ по ликвидации аварии. Действия ГВГСС и пожарных команд осуществляются по согласованному плану совместных и свойственных каждому подразделению видов работ.

Для тушения горящих твердых материалов на поверхностных объектах применяются пожарные стволы, подающие компактные или распыленные струи воды, а горящих жидкостей – пенные и порошковые огнетушители. В помещениях, имеющих отложения угольной пыли, для предупреждения ее перехода во взвешенное состояние и создания угрозы взрыва не допускается подача компактных струй воды на поверхности с отложениями пыли и создание сквозной тяги при открытых дверях и окнах. Отложившуюся пыль необходимо увлажнить и смыть распыленными струями с добавкой к воде поверхностно-активных веществ. При пожарах в помещениях необходимо выносить все не охваченные огнем горючие материалы, а при отсутствии безопасного подхода к горящему помещению эффективна дистанционная подача воздушно-механической пены средней кратности мощными пеногенераторами установками.

### **3.3.4. Тушение пожаров в наклонных выработках**

Главная особенность тушения пожара в наклонных выработках с нисходящим проветриванием заключается в опасности опрокидывания вентиляционной струи под действием развиваемой пожаром тепловой тяги.

Если расчетом установлена опасность опрокидывания вентиляционной струи, то необходимо провести общешахтное или местное реверсирование в вентиляционном контуре, в состав которого входит аварийная выработка. При угрозе опрокидывания струи в ходе тушения пожара люди должны быть выведены в безопасное место и приняты меры по налаживанию устойчивого проветривания.

В выработках с углом наклона более  $20^\circ$  независимо от направления движения воздушной струи тушение пожара осуществляется сверху путем дистанционной подачи огнетушащих веществ, главным образом из ближайших сбоек и параллельных выработок. Непосредственное воздействие на очаги горения сверху

разрешается в выработках с устойчивым нисходящим проветриванием. В выработках с восходящим проветриванием непосредственное тушение необходимо вести снизу. При этом должны приниматься меры по предотвращению травматизма горноспасателей падающими горящими элементами крепи, обрушающейся породой и другими предметами.

В выработках, оборудованных канатной откаткой до начала ведения активного тушения очагов пожара, подъемные сосуды должны быть надежно закреплены на верхней и нижней приемных площадках.

В лавах на пластах крутого падения тушение очагов пожара необходимо осуществлять с боков - со стороны выработанного пространства или очистного забоя, возводя предохранительные полки и перекрытия.

Для снижения активности горения при восходящем движении воздуха целесообразно уменьшить его расход, например, установив перемычку или закрыв пожарные двери ниже зоны горения. Для предотвращения повышения доли метана в воздухе, поступающем к очагу пожара, и предупреждения взрыва необходимо принять меры по снижению газовыделения средствами вентиляции и дегазации на участках, исходящая струя из которых отводится (полностью или частично) по наклонной выработке с пожаром.

При пожаре в выработке, подающей свежий воздух, распространяются газообразные токсичные продукты горения обычно по выработкам нижних горизонтов. Поэтому первые отделения направляют для выполнения работ по предотвращению распространения продуктов горения в выработки, где возможно нахождение людей, на их поиск и вывод на свежую струю, а вторые - для непосредственного тушения очагов пожара сверху. При пожаре в выработке с исходящей струей первые отделения направляются по выработкам, заполненным продуктами горения в случае возможного нахождения там людей для их вывода, а вторые - на тушение пожара обычно снизу. Только в случаях нахождения очага горения в непосредственной близости от выработки с устойчивой свежей струей и наличия к ней подхода допускается тушение пожара сверху. Для подходов к зонам горения для непосредственного тушения могут использоваться сбойки, ходки, просеки и промежуточные штреки. При отсутствии подходов огнетушащие вещества подают

дистанционно, в том числе в спутный вентиляционный поток (обычно огнетушащего порошка), либо за счет силы тяжести и начального напора. Так, при подаче воздушно-механической пены сверху при восходящей струе воздуха в аварийной выработке скорость воздуха не должна превышать 2...3 м/с. В некоторых случаях, когда нет опасности увеличения доли метана, для уменьшения скорости горения ниже очага пожара закорачивают вентиляционную струю или возводят временную, например парашютную, перемышку. В то же время по мере заполнения выработки пеной происходит снижение скорости движения воздуха по ней. Поэтому необходимо вести контроль за долей горючих газов в исходящей струе аварийной выработки и при ее увеличении следует принять меры по предотвращению образования их опасного скопления, например, путем усиления проветривания или снижения интенсивности подачи пены.

Технологией тушения пожара в наклонных выработках должно предусматриваться проведение работ по предотвращению выхода огня на верхний и нижний горизонты и в выработки промежуточных горизонтов. Для этого в местах сопряжений выработок устраивают водяные завесы, создают пожаробезопасные разрывы в крепи, убирают горючие материалы и оборудование, возводят огнестойкие перемышки.

Особую сложность представляет ликвидация пожара в конвейерных уклонах в связи с быстрым его распространением, большим объемом образующихся токсичных продуктов горения, из-за высокой горючей загрузки таких выработок, представленной конвейерной лентой, углем, кабелями, деревянными элементами крепи и конвейерной линии. Такие пожары обычно создают зону поражения выработок большой протяженности в случаях, если они не были ликвидированы в течение первых 20...30 мин после возникновения. Основные действия горноспасателей направлены на вывод людей из выработок, заполненных продуктами горения, на снижение интенсивности горения путем уменьшения расхода воздуха, на сокращение размеров зоны поражения выработок, на локализацию очага горения и предотвращение "ухода" конвейерной ленты, на доставку и подготовку к работе мощной пожаротушащей техники, в том числе и генераторов инертных газов, особенно при необходимости инертизации среды.

При быстро развивающемся пожаре одновременно с работами по его тушению ведется подготовка к изоляции аварийной, а в ряде случаев параллельных и примыкающих выработок.

Анализ ликвидации пожаров в наклонных выработках показывает, что если пожар не был потушен членами ВГК в начальной стадии, то обычно к моменту прибытия горноспасательных отделений в аварийную выработку (через 1,5...2,5 ч после вызова) пожар принял значительные размеры и его тушение ручными средствами (огнетушители, пожарные стволы) малоэффективно, так как скорость распространения пожара превышает скорость тушения. На многих конвейерных линиях автоматические установки пожаротушения не срабатывали из-за неисправности или отсутствия воды (требующегося напора воды) в пожарно-оросительном трубопроводе. Пожарные краны не были установлены в требующихся местах уклонов. Существующая практика прокладки основных коммуникаций (энергоснабжение, связь, водоснабжение) в одной или двух близко расположенных и сбитых наклонных выработках при пожаре усложняет действия по спасению людей, тушению пожара, доставке материалов. В наклонных выработках, закрепленных сгораемой крепью, через каждые 100 - 150 м целесообразно устраивать пожарные разрывы протяженностью не менее 20 м, что снижает скорость или предотвращает распространение огня.

Большинство пожаров в наклонных выработках осложнялось их выходом на вышележащий горизонт. Поэтому одновременно с действиями по активному тушению пожара должны проводиться работы по быстрой локализации очага пожара при помощи пожарных дверей, постоянных и временных перемычек из негорючих материалов.

### **3.3.5. Тушение пожаров в магистральных и участковых горизонтальных выработках**

Технология тушения пожаров в горизонтальных выработках определяется их назначением в системе вентиляции, протяженностью, площадью сечения, наличием транспортных средств, особенно ленточных конвейеров, и другого электромеханического оборудования, состоянием и видом крепления,

наличием сопряжений с другими выработками и вентиляционных сооружений различного назначения и рядом иных факторов. Главные особенности тушения пожаров в общешахтных и участковых выработках как со свежей струей, так и исходящей струей заключаются в следующем: непосредственное воздействие на очаги горения обычно возможно со стороны поступающего к пожару воздуха, так как из-за большой протяженности таких выработок очаги горения располагаются на значительном удалении от ближайшей выработки со свежей струей воздуха; при пожарах в участковых выработках создается угроза его распространения в лаву и выработанное пространство; при пожаре в вентиляционной выработке доставка пожаротушащей техники и материалов через лаву затруднена, что делает практически неосуществимым активное тушение развившегося пожара со стороны поступающего к нему воздуха; из-за обрушений пород при выгорании крепи выработок затрудняется тушение очагов пожара, а на газообильных шахтах вследствие сокращения расхода воздуха при завалах возможно образование взрывоопасных концентраций горючих газов.

Первоначальные действия горноспасателей должны быть направлены на вывод людей из выработок, по которым распространяются продукты горения, и на активное тушение пожара со стороны поступающей струи воздуха. Одновременно должны выполняться работы по преграждению распространения пожара по исходящей струе в лаву и выработанное пространство. Для этого возводятся водяные и пенные завесы, огнестойкие временные перемычки, снижается расход воздуха, если это допускается по складывающейся и прогнозируемой газовой обстановке на аварийном участке. Пенная завеса при расходе воды 12...14 м<sup>3</sup>/ч и доле пенообразователя до 2 % может обеспечить снижение температуры пожарных газов до 25...30 °С. Однако дальность подачи пены по горизонтальным выработкам ограничена, кроме того, из-за выделения жидкости и осаждения пены ее пожаротушащий и охлаждающий эффект снижается с удалением от места генерирования пены. При выполнении разведки или других работ со стороны исходящей струи в условиях повышенных температур и задымленности запрещается подача воды на очаги горения из-за опасности поражения людей горячим паром.

Как и в наклонных выработках, тяжелые последствия присущи пожарам в горизонтальных выработках, оборудованных ленточными конвейерами.

### **3.3.6. Тушение пожаров в тупиковых выработках и камерах**

По причинам возникновения пожары в тупиковых выработках могут быть экзогенными и эндогенными. Особенности развития и тушения пожаров в тупиковых выработках вызываются следующими факторами:

- повышенной опасностью ведения работ, так как обычно малые скорости движения воздуха по выработке, а в ряде случаев практически полное прекращение проветривания способствуют созданию слоевых скоплений метана в газообильных шахтах, неполному выгоранию горючих материалов и высокой задымленности;

- сложностью, а зачастую невозможностью получения достоверной информации о месте и размерах зоны горения, о газовой обстановке на протяжении выработки и в отдельных ее зонах;

- необходимостью ведения работ по поиску и спасению людей, а также тушению очагов горения в условиях задымленности, повышенных и высоких температур;

- высокой опасностью взрыва метановоздушной смеси при нарушении прекращения проветривания из-за остановки ВМП или перегорания трубопровода;

- наличием противотоков обычно внизу выработки подсасываемого тепловой тягой холодного свежего воздуха, а сверху - разогретых пожарных газов, что вызывает значительные перепады температур и скоростей движения воздуха по длине и высоте выработки, изменяющихся во времени.

Если пожар в тупиковой выработке не был потушен в начальной стадии членами ВГК и рабочими, то первоочередные действия горноспасателей должны быть направлены на вывод людей из выработки, уточнение обстановки (распространение пожара, доля горючих газов, состояние проветривания), налаживание проветривания и тушение пожара. В проветриваемой выработке отделение осуществляет разведку и непосредственное тушение очагов горения. При этом нельзя допускать обильного

парообразования, респираторщики должны располагаться вблизи вентиляционного трубопровода в нижней части выработки. Если тушение осуществляется при помощи пожарных пик, то перед подачей к ним воды люди должны быть удалены на безопасное расстояние для предотвращения теплового поражения вследствие интенсивного парообразования. В непроветриваемой выработке при достоверной информации о доле горючих газов в случае, если она не достигла нижнего предела взрываемости, необходимо включить ВМП и осуществить разведку выработки. При отсутствии достоверной информации или взрывоопасной концентрации газов разведка и работы по непосредственному тушению запрещаются, а осуществляется изоляция выработки (сети выработок) на безопасном расстоянии, определяемом расчетом, и проводятся работы по ликвидации пожара методом изоляции.

В шахтах, опасных по метановыделению, ведение аварийно-спасательных работ запрещается в следующих случаях:

- если концентрация метана в забое достигла 2,0 % и продолжает увеличиваться;

- прекращена подача воздуха вследствие перегорания вентиляционных труб или остановки ВМП.

Независимо от характеристики обстановки и вида выполняемых работ в газовых шахтах одновременно должна осуществляться подготовка к возможной изоляции выработки (участка) и инертизации среды. Во всех выработках запрещается ведение работ по тушению пожара со стороны забоя.

В восстающих тупиковых выработках при углах наклона более 20 ° запрещается непосредственное воздействие на очаги горения, а в выработках с углом наклона более 35 ° возникает опасность обрушения устья при выгорании крепи.

Использовать вентиляционный трубопровод для подачи огнетушащего порошка или пены в горизонтальных и восстающих тупиковых выработках возможно в случае, если это не вызывает сокращения подачи воздуха. При невозможности выполнения этого условия продолжительность подачи огнетушащих материалов по вентиляционному трубопроводу ограничивается временем увеличения доли метана в выработке до 2 %. По такому трубопроводу обычно подается инертно- или воздушно-механическая пена высокой кратности.

В наклонных нисходящих выработках подача пены обычно средней кратности осуществляется по почве. Пеногенератор размещается вблизи устья выработки так, чтобы на него не поступали выходящие из выработки продукты горения. В осложнившейся обстановке, особенно при угрозе взрыва, в ряде горно-технических условий возможна дистанционная подача пены в тупиковую выработку по скважинам, пробуренным с поверхности, из вышележащих горизонтов и соседних выработок.

В протяженных тупиковых выработках (более 450...500 м) работы ведутся, как правило, в противотепловых куртках и с установкой комплекса бокс-базы горноспасательной (КБГ) для отдыха отделений, замены респираторов и т.д. Между работающими отделениями, подземной базой и командным пунктом должна быть налажена устойчивая связь. По маршруту следования отделения к зоне пожара через каждые 150...200 м в выработке должны оставлять резервные респираторы (изолирующие самоспасатели). Разгазирование протяженных выработок и усиление крепления необходимо вести отдельными участками под прикрытием обычно парусной перемычки.

При безопасной для взрыва горючих газов концентрации кислорода в устье выработки, допускается с целью повышения надежности обеспечения инертного состава среды отключить ВМП, проветривающий эту выработку. В ее устье необходимо установить перемычку, например, надувную, брезентовую, из вентиляционных труб.

В случаях, когда непосредственное тушение неэффективно или небезопасно по температурным условиям, то переходят к дистанционной подаче пожаротушащих материалов по вентиляционным трубам, пожарным и пневматическим трубопроводам, скважинам и т.д. После снижения температуры в случае необходимости отделения направляют на окончательное тушение очагов горения и тления, а также на обследование выработки, усиление ее крепи.

Если в ходе ведения горноспасательных работ произошло увеличение концентрации метана до 2 % и более или произошел взрыв горючих газов, то работы в пределах аварийного участка должны быть прекращены, все люди выведены в безопасное место. Работы могут быть возобновлены после осуществления мер по



предупреждению повторного взрыва (усиление проветривания, изолированный отвод метановоздушной смеси при суфлярном выделении, разгазирование слоевых скоплений, инертизация среды и др.). При неэффективности этих мер выработку с действующим пожаром или сеть выработок изолируют на безопасном расстоянии.

При вынужденном выходе горноспасателей из тупиковой выработки из-за осложнившейся обстановки по газовому или температурному фактору они должны оставить открытым ближайший к зоне горения кран на пожарном трубопроводе или подсоединить к нему водоразбрызгиватель и отобрать пробу воздуха.

Очередность ведения всех подготовительных и основных работ по тушению пожара, обеспечению безопасности работающих отделений, контролю газовой и температурной обстановки, количеству отделений, направляемых на выполнение заданий и находящихся в резерве, и другие вопросы должны решаться в соответствии с разрабатываемыми на командном пункте оперативными планами. Оперативные планы разрабатываются с учетом сложившейся обстановки, наличия сил и технических средств на данном этапе, а также результатов прогноза развития пожара, ожидаемой газовой обстановки, возможных осложнений, безопасных по распространению ударной волны взрыва расстояний, определения способа, мест и периодичности отбора проб воздуха, расчетов необходимого времени на выполнение различных работ и других вопросов.

Состав и последовательность работ при пожаре в тупиковой выработке регламентированы Уставом ГВГСС и отражены в блок-схеме, предусматривающей действия в начальный период, порядок ведения разведки и непосредственного тушения в проветриваемой и непроветриваемой выработке, дистанционное активное тушение пожара, изоляцию или затопление тупиковой выработки из устья выработки и с безопасного расстояния.

При ликвидации пожаров в тупиковой выработке и при других видах аварий к выполнению вспомогательных работ в горных выработках и на поверхности могут привлекаться члены ВГК (доставка материалов и оборудования, его монтаж, возведение перемычек, обслуживание механизмов).

Тактические приемы тушения пожаров в камерах определяются назначением камеры, находящимся оборудованием, способом ее

проветривания и расположением в общей сети выработок шахты. При пожарах в камерах у ствола, подающего свежий воздух, на период выхода людей из шахты вентиляционную струю обычно реверсирую. При обособленном проветривании такой камеры с выпуском исходящей из нее струи в исходящую струю крыла (шахты) режим проветривания камеры остается неизменным, а после выхода людей из шахты вентиляционный режим устанавливают из условия обеспечения эффективности и безопасности работ по тушению пожара. При этом возможно сокращение расхода воздуха за счет закрывания пожарных дверей, закорачивания струи и т.д.

Тушение пожара в электромашинных камерах характеризуется следующими особенностями:

- электрооборудование, находящееся под напряжением, во избежание поражения людей электротоком запрещается тушить пеной и водой;

- пожары в камерах с оборудованием, имеющим масляное заполнение, характеризуются большой активностью горения и опасностью быстрого распространения в прилегающие выработки;

- в камерах обычно быстро создаются высокие температуры, что делает невозможным непосредственное тушение пожара и приводит к трещинообразованию и нарушениям бетонной крепи, и как следствие - распространение огня по закрепленному пространству;

- для тушения горящего трансформаторного и других масел, а также электрооборудования под напряжением наиболее эффективно применение огнетушащего порошка, подаваемого из ручных или передвижных огнетушителей.

При невозможности по температурным условиям непосредственного тушения пожара в камере целесообразно после снятия напряжения с электрооборудования провести заполнение камеры воздушно-механической пеной высокой или средней кратности, например через воздухоподающий ходок. Для предупреждения утечки пены все сбойки должны быть перекрыты изолирующими перемычками. Если пожар распространился за бетонную крепь, то через нее забивают пожарные пики и подают по ним воду, а при выходе огня в купола над камерой - ее изолируют, бурят скважины над куполами и подают по скважинам заилочную пульпу или пену средней кратности.

При пожаре в складе взрывчатых материалов, при возможности, в первую очередь необходимо вынести ящики с взрывчатыми веществами и коробки с детонаторами на безопасное расстояние. Если это выполнить не удастся, то необходимо закрыть пожарные двери и вывести людей из всех прилегающих выработок.

При загорании метана или других материалов в дегазационной камере следует в первую очередь сбить пламя при помощи первичных средств пожаротушения, которые должны находиться у камеры. Эти работы обычно выполняются бурильщиками и горнорабочими со стороны свежей струи воздуха. При наличии в камере дегазационных скважин во избежание распространения по ним огня и инициирования загорания метана в выработанном пространстве необходимо перекрыть задвижки на скважинах и при возможности отсоединить гофрированные подсоединительные рукава и заглушить стаканы на газопроводе.

Для предотвращения обрыва каната при пожаре в лебедочной камере его грузовую и порожняковую ветвь необходимо надежно прикрепить к рельсам или рамам крепи.

Ежегодно происходят по 4...6 пожаров в тупиковых выработках (горизонтальных и наклонных) и камерах различного назначения.

Для предупреждения повышенного метановыделения в тупиковых выработках, характеризующихся газообильностью более 1 м<sup>3</sup>/мин, суфлярными выделениями или внезапными выбросами угля и газа при проведении таких выработок необходимо осуществлять дегазацию близлежащих пластов и метаноносных боковых пород.

При суфлярных выделениях следует проводить каптаж и изолированный отвод выделяющегося метана за пределы выработки. Для устранения местных и слоевых скоплений необходимо устанавливать различного вида турбулизаторы, подавать в опасные зоны воздух из пневматической сети или вентиляционного трубопровода. Количество подаваемого в выработку воздуха должно обеспечить разбавление до концентрации не более 1% метана, выделяющегося из отбитого угля и обнаженных поверхностей пласта при фактической скорости проведения выработки. Все датчики, установленные в потенциально опасных местах выработки, должны быть выведены на каналы телеметрии АГЗ (автоматической газовой защиты).

Проходческие комбайны должны быть оборудованы датчиками давления воды и средствами орошения, позволяющими исключать искрообразование.

Если обстановка в тупиковой выработке не позволяет членам ВГК и горнорабочим потушить пожар в начальной стадии, то покидая выработку, они должны открыть или разгерметизировать хотя бы один из трубопроводов для возможности отбора по нему проб или подачи огнегасящих материалов или инертных газов.

### **3.3.7. Тушение пожаров в очистных забоях и выработанных пространствах**

В лавах на пластах с углом падения более  $30^\circ$  при нахождении людей снизу необходимо принимать особые меры безопасности из-за возможности травмирования обрушающимися горящими массами, или осуществлять непосредственное тушение из специально проходимых печей, сбоек, а также со стороны вентиляционного штрека с использованием средств дистанционной подачи пожаротушащих материалов, в том числе - водоразбрызгивателей, установленных в верхнем окне лавы. На крутых пластах при подходе к очагу пожара со стороны забоя или выработанного пространства необходимо применять предохранительные полки и перекрытия. Выпуск горящих масс из лавы и печей необходимо производить в вагонетки с интенсивным поливом водой, не допуская просыпаний на почву выработки.

В лавах с углом падения пласта до  $30^\circ$  и мощностью 0,6 м и более тушат пожар обычно со стороны свежей струи путем непосредственного воздействия на очаги горения водой или огнетушащим порошком. На пластах мощностью менее 0,6 м, когда передвижение горноспасателя в рабочем респираторе затруднено, допускается использование вспомогательных респираторов или изолирующих самоспасателей для непосредственного тушения со стороны поступающей струи. При тушении пожара компактными водяными струями со стороны поступающей струи запрещается нахождение людей в вентиляционной выработке вблизи лавы во избежание теплового поражения паром. В лавах с деревянной крепью вследствие ее выгорания происходят обрушения пород кровли, вызывающие нарушение проветривания, что на газообильных шахтах

создает угрозу вспышек и взрывов метановоздушной смеси. Большую опасность представляет распространение пожара из призабойного в выработанное пространство и в вентиляционную выработку. Осуществляемые мероприятия должны быть направлены на устройство водяных завес в выработке у сопряжения с лавой, на обработку выработки огнетушащим порошком, а также на локализацию очага горения из выработок аварийного или смежного участка. Эффективно дистанционное тушение очагов пожара путем подачи по скважинам жидких огнетушащих материалов (вода, пена, гипсовые, пеногипсовые и глинистые растворы). На газообильных шахтах при пожарах в лаве и в выработанном пространстве должны незамедлительно приниматься меры по налаживанию или усилению дегазации сближенных угольных пластов из подземных выработок или с дневной поверхности. Кроме того, могут применяться способы снижения концентрации метана средствами вентиляции путем локального повышения абсолютного давления атмосферы на участке (вентиляционного давления, а в ряде случаев - увеличения расхода воздуха, если это не приводит к "всплеску" концентрации метана и усилению интенсивности горения и скорости распространения пожара. Если при осуществлении этих мероприятий доля метана продолжает повышаться, то после ее достижения 2 % отделения в полном составе должны быть выведены в выработки со свежей струей воздуха и необходимо осуществить дополнительные мероприятия по снижению газовыделения, или перейти к дистанционному тушению пожара. При начавшихся вспышках и взрывах, не прекращающихся после выполнения всех работ по уменьшению концентрации метана средствами дегазации и вентиляции, работы по активному тушению пожара необходимо прекратить, вывести людей на расстояния, безопасные по распространению ударной волны взрыва, и определить технологию дальнейшего ведения работ по тушению пожара в основном методом изоляции с возведением взрывоустойчивых перемычек.

#### ***Уменьшение газовыделения в пределах выемочных участков средствами вентиляции***

Режим проветривания при пожарах в лаве и выработанном пространстве обычно сохраняется без изменений в начальный период активного тушения. В ряде случаев для выполнения работ по устройству водяных завес, а также по доставке и монтажу средств

дистанционного тушения пожара производится местное реверсирование струи воздуха. При углах падения пласта более 30 ° реверсирование не рекомендуется из-за опасности опрокидывания струи под действием тепловой тяги.

В случаях непредвиденного изменения режима проветривания на аварийном участке до выяснения причин и определения обстановки люди, выполняющие работы по тушению или локализации пожара, должны быть выведены за пределы участка. Если произошел взрыв, то все работы на аварийном участке необходимо прекратить и вывести людей в безопасное место. Возобновление работ допускается только после осуществления в полном объеме мер, исключающих возможность повторного взрыва (усиление дегазации и проветривание, повышение вентиляционного давления, инертизация среды). Если после осуществления всех мероприятий взрывы повторяются, то участок изолируют взрывоустойчивыми перемычками, производят инертизацию среды или затопление выработок.

Эффективность снижения концентрации метана в исходящей участка после повышения в нем вентиляционного давления можно определить предварительным расчетом. В зависимости от аэродинамической характеристики аварийного участка локальным повышением вентиляционного давления не менее чем на 20...25 даПа достигается снижение притока метана в такую зону в 2...3 раза. Локальное повышение вентиляционного давления обеспечивается с помощью ВМП, подающего воздух в изолированный перемычками объем выработок и область выработанного пространства. Места возведения перемычек зависят от расположения очага пожара, распределения утечек воздуха через выработанное пространство, аэродинамических характеристик элементов выемочного участка и др.

### **3.3.8. Аварийное водоснабжение**

Главным средством пожаротушения является вода. Для противопожарных целей используют воду из хозяйственно-питьевого или технического водопровода и из шахтного водоотлива. На горных предприятиях необходимо создавать запасы воды на случай пожара. Вместимость водоема определяется по наибольшему расходу воды на

один пожар (табл. 3.3) в течение трех часов, но не менее 300 м<sup>3</sup> при питании из двух источников с расходом 40 м<sup>3</sup>/ч каждый или 500 м<sup>3</sup> - при одном источнике питания.

Таблица 3.3 – Определение расхода воды для аварийного водоснабжения

| Предприятие            | Здания, для которых требуется наибольший расход воды на наружное пожаротушение | Степень огнестойкости зданий | Расход воды на пожаротушение, л/с               |     |      |       |    |            |
|------------------------|--|------------------------------|---|-----|------|-------|----|------------|
|                        |  |                              | наружное, при объеме здания, тыс м <sup>3</sup> |     |      |       |    | внутреннее |
|                        |  |                              | до 3  | 3-5 | 5-20 | 20-50 | 50 |            |
| Шахта                  | Административно-бытовой комбинат   | III                          | 10  | 15  | 20   | 30    | -  | 5          |
|                        |  | IV                           | 15  | 20  | 25   | -     | -  | 5          |
| Карьер                 | Механическая мастерская, депо, административно-бытовой комбинат                | III                          | 5   | 10  | 15   | 25    | -  | 5          |
|                        |  | IV                           | 10  | 15  | 20   | 30    | -  | 5          |
| Обогатительная фабрика | Главный корпус   | I и II                       | -   | 10  | 15   | 20    | 30 | 5          |

Наружный противопожарный водопровод диаметром 100 мм и более выполняется кольцевым. Тупиковые отводы к отдельно стоящим объектам должны быть не более 200 м. Для забора воды служат гидранты, расположенные на расстоянии не более 100 м друг от друга, не менее 5 м от стен зданий и не более 2,5 м от проезжей части.

Напор  $P$  (м) у гидранта на водопроводе высокого давления зависит от наибольшей высоты зданий на промплощадке  $H$ :

$$P = H + 35.$$

В водопроводе низкого давления  $P \geq 10$  м.

Для противопожарного водоснабжения используют трубопроводы любых назначений - оросительные, водоотливные, сжатого воздуха, дегазационные (в особых случаях), заиловочные, специальные оросительно-противопожарные и др. Пожарные краны на трубопроводах (кроме дегазационных) располагают в

пожароопасных выработках с ленточными конвейерами, деревянной крепью и др.) через каждые 50 м, а также вблизи сопряжении выработок и пожароопасных объектов.

Источниками питания противопожарного водопровода являются водоем и хозяйственно-питьевой водопровод на поверхности, а также водосборники в шахте.

Для регулирования давления на пожарооросительном водопроводе в пределах 0,6-1,5 МПа устанавливают гидроредукторы, при давлении свыше 1,6 МПа дополнительно и насосы, с помощью которых повышают давление в бремсбергах и протяженных горизонтальных выработках.

Расход воды рассчитывается на тушение одного пожара суммарно: на водяную завесу (для предотвращения распространения пожара) не менее 50 м<sup>3</sup>/ч и непосредственное цельно-струйное тушение из одного пожарного ствола 30 м<sup>3</sup>/ч.

Удельный расход воды на 1 м<sup>2</sup> площади поперечного сечения выработки на завесу  $q$  зависит от скорости воздуха  $v$ :

|                               |   |     |     |     |   |
|-------------------------------|---|-----|-----|-----|---|
| $v$ , м/с .....               | 1 | 2   | 3   | 4   | 5 |
| $q$ , м <sup>3</sup> /ч ..... | 5 | 5,5 | 6,3 | 7,1 | 8 |

При  $v > 5$  м/с крепление должно выполняться из негорючих материалов.

Напор (м) у исходной точки магистрального или участкового водопровода определяется с учетом потерь и приращения напора на всем его протяжении:

$$H = \sum_{i=1}^{j=n} k_j l_j (i_j \pm \sin \alpha_j) + H_K, \quad (3.3)$$

где  $k$  - коэффициент местных сопротивлений;  $l_j$  - протяженность  $i$ -го участка водопровода, м;  $i$  - гидравлический уклон участка водопровода, для стальных труб определяемый по зависимости  $i = 0,00107 v^2/d^{1/3}$ ;  $v$  - скорость движения воды в трубе, м/ч,  $2 < v < 4$ ;  $d$  - внутренний диаметр труб, мм;  $\alpha$  - угол наклона  $j$ -го участка водопровода, градус;  $H_K$  - требуемый напор в конечной точке трубопровода (у пожарного крана  $H_K = 60 - 150$  м).

#### **Оборудование для тушения пожаров водой.**

Для подачи воды от пожарных кранов и насосов применяют всасывающие и выкидные рукава. Всасывающие рукава предназначены для забора воды из водоисточников насосами. Они



состоят из нескольких слоев прорезиненной ткани по спирали из проволоки между слоями для противодействия вакууму. Диаметр этих рукавов 65-125 мм в зависимости от подачи насоса.

Выкидные рукава предназначены для подачи воды от насоса или пожарного крана до пожарного ствола или водоразбрызгивателя. Для тушения рудничных пожаров используются рукава диаметром 66 и 77 мм, льняные, выдерживающие давление до 1,5 МПа, из прорезиненной ткани - до 1,6 МПа. Для соединения выкидных рукавов между собой или с пожарным стволом применяют байonetные соединительные гайки. Для образования в конце рукавной линии плотной или раздробленной струи и водяной завесы применяются пожарные стволы. Стволы позволяют при давлении на входе 0,4-0,6 МПа подать плотную струю на расстояние до 20 м, а в горных выработках до 10-15 м вследствие ограниченной высоты траектории струи.

Для создания водяных завес применяются водоразбрызгиватели. Наибольшее распространение получил водоразбрызгиватель ВВР-1 с двумя винтовыми насадками. Расход воды через одну винтовую насадку диаметром 16 мм при давлении воды 0,4-0,6 МПа составляет 16,2-19,8 м<sup>3</sup>ч. Диаметр капель при этом около 100 мк, радиус их разлета до 7 м.

Для подключения выкидных рукавов к находящемуся под давлением водопроводу в местах, где отсутствуют пожарные краны, применяются гидранты-пистолеты, при помощи которых выстрелом порохового заряда можно пробить отверстие в трубе и подать воду в пожарный рукав.

Для автоматического ограничения и подавления пожаров применяют водоразбрызгивающие установки, запускаемые в действие тепловыми или дымовыми датчиками. Например, для автоматического тушения водой пожара на приводной головке ленточного конвейера применяется водоразбрызгивающая установка УАК-2. При температуре более 47 °С разрушается тепловой замок, что рассоединяет пусковой трос и открывает клапан для подачи воды в расположенные над головкой и лентами винтовые водоразбрызгиватели. Одновременно выключается электродвигатель конвейера. На вентиляционных штреках применяется автоматическая установка для создания водяных завес УВЗ-3. Непосредственно при пожаре для быстрого создания водяной завесы применяют установку

УЛП-1, представляющую собой две телескопические стойки, на которых крепится труба с водоразбрызгивателями.

### **3.4. Тушение подземных пожаров путем изоляции выработок**

Способ изоляции - прекращение доступа воздуха, т. е. кислорода, в пожарный очаг путем гидравлической изоляции за счет установки перемычек, тампонирувания трещин и т. д. или путем затопления, закладки.

Тушение пожара без предварительной изоляции за счет заполнения пожарного участка пеной, водой (затопление), закладкой или инертными газами относят к дистанционным способам тушения.

Преграждение распространения пожара достигают путем создания водяных завес, зон из негорючей крепи, пожарных дверей, искусственных завалов выработок и других средств.

#### ***Ликвидация подземных пожаров изоляцией***

В условиях развившегося пожара, когда непосредственная или дистанционная подача огнегасящих веществ невозможна или неэффективна, приступают к изоляции выработок с пожаром. Объем изолируемых выработок должен быть минимальным, так как после изоляции резко сокращается приток кислорода в зону горения, что приводит к прекращению и к полному затуханию пожара. При взрывоопасной газовой обстановке, а также для ускорения процесса тушения пожара производят инертнизацию среды в изолированном объеме выработок.

Длительность тушения пожара методом изоляции складывается из продолжительности основных трех этапов выполнения работ: подготовка к возведению изолирующих перемычек, сооружение перемычек, самозатухание пожара из-за недостатка кислорода. Последний этап отсчитывается от окончания возведения перемычек на негазовых шахтах и от закрывания проемов в перемычках на газовых шахтах и продолжается до списания пожара в установленном порядке.

#### ***Вентиляционные режимы при тушении пожаров с изоляцией выработок***

Изоляция пожаров в выработках связана с нарушением их проветривания, что на газовых шахтах создает повышенную

опасность взрывов горючих газов. Поэтому перед началом выполнения работ по изоляции и в ходе их осуществления необходимо определить безопасные режимы проветривания изолируемого объема выработок. Принимаемый режим проветривания должен быть устойчивым, способствовать снижению интенсивности распространения пожара, обеспечивать свежим воздухом выработки в местах ведения горноспасательных работ, предотвращать образование слоевых скоплений метана и создание взрывоопасного содержания горючих газов.

В ходе ведения работ по изоляции аварийного участка (выработки) количество воздуха, подаваемого на участок (в забой тупиковой выработки) должно быть не меньше значения, определенной по формуле

$$Q_{ug} \geq Q_1 \cdot C_{max} / C_g, \quad (3.4)$$

где  $Q_1$  – расход воздуха, поступающего на участок (в выработку) до возведения перемычки,  $m^3/c$ ;  $C_{max}$  – максимальная доля горючих газов в исходящей струе аварийного участка (выработки) до возведения перемычки, %, определяется по результатам 10 измерений (проб) с интервалом 5 мин, %;  $C_g$  – максимально допустимая доля горючих газов, (находится за пределами треугольника взрываемости), %.

Проемы в перемычках должны обеспечивать проход горноспасателя в респираторе (0,7 x 0,7 м) и поступление через проем расчетного количества воздуха  $Q_u > Q_{ug}$ . Аэродинамическое сопротивление перемычки с проемом определяется по формуле

$$R_n = 1,45 / S^2 (S / S_n - 0,65)^2, \quad (3.5)$$

где  $S$  – площадь сечения выработки в месте установки перемычки,  $m^2$ ;  $S_n$  – площадь сечения проема в перемычке,  $m^2$ .

При возведении двух перемычек (на поступающей и исходящей струях выемочного участка) возможный расход воздуха определяется по формуле

$$Q_u = \sqrt{(K_g h_y \pm h_T) / (R_y + 2 R_n)}, \quad (3.6)$$

где  $K_g$  – коэффициент, учитывающий увеличение депрессии аварийного участка, принимается равным 1,1 при изоляции выемочного участка; 1,2 – панели; 1,3 – крыла шахты;  $h_y$  – депрессия изолированного участка в нормальных условиях, Па;  $h_t$  – тепловая депрессия, развиваемая пожаром, принимается со знаком "плюс", если она помогает работе ВГП, со знаком "минус", если она препятствует, Па;  $R_y$  – аэродинамическое сопротивление изолируемого участка до пожара, Па·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>.

Если возможный расход воздуха окажется меньше  $Q_{ug}$ , то необходимо устроить проемы большего сечения или увеличить подачу воздуха на аварийный участок путем общешахтного регулирования.

На время проведения работ по изоляции пожара возможно применение нескольких режимов проветривания: нормальный и реверсивный режим работы ВГП, "нулевой" режим при остановке ВГП, закорачивание вентиляционных струй, местное реверсирование.

При нормальном режиме проветривания обеспечиваются благоприятные условия для отделений, работающих на свежей струе, устраняется опасность появления недопустимых концентраций метана и слоевых скоплений (за исключением случаев внезапных прорывов метана по трещинам в кровле и почве). Однако при таком режиме осложняется ведение работ по изоляции в выработках с исходящей струей воздуха, большие скорости воздуха способствуют активизации горения и распространению пожара, при пожаре в наклонной выработке с нисходящей струей воздуха возможно ее опрокидывание. В ряде условий для снижения концентрации метана при пожарах, сопровождающихся горением метана в выработанном пространстве, возможно ступенчатое увеличение подачи воздуха во избежание проявления "всплеска" концентрации метана из-за переходного газодинамического процесса.

На период возведения изолирующих перемычек в выработках с исходящей струей воздуха осуществляют общешахтное или местное реверсирование воздушной струи, при условии, что содержание горючих газов в воздухе, подходящем к зоне пожара, не достигнет нижнего предела взрываемости. Перед осуществлением реверсирования все люди должны быть выведены за пределы вентиляционного контура, в котором должна опрокидываться струя

воздуха. Для уменьшения поступления воздуха к очагу пожара можно закоротить струю перед ним. Однако, сокращение расхода воздуха на главной воздухоподающей выработке может привести к загазованию нижерасположенных выемочных участков и при поступлении исходящего из них воздуха в выработку с пожаром существует опасность взрыва. Кроме того, при сокращении расхода воздуха снижается устойчивость проветривания наклонных выработок.

Закорачивание струи за очагом пожара осуществляют для сокращения зоны распространения продуктов горения по сети выработок, так как при этом вентиляционном маневре непригодный для дыхания воздух отводится кратчайшим путем в исходящую струю шахты (крыла). Из-за снижения аэродинамического сопротивления вентиляционного контура может увеличиваться поступление воздуха в зону горения, что обычно нежелательно.

При пожарах в участковых выработках целесообразно осуществлять местное реверсирование, если необходимо проводить работы по спасению или поиску людей в выработке с исходящей от очага пожара струей воздуха, непосредственное тушение пожара и другие виды горноспасательных работ. В этом случае не нарушается проветривание других участков, но требуется выполнение технических работ по возведению ряда перемычек, монтажу вспомогательного вентилятора и другие виды работ для обеспечения расчетных расходов воздуха и депрессии отдельных элементов вентиляционного контура, в котором необходимо изменить направление движения струи воздуха.

При пожаре в главных воздухоподающей или вентиляционной выработках, а также в примыкающих к ним выемочных участках остановка ВГП позволяет резко снизить поступление воздуха к очагам горения, т.е. уменьшить активность горения и скорость распространения пожара по выработке. Но прекращение проветривания приводит к заполнению части выработки перед очагом пожара продуктами горения, что вызывает высокую задымленность выработки и повышение в ней температуры с обеих сторон пожара и усложняет его непосредственное тушение. Остановку ВГП можно рекомендовать на негазовых шахтах при устойчивой естественной тяге, на направление которой в пределах выемочных участков пожар не окажет влияния. На газовых шахтах

из-за опасности загазования выемочных участков "нулевая" вентиляция не допускается.

В процессе возведения изолирующих перемычек происходит повышение аэродинамического сопротивления вентиляционной сети, что может вызвать снижение расхода воздуха на выемочных участках и на газообильных шахтах привести к их загазированию. Для предотвращения этого возможно повышение расхода ВГП за счет увеличения частоты вращения рабочего колеса вентилятора, изменения угла установки лопаток рабочего колеса (для осевых вентиляторов) или направляющего аппарата (для центробежных) либо осуществление перераспределения расхода воздуха по отдельным выработкам или выемочным участкам.

После завершения работ по изоляции обычно применяется нормальный режим проветривания шахты при регулярном контроле депрессии и утечек воздуха через перемычки. При необходимости снижения утечек воздуха с целью устранения угрозы взрыва и прекращения горения в изолированном объеме применяют следующие способы: "снятие" депрессии в этом объеме; выравнивание давления воздуха на перемычках в выработках с поступающей и исходящей струей воздуха; создание компенсационного потока воздуха. "Снятие" депрессии осуществляют путем перераспределения депрессий за счет повышения или снижения аэродинамических сопротивлений отдельных выработок и ветвей вентиляционной сети (обычно при небольшой тепловой депрессии), изменения режима работы ВГП вплоть до его остановки, закорачивание вентиляционной струи выше аварийного выемочного участка. Закорачивание применяют при возможности отвода поступающей струи воздуха, минуя аварийный участок, если это не приводит к опасному загазированию выработок смежных и нижерасположенных участков и опрокидыванию струй в выработках, являющихся диагоналями в вентиляционных соединениях.

Для выравнивания давления в изолированном объеме выработок и в выработке с исходящей или поступающей струей в ней возводят специальную камеру, в которой создают вентиляционный подпор с помощью ВГП, а чаще специального ВМП или эжектора. Камеру выравнивания давления необходимо размещать в ненарушенных породах, ее сооружают путем возведения дополнительной перемычки на расстоянии 5...10 м от изолирующей перемычки. Через

уплотненную дополнительную перемычку прокладывают металлическую трубу, по которой подают (или отсасывают обычно с помощью ВМП) воздух из выработки со свежей струей. В трубе устанавливают задвижку для регулирования расхода воздуха по показаниям микроманометра или манометра с водяным заполнением, один конец шланга которого пропущен через изолирующую перемычку, а второй - через дополнительную. Отсутствие перепада давления на изолирующей перемычке (нулевое показание манометра) свидетельствует о герметичности изолированного объема выработок. При компенсационном методе путем возведения перемычек и работы вспомогательного вентилятора (или нескольких вентиляторов) обеспечивается предотвращение поступления воздуха в зону горения. В зависимости от распределения токов утечек воздуха через изолированный объем с действующим пожаром принимают места возведения перемычек, установки вентиляторов и их расходные характеристики. Воздух в изолированный участок можно подавать по скважине, пробуренной через основную изолирующую перемычку, или через демпфирующую камеру, образованную между основной и вспомогательной перемычками, через последнюю прокладывают трубопровод диаметром 0,4...0,6 м. При помощи компенсационного вентилятора в камере создается некоторое избыточное давление по отношению к изолированному объему и встречный поток по отношению к основному направлению движения утечек воздуха. В характерных точках необходимо осуществлять отбор проб воздуха. При работе компенсационного вентилятора на всасывание пробы должны отбирать в трубопроводе, если в них появились продукты горения, то следует уменьшить подачу вентилятора. Кроме того, при всех способах снижения притока свежего воздуха к зоне горения в изолированном объеме необходим регулярный контроль перепада давления (депрессии) на изолирующих перемычках до окончания работ по тушению пожара.

Наиболее широко применяют способы создания подпора или разрежения в камере выравнивания давления и создания компенсационного потока воздуха в изолированном участке.

### **3.4.1. Изоляция аварийных участков без использования инертной среды**

Изоляция участков и тупиковых выработок с действующим развитым пожаром без инертизации среды, в основном применяется на негазовых шахтах или при газовыделении, не приводящие к образованию взрывоопасных концентраций метана в течение времени проведения работ по изоляции. Все работы до момента закрывания проемов в перемычках выполняют при нормальном режиме проветривания. На газовых шахтах возводят взрывоустойчивые перемычки с обязательной прокладкой через них труб или шлангов для дистанционного отбора проб воздуха и депрессионных трубок для контроля перепада давления на перемычках. Пробоотборные трубки на исходящей струе обычно прокладываются с внутренним диаметром 10...30 мм, на поступающей через перемычку пропускают трубу диаметром 50...150 мм. В обводненных выработках в нижней части изолирующей перемычки закладывают трубу для спуска воды с гидрозатвором.

Рекомендуется следующий порядок выполнения работ: расчетами определяют расход воздуха, требующийся для предотвращения скопления в изолируемом объеме горючих газов с взрывоопасными концентрациями, время, в течение которого возможно образование взрывоопасных концентраций горючих газов, площади сечения проемов в перемычках для подачи расчетного количества воздуха; выполняют подготовительные работы к изоляции участка (выработки), в состав которых входят оборка породы и при необходимости устройство вруба в месте возведения перемычки, рассоединение и удаление шахтных трубопроводов и кабелей, уборка отложений угольной пыли; доставляют материалы аварийного назначения.

Мероприятия по проведению подготовительных работ к изоляции отражают в оперативном плане с приложениями, содержащими расчетные материалы.

В случае пожара на откаточном штреке или в нижней части лавы при выборе мест возведения перемычек необходимо учитывать время на закрывание проемов и выход людей в безопасное место, которое должно быть не более половины расчетного времени накопления горючих газов в лаве до взрывоопасной концентрации.



На газовых шахтах при пожаре в выработанном пространстве и в случае увеличения концентрации метана (2 % и более) на исходящей изолируемого участка или тупиковой выработки возводят взрывоустойчивые перемычки обычно на безопасном по распространению взрывной ударной волны расстоянии.

При быстром распространении пожара, например, по выработке, оборудованной ленточным конвейером, вместо взрывоустойчивых перемычек возможно возведение изолирующих перемычек с проемами при предварительном создании впереди них породного барьера в виде "подушки" из сыпучих материалов и обрушившихся пород при направленном взрывании кровли выработки. Протяженность барьера должна быть не менее 2-х кратной площади поперечного сечения выработки.

Возводить перемычки на поступающей и исходящей струях воздуха целесообразно одновременно. Если по температурным условиям одновременная работа невозможна, то вначале необходимо возвести перемычку с проемом в выработке с исходящей струей при реверсивном режиме проветривания аварийного участка. После восстановления нормального проветривания возводят перемычку в выработке с поступающей струей. Завершающей стадией изоляции является перекрытие проемов в перемычках, которое, как правило, должно осуществляться одновременно. Работы на исходящей струе обычно производят при использовании индивидуальных средств противотепловой защиты.

В процессе проведения работ по изоляции и после их завершения должен осуществляться дистанционный отбор проб воздуха с установленной для конкретных условий периодичностью. Газовый анализ проб обычно выполняют в организованной подземной газоаналитической лаборатории горноспасательного отряда (взвода), обслуживающего шахту, где ведутся работы по тушению пожара.

Если после закрывания проемов и осуществления мер по устранению утечек воздуха через изолирующие сооружения в течение расчетного периода времени пожар не удалось ликвидировать (стойкая доля оксида углерода в пробах воздуха), то обычно пожар ликвидируют затоплением аварийного участка (выработки).

В случае повышения концентрации метана до 2 % и выше при недостаточной эффективности принятых мер по разгазированию

выработки переходят к изоляции участка на дальних подступах – на расстояниях, безопасных по распространению взрывной ударной волны.

Если в ходе ведения аварийно-спасательных работ по тушению пожара методом изоляции произошел взрыв горючих газов, то необходимо прекратить все работы и вывести людей на безопасное расстояние. Технология дальнейшего проведения горноспасательных работ должна основываться на результатах оценки газовой обстановки и состояния проветривания выработок в зоне аварии и предусматривать в первую очередь выполнение мероприятий по предупреждению повторных взрывов, таких как усиление проветривания и повышение эффективности дегазации. Если после осуществления этих мероприятий газовая обстановка остается угрожающей или произошли повторные взрывы, то взрывоустойчивые изолирующие перемычки необходимо возвести на безопасном расстоянии и приступить к затоплению или заиливанию выработок глинисто-песчаной пульпой.

При разрушении взрывом изолирующих перемычек запрещается направлять людей в выработки аварийного участка. До начала дальнейшего ведения работ по изоляции пожара, осложненного взрывом, необходимо восстановить или усилить проветривание участка, организовать или усилить дегазацию сближенных угольных пластов, восстановить систему дистанционного отбора проб и осуществлять периодический контроль газового состава.

При изоляции тупиковой выработки для тушения в ней пожара, место возведения изолирующих перемычек выбирают с учетом следующих факторов: ненарушенные породы в боках и кровле выработки, недеформированная крепь, сравнительно небольшая площадь поперечного сечения, возможность возведения двух дополнительных перемычек в сторону устья выработки, изолируемый объем выработки должен быть минимально возможным: температурные условия позволяют вести горноспасательные работы.

На пластах, опасных по взрывам пыли, до начала работ по изоляции проводят осланцевание выработки и устройство сланцевых заслонов в соответствии с "Инструкцией по предупреждению и локализации взрывов угольной пыли". Например, для угля с выходом летучих 30 % на 1 г отложившейся угольной пыли требуется 6,1 г инертной пыли, а для сланцевого заслона 400 кг на 1 м<sup>2</sup> площади

сечения выработки. Вместо осланцевания выработки допускается смывание пыли водой.

Если в выработке отсутствуют трубопроводы, которые могут быть использованы для дистанционного отбора проб, то через перемычки прокладывают специальный трубопровод. Конец пробоотборного трубопровода (трубки) желательно закрепить на 2/3 от почвы выработки.

На газовых шахтах изоляция тупиковых выработок без инертизации среды возможна в случаях, когда расчетное время накопления горючих газов после прекращения проветривания выработки не менее чем в два раза больше времени, необходимого на закрывание проемов в перемычках и выход людей из выработки на свежую струю. В случае дистанционного закрывания проемов потребуется меньшее время для обеспечения безопасности горноспасателей. Работы по изоляции тупиковых выработок обычно осуществляют с использованием средств противотепловой защиты горноспасателей (индивидуальных и коллективных).

Заключительные работы по изоляции тупиковой выработки выполняют в следующем порядке:

- устанавливают датчики для дистанционного учета взрывов в заперемыченном объеме и контроля целостности взрывоустойчивых перемычек;

- проверяют целостность линии для дистанционного отбора проб и прохождения по ней отсасываемого воздуха;

- перед изолирующей перемычкой рассоединяют вентиляционные трубы, по которым подавался воздух для проветривания изолирующей выработки;

- закрывают проемы во взрывоустойчивых и изолирующих перемычках и быстро выводят людей в безопасное место;

- периодически производят дистанционный отбор проб воздуха из изолированного объема для определения концентрации кислорода и горючих газов;

- при стабильных результатах анализов газового состава, указывающих на взрывобезопасную их долю в случае необходимости отделения направляют на выполнение работ по герметизации перемычек и других вспомогательных работ;

- при угрозе образования взрывоопасной газовой обстановки проводят подготовительные работы по инертизации среды или

применению другого способа тушения пожара (затопление, заиливание).

### **3.4.2. Тушение пожаров с изоляцией и использованием инертной среды**

В некоторых случаях при изоляции пожара перемычками для более эффективного тушения пожарный участок заполняют инертными газами или заиливают. Такой способ тушения также можно отнести к комбинированным способам.

На газовых шахтах при невозможности или неэффективности тушения пожара активным способом при непосредственном и дистанционном воздействии огнетушащими материалами переходят к изоляции пожара взрывоустойчивыми перемычками с инертризацией среды в изолированном объеме. Места возведения перемычек выбирают с учетом всех требований, приведенных в предыдущем подразделе. Кроме того, необходимо принимать объем изолируемого пространства минимально возможным в конкретных условиях при надежной его герметичности.

Инертизацию среды осуществляют путем подачи в изолированный объем диоксида углерода, азота или парогазовой инертной смеси при помощи специальных установок. При выборе инертного газа помимо фактора материально-технического обеспечения необходимо учитывать особенности аварийного участка, такие как объем изолируемого пространства, расстояние от очага пожара до изолирующих перемычек, угол наклона аварийной выработки, перепад высот между поступающей и исходящей струями воздуха, свойства инертного газа. Так, ввиду хорошей растворимости в воде и сорбционного поглощения углем нецелесообразно применять диоксид углерода в выработках, обводненных, имеющих отложения каменноугольной пыли и большие свежееобнаженные поверхности пласта угля.

При тушении пожаров заполнение изолированных выработок азотом применяется при больших объемах изолируемого пространства (более 50 тыс.м<sup>3</sup>) и расстоянии от зоны горения до перемычек более 500 м. Диоксид углерода целесообразно применять при меньших объемах и расстояниях, однако из-за его высокой плотности (в 1,5 раза выше плотности воздуха) перепад высот при

подаче азота снизу вверх ограничен. Инертные газы к очагам горения обычно подают по трубопроводам. Подачу азота, в основном производят со стороны поступающей струи воздуха при закрытых проемах в перемышках. Подачу диоксида углерода при перепаде высот между выработкой с поступающей струей воздуха и зоной горения менее 20 м осуществляют при закрытом проеме в перемышке со стороны поступающей струи и открытом - с исходящей для выхода из участка продуктов горения и кислорода. При перепаде высот более 20 м диоксид углерода целесообразно подавать с обеих сторон одновременно при закрытых проемах в перемышках. Парогазовая смесь применяется для инертизации сравнительно небольших объемов выработок, а также для локального тушения очагов пожара, расположенных в труднодоступных местах, путем подачи смеси по трубопроводам или скважинам. При инертизации среды парогазовой смесью в изолирующей перемышке на поступающей струе должно быть два проема: один - для подсоединения газогенератора, другой - (вентиляционный) для подачи воздуха. Выпуск газа можно производить как при открытом, так и при закрытом вентиляционном проеме, в зависимости от складывающейся газовой обстановки в инертизируемом объеме.

При инертизации среды изолированного пожарного участка (выработки) обычно устанавливают следующую очередность работ:

1) выполняют расчет необходимой подачи воздуха для предотвращения образования взрывоопасной концентрации горючих газов;

2) определяют площади сечения проемов в перемышках, обеспечивающие поступление расчетного расхода воздуха;

3) принимают вид инертного газа, способ его подачи, рассчитывают требующуюся интенсивность подачи и общее количество газа;

4) в боковых выработках возводят глухие изолирующие перемышки, если они не нарушают проветривание аварийного участка;

5) в выработках с поступающей и исходящей струями возводятся взрывоустойчивые перемышки с проемами расчетной площади сечения;

6) прокладывают специальные трубопроводы и шланги или приспособливают существующие для подачи инертного газа и обеспечения дистанционного отбора проб воздуха;

7) с расчетной интенсивностью производят выпуск необходимого объема инертного газа;

8) по завершению инертизации согласно определенной специальными мероприятиями очередности производят непосредственное или дистанционное закрывание проемов в перемышках, отделения выводят в безопасное место;

9) при необходимости проводят работы по "снятию" депрессии с аварийного участка, усилению изоляции и периодической подаче инертного газа;

10) согласно принятому графику выполняют дистанционный контроль газового состава в изолированном участке и его депрессии, а также в прилегающих выработках.

При осуществлении объемной инертизации производят полное замещение воздуха изолированного объема инертной газовой смесью. Подача инертного газа в единицу времени должна соответствовать расходу воздуха по выработке при нормальном режиме ее проветривания. В случае локальной инертизации инертные газы подаются непосредственно в зону горения без изменения режима проветривания выработок аварийного участка.

В процессе подачи инертного газа в вентиляционном контуре, содержащем инертизируемую выработку, может произойти опрокидывание направления движения воздушной струи. В сложных сетях оценка возможности опрокидывания должна выполняться путем моделирования шахтной сети на ПЭВМ.

### **3.4.3. Сокращение объемов изолированных выработок**

Если по фактору распространения взрывной ударной волны участок с действующим пожаром был изолирован на дальних подступах, то после образования в изолированном объеме стабильной взрывобезопасной газовой обстановки приступают к выполнению работ по сокращению объема изолированных выработок. Работы выполняются по специальному плану мероприятий, в котором отражаются следующие вопросы: обосновываются новые границы изолированного участка для

конкретной сети выработок, принимаются вид, конструкция, места возведения и количество перемычек в новых границах, места отбора проб воздуха и схемы прокладки трубок для дистанционного отбора проб; намечаются очередность и места вскрытия перемычек и возведения новых; рассчитываются силы и средства для выполнения намеченного объема работ; составляются графики доставки материалов к местам возведения новых перемычек, а также работы отделений по сокращению зоны изоляции; разрабатываются мероприятия по обеспечению безопасности работающих отделений и разгазированию выработок в местах проведения работ. При поэтапном выполнении работ в сложных условиях разрабатывают несколько оперативных планов. Каждый план должен соответствовать форме, предписанной приложением к Уставу ГВГСС. К оперативному плану должны прилагаться обоснования и расчеты состава и объемов работ, схемы, паспорта, графики работы отделений и членов ВГК, рекомендации экспертов и другие материалы. Оперативный план подписывают ответственный руководитель работ по ликвидации аварии и руководитель аварийно-спасательных работ.

К основным видам работ по сокращению зоны изоляции относятся: проведение разведки, налаживание связи, организация контроля газового состава среды и ее температуры, создание подземной базы, обеспечение безопасности перехода отделений в обескислороженную среду и работы в ней, доставке материалов, возведение изолирующих перемычек и техническое обеспечение всех видов работ.

Признаками потушенного подземного пожара являются: отсутствие или фоновое содержание водорода и оксида углерода в пробах, отобранных из-за изолирующих перемычек; температура воздуха в изолированном объеме и воды, вытекающей из него, не более чем на 5 °С превышает характерные значения для выработок данного горизонта. Для потушенных эндогенных пожаров дополнительным признаком является температура угля в зоне самовозгорания. Она не должна быть ниже критического значения для данного шахтопласта, определяемого по отношению концентрации этилена к ацетилену в отобранных пробах воздуха.

### 3.4.5. Списание пожара

После тушения всех изолированных пожаров они подлежат списанию, которое оформляется специальным актом, подписанным комиссией. В состав комиссии входят: технический директор производственного объединения (другой структуры управления), представитель местного органа Госгорпромнадзора, командир горноспасательного отряда и главный инженер шахты. На комиссию представляются акт о возникновении пожара, краткая записка о ходе его ликвидации, выкопировка из плана горных работ с нанесением всех изолирующих и взрывоустойчивых перемычек, мест отбора проб, границ первоначальной и заключительной изоляции аварийного участка, графики изменения концентрации горючих газов и кислорода в пунктах отбора проб. Акт о списании пожара составляется в трех экземплярах и хранится в производственном объединении (другой структуре), в горноспасательном отряде и на шахте.

Дальнейшие работы, выполняемые горноспасателями, заключаются в проведении разведки и вскрытии участка со списанным пожаром. Они относятся к техническим работам и проводятся в соответствии с проектом вскрытия участка, разработанным службами шахты и ВГСО, подписанным главным инженером шахты и командиром отряда. К проекту прилагается план выполнения технических работ, в котором отражаются следующие вопросы: режим работы ВГП, порядок обследования участка с изолированным пожаром перед его вскрытием; способ его вскрытия, меры по обеспечению безопасности людей при вскрытии перемычек, пункты и средства экспресс-контроля параметров воздуха и места установки датчиков системы автоматического контроля с выходом на стойку в диспетчерскую шахты, нанесенные на выкопировку из плана горных работ.

При проведении вскрытия изолированного объема аварийного участка все люди, не связанные с этими работами, должны быть выведены из выработок вентиляционного участка (контура) шахты, в котором находятся изолированные выработки, а в ряде случаев - из всех выработок шахты. Вскрытие изолированного участка и его проветривание осуществляют при одновременной разборке проемов (открывании дверей, ляд) в перемычках, возведенных в выработках с



поступающей и исходящей струей воздуха. При этом исходящая из вскрываемого участка струя должна отводиться непосредственно в исходящую струю крыла шахты. В процессе разгазирования вскрытого участка должен осуществляться контроль газового состава. При обнаружении в исходящей струе оксида углерода, водорода, а при изолированном эндогенном пожаре - также ацетилена и этилена выше фонового содержания необходимо прекратить проветривание и закрыть проемы в перемычках. В этом случае технические работы переводят в разряд горноспасательных работ по окончательному тушению пожара. Все работы по разгазированию выработок аварийного участка завершают после достижения устойчивого допустимого содержания метана (не более 1 %) в исходящей струе участка.

### **3.5. Тушение подземных эндогенных пожаров в труднодоступных местах с использованием мембранных газоразделительных установок**

Тушение подземных пожаров в труднодоступных местах, таких как выработанные пространства лав, деформированные угольные целики, купола за крепью подготовительных выработок, бункера и тому подобное, является наиболее трудоемким, продолжительным, опасным и дорогостоящим видом подземных горноспасательных операций в современной мировой практике угледобычи. В Украине ежегодно происходит несколько пожаров такого рода, что приводит к значительным прямым экономическим ущербам, а также сопряжено с потерей добычи, подготовленных к выемке запасов угля и другого рода косвенным последствиям. Иногда подобного рода аварии происходят на угольных шахтах Китая, России, Польши и других угледобывающих стран.

Государственная военизированная горноспасательная служба Министерства угольной промышленности Украины (ГВГСС) ежегодно принимает участие в ликвидации 73-210 аварий в шахтах, приводящих к значительным разрушениями выработок и травмам (в том числе смертельным) людей. Тенденция к снижению числа аварий обусловлена не снижением уровня аварийности, а сокращением добычи угля в стране и закрытием старых шахт. Большинство

подземных аварий, ликвидированных ГВГСС, связано с пожарами, удельный вес которых составляет 54%, с обрушениями горных пород (22,5%) и загазованностью (7,7%). При объеме добычи угля, составляющем 2% от мирового, количество аварий 1-й категории, связанных с пожарами, взрывами газа и пыли на украинских шахтах составляет 37% от общего количества в угольной промышленности всех стран мира.

На протяжении последних пятнадцати лет в шахтах Украины ежегодно регистрировали от 6 до 36 эндогенных пожаров. Активным способом было погашено 36%, изолировано - 59%, комбинированным способом ликвидировано 5% пожаров. Они стабильно остаются на втором месте, после экзогенных пожаров, по количеству и на первом за размером нанесенных ущербов, которые достигали от 12 до 40% от потерь, причиненных авариями в угольной промышленности.

Кроме прямых убытков, связанных с потерей техники, горных выработок и подготовленных к выемке запасов угля, в интенсивно обрабатываемых выемочных полях особенно большие убытки связаны с простоями лав или несвоевременной подготовкой фронта очистных работ. За последние годы эндогенными пожарами были выведены из эксплуатации или осложнена подготовка самых продуктивных в Украине выемочных полей на шахтах: «Красноармейская – Западная» №1, «Привольнянская», им. А.Ф. Засядько, им. Г.Г. Капустина, «Самсоновская – Западная», «Краснолиманская» и др.

Непосредственное воздействие в таких условиях на очаг горения огнетушащими средствами, как правило, невозможно из-за сложности проникновения к очагу горения, угрозы осложнения таких аварий задымлением, загазированием, а нередко взрывами пылегазовоздушных смесей, обрушениями горных пород в выработки, нестабильности режимов проветривания и повышенными температурами в местах ведения аварийных работ. Вследствие труднодоступности и неинтенсивного проникновения воздуха неэффективным является использование водяных, пенных, порошковых и других, находящихся на оснащении горноспасательных частей средств пожаротушения. Технологии, основанные на изоляции аварийных выработок искусственными сооружениями с последующим созданием камер выравнивания

давления, представляются весьма громоздкими и недостаточно надежными. Наиболее перспективным, а нередко единственно возможным, представляется дистанционное тушение с помощью газовых средств.

Особенно сложным представляется тушение происходящих в труднодоступных местах пожаров от самовозгорания взаимодействующего с воздухом угля. Эндогенные пожары возникают из-за самонагревания угля в выработанном пространстве, в целиках, пластах-спутниках, за крепью подготовительных выработок. Подавление очагов горения в таких условиях затруднено, чем обусловлена самая высокая продолжительность ликвидации этого вида подземных аварий. Наметилась тенденция к увеличению продолжительности и трудоемкости их тушения. В этой ситуации предотвращение или ограничение до безопасных пределов самонагревания угля – самый перспективный путь борьбы с эндогенными пожарами.

Одним из наиболее перспективных способов предупреждения, локализации и тушения пожаров в шахтах является инертизация атмосферы аварийного участка, под которой понимают искусственное снижение концентрации кислорода в атмосфере горных выработок путем подачи в него флегматизирующего горение газа. Чаще всего, в настоящее время, используют газообразный азот, хотя существуют технологии применения диоксида углерода, парогазовой смеси. Инертизация с помощью газообразного азота позволяет решить следующие задачи в ходе ликвидации подземного пожара: сократить срок ликвидации аварии; предотвратить взрывы газовоздушной смеси на аварийном участке; ускорить охлаждения высокотемпературной зоны до безопасного уровня; сократить к минимуму или полностью прекратить процесс горения. Для снижения депрессии используют так называемые камеры выравнивания давления (КВД) в которых за счет использования энергии вентиляторов местного проветривания (ВМП) нейтрализуют перепад давления между изолирующими перемычками. Громоздкость этих сооружений не разрешает обеспечить точное и оперативное регулирования давления, а также приводит к дополнительным потерям энергии.

Рекомендуется применять газообразный азот в следующих случаях:

- при изоляции пожарных участков, а также при изоляции в сочетании с разными способами ускорения процесса охлаждения очага пожара (рециркуляция, периодическое изменение направления движения пожарных газов и т.д.) для предупреждения взрывов и прекращения горения;

- при ликвидации пожаров в горизонтальных тупиковых выработках любой длины, в случае подачи азота в тупиковую часть по трубопроводу (возможен вариант подачи азота через вентиляторы местного проветривания и вентиляционные трубопроводы);

- при ведении взрывных работ в горных выработках для создания инертной среды в месте производства взрыва;

- для предупреждения эндогенных пожаров в скоплениях угля, которые образовались в результате внезапных выбросов.

Способы и средства подачи азота выбирают, исходя из горнотехнических условий, наличия технических средств подачи азота, принятой технологической схемы выпуска его в горные выработки аварийного участка и избранного способа ликвидации аварии. Для этого в Украине, как правило, используют жидкий азот и установки для его газификации. Применение жидкого азота сдерживают присущие этой технологии недостатки: необходимость применять сложное дорогостоящее криогенное оборудование; сложность и дороговизна транспортировки и хранения, значительные потери при этом; затраты энергии на газификацию.

Горноспасательные части многих угледобывающих стран оснащены генераторами инертных газов на основе турбореактивных двигателей, криогенными азотными и баллонными углекислотными установками, другой техникой газового пожаротушения. Этим техническим средствам присущи такие недостатки как высокая стоимость исходных компонентов, сложность и опасность их транспортирования по выработкам, низкая производительность и другие.

Одним из перспективных путей преодоления этих недостатков является реализация современных технологий получения из воздуха газовых смесей с низким содержанием кислорода с помощью газоразделительных мембран. Одни из первых лабораторных и полигонных экспериментов в этом направлении были проведены в 80-х годах прошлого столетия ВНИИГД НПО «Респиратор», вскоре экспериментальные образцы подобной техники появились в

Германии, Польше и других странах. Одна из наиболее мощных установок разработана и принята на оснащение ГВГСС Украины. Однако первые попытки использования мембранных газоразделительных средств ликвидации сложных подземных аварий не дали ожидаемых позитивных результатов. Причиной этого является несоответствие оперативных возможностей новой техники используемым тактическим приемам, а также некоторые технические недоработки, допущенные проектировщиками установок.

### **3.5.1. Технология подачи азота в изолированный объем аварийных горных выработок**

В силу технической сложности, отсутствия конструкторского опыта и четких требований заказчиков современные установки изготовлены в наземном, а не подземном исполнении. Они, имея высокую мобильность, в сравнительно короткое время могут быть доставлены на аварийную шахту, развернуты в рабочее состояние и подключены к трубопроводу или к скважине для подачи азота в шахту. Шахтный трубопровод надлежит специально подготавливать для доставки газа к аварийному участку, отключая другие ветви, улучшая герметичность. В соответствии с действующими нормативными документами производят изоляцию перемычками аварийного участка сети горных выработок, возводят изолирующие сооружения на свежей и исходящей струях. При этом возведение перемычки в выработке с исходящей от пожара воздушной струей производят после местного реверсирования вентиляционного потока, либо в респираторах с использованием теплозащитных средств. Оба варианта осуществления изоляции сопряжены с потерей времени и удорожанием работ. После возведения перемычек начинают подачу азота в изолированный объем. Из-за действия общешахтной депрессии свежий воздух фильтруется через тело перемычки и окружающие ее трещиноватые горные породы в изолированный объем, усиливая горение. Несмотря на применение различных видов современных уплотняющих материалов, величина паразитных утечек воздуха сопоставима с подачей мембранной установки.

Для успешной реализации комбинированного тушения пожара необходимо обеспечить подачу инертного газа  $Q_{и}$  в 19...22 раза

больше чем утечки воздуха за перемычку  $Q_{ут}$ , чтобы обеспечить содержание кислорода в поступающей к очагу горения газовой смеси на уровне  $C_k=1...2\%$  об. Следует также учитывать, что аварийно переоборудованный трубопровод, как правило, не обеспечивает подачу инертного газа без потерь объема и напора, это снижает эффективность работы установки.

Проблема заключается в том, что в исходном, полученном из работающих в оптимальном режиме мембранных установок, азоте содержится до пяти процентов кислорода. Кроме того, в изолированный объем поступает в виде утечек воздух, который фильтруется через тело перемычки и трещины во вмещающих выработку породах (рис. 3.5).

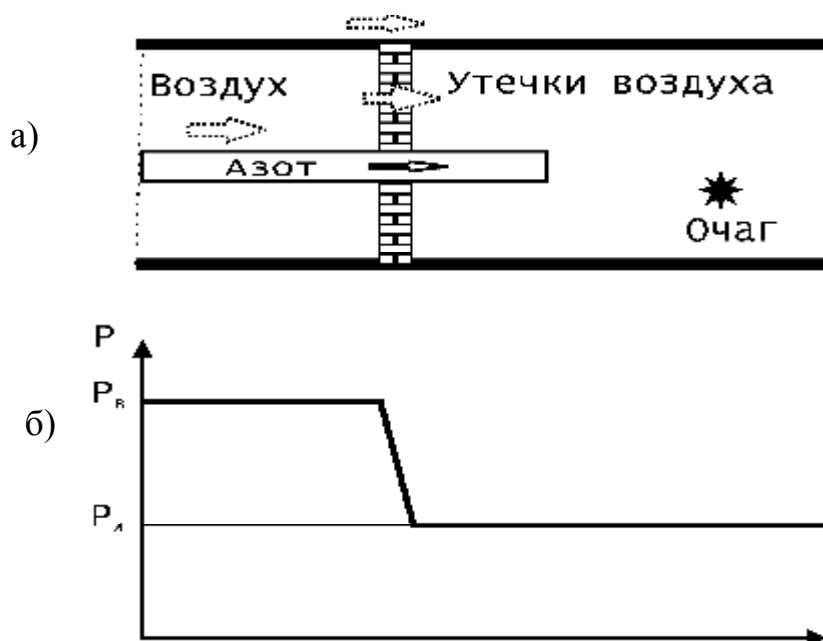


Рис. 3.5. Схема подачи инертного газа к очагу горения (а) и распределение давления газа (б) в выработке:  $P_B, P_A$  – соответственно давление воздуха до и позади изолирующей перемычки.

Концентрация кислорода в изолированном перемычками объеме составляет более 10%. Таким образом, не обеспечивается необходимый для подавления тлеющего горения состав газовой смеси, в которой содержание кислорода не должно превышать 1..2%, а также предотвращение образования взрывоопасных концентраций

газов в метановоздушных смесях, для которых пик воспламенения при флегматизации азотом составляет не более 10,2% кислорода.

Обеспечить рациональный режим инерттизации воздуха в изолированном объеме горных выработок представляется возможным за счет использования энергии потока инертного газа, поступающего от мембранной установки. Для этого в выработке возводят дополнительную изолирующую перемычку, а от трубопровода для подачи азота делают ответвление, через которое газ поступает в пространство (камеру) между двумя перемычками (рис.3.6).

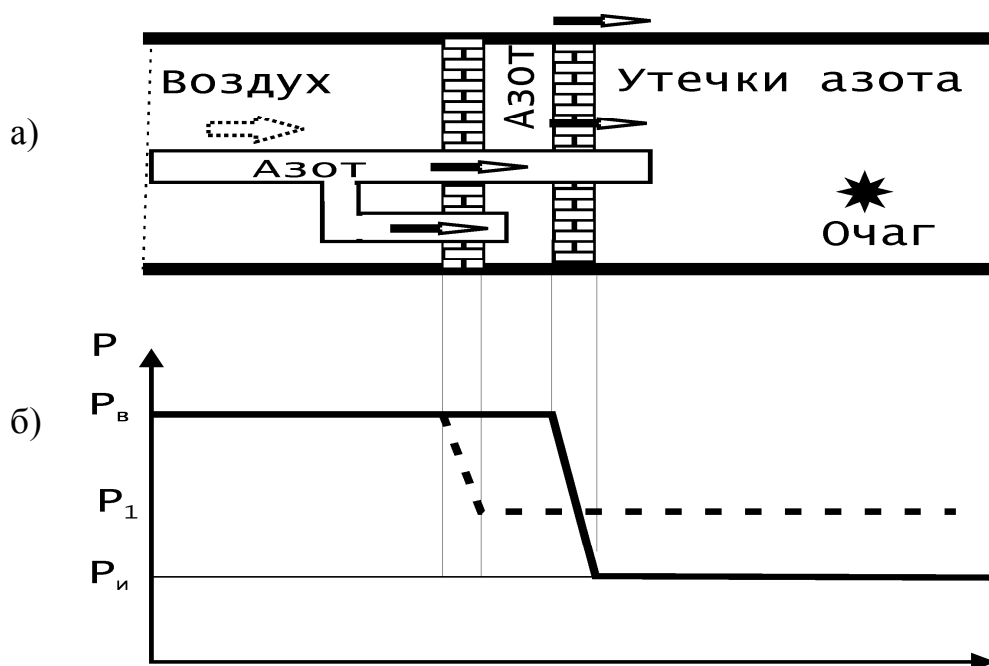


Рис. 3.6. Схема подачи инертного газа к очагу горения с предотвращением утечек воздуха (а) и распределение давления газа (б) в выработке при новом (сплошная) и старом (пунктир) способах:  $P_v$ ,  $P_{и}$  – соответственно газовое давление до и позади изолирующей перемычки;  $P_1$  – газовое давление позади изолирующей перемычки при существующем способе.

Давление азота в трубопроводе, с учетом потерь напора и расхода, достигает одного МПа (табл. 3.4) и намного превышает воздушный напор на перемычку (депрессию), составляющий несколько десятков даПа.

Таблица 3.4 – Основные технические данные установки типа АМГП-15/0,7СУ1

| Наименование параметра, размерность  | Значение           |
|--|--------------------|
| Всасываемый газ  | Атмосферный воздух |
| Производительность винтового компрессорного агрегата, приведенная к нормальным условиям, м <sup>3</sup> /мин         | 40 ± 2             |
| Давление начальное, номинальное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )  | 0,101 (1,033)      |
| Давление конечное, номинальное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )   | 1,1 (11)           |
| Производительность станции по азоту на выходе из мембранного модуля при концентрации азота 95 %, м <sup>3</sup> /мин | 15 ± 2             |
| Концентрация азота на выходе из станции, %   | 95,5               |
| Давление азота на выходе, номинальное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )  | 0,8 (8)            |
| Масса станции в снабженном состоянии, кг, не более   | 32000              |
| Средняя наработка на отказ, ч, не менее  | 3000               |
| Средний ресурс до капитального ремонта, ч, не менее  | 20000              |

Когда камера заполняется азотом, подачу его через ответвление регулируют таким образом, чтобы выровнять давление в выработке со стороны поступающей свежей воздушной струи и между перемычками. В этой ситуации отсутствуют подсосы воздуха через перемычку в камеру.

Перепад давлений перераспределяется на участок выработки, разделенный дополнительной перемычкой по обе ее стороны которой находится азот, он же составляет вещество утечек. Таким образом, исключаются подсосы воздуха в изолированную выработку.

После заполнения азотом участка аварийной выработки между перемычками и очагом самонагревания или горения, интенсивность подачи инертного газа можно сократить. Этим обеспечивается такой режим работы газоразделительной установки, при котором снижается до минимума содержание кислорода в составе вырабатываемой инертной смеси.



Замена утечек достигается возведением в воздухоподающей выработке дополнительной перемычки и подачей за нее азота. Трубопровод для подачи азота имеет патрубок, через который газ подают в образованную двумя перемычками камеру. Регулируют подачу с помощью задвижек, установленных в выработке со свежей струей воздуха.

При этом подачу газа в камеру через патрубок осуществляют таким образом, чтобы на первой со стороны свежей струи перемычке (на рисунке это перемычка №1) отсутствовал перепад давления. Это нетрудно осуществить, так как давление азота в трубопроводе значительно больше, чем депрессия на перемычке. В результате вся депрессия, а также сопряженные с нею утечки, оказывается приложенными ко второй перемычке, но так как камера заполнена азотом, то именно он поступает в изолированный участок в виде утечек (рис. 3.7).

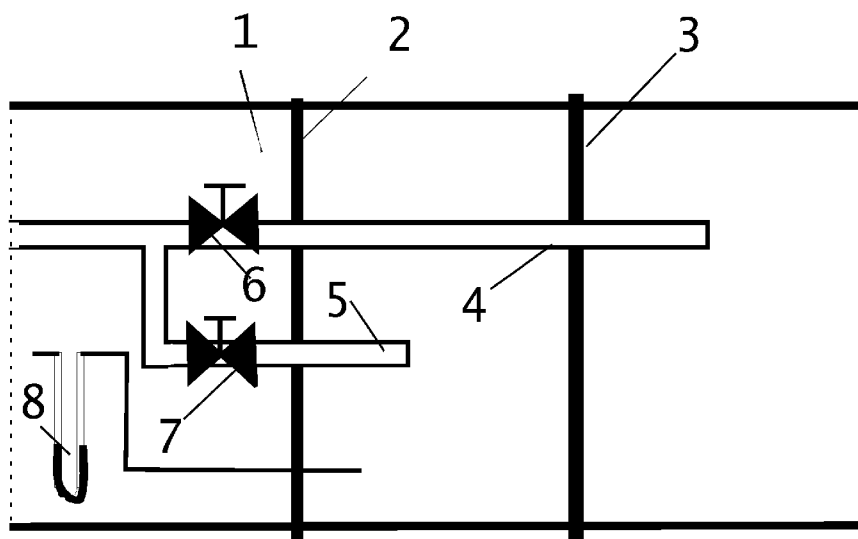


Рис. 3.7. Технологическая схема подачи азота в аварийную горную выработку: 1 – воздухоподающая выработка; 2, 3 – изолирующие перемычки №1 и №2 соответственно; 4 – трубопровод; 5 – патрубок; 6, 7 – задвижки; 8 – манометр.

Разработанные в НИИГД и ДонНТУ способы тушения подземных пожаров позволяют обеспечить эффективное тушение пожара с учетом особенностей работы мембранных установок. Предусмотрены три режима подачи газа к очагу горения.

Первый режим используют после возведения перемычки №2 в период сооружения перемычки №1. При этом установка работает на полную мощность, а в изолированном объеме горных выработок содержание кислорода может быть снижено с 20 до уровня  $C_K=10...15\%$  об. (рис. 3.8).

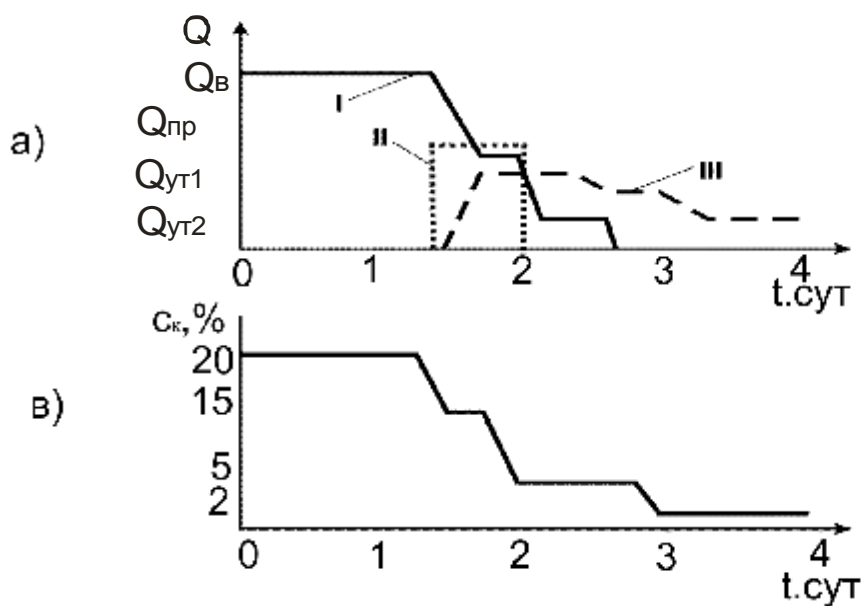


Рис.3.8. Расход газов (а) и содержание кислорода (б) в изолированном объеме при тушении пожара в выработанном пространстве: I- расход воздуха в воздухоподающей выработке; II – подача газообразных ингибиторов; III – подача азота.

При угрозе взрывов метанопылевоздушной смеси в поток подаваемой к очагу горения газовой смеси, целесообразно дополнительно подавать газообразные ингибиторы. Для этого можно использовать генераторы инертных газов, криогенные азотные, углекислотные, а также другие средства инертизации или флегматизации газовой среды. Расход газов в изолированном объеме ( $Q_{уч}$ ):

$$Q_{уч} = Q_{тр}^a + Q_{уг1}^b + Q_{и}, \quad (3.7)$$

где  $Q_{тр}^a$  - расход подаваемого по трубопроводу азота в изолированный объем горных выработок, при этом  $Q_{тр}^a \leq Q_{уст}$ ;  $Q_{уг1}^b$  -

утечки воздуха через перемычку №1;  $Q_{и}$  – расход газообразных ингибиторов.

*Второй режим* применяют после возведения второй перемычки (№1), когда воздушные утечки через перемычку №2 заменяют азотными. При этом установка также работает на полную мощность и содержание кислорода в подаваемой к очагу горения смеси составляет 4...5% об.. Расход газа в аварийном участке ( $Q_{уч}$ ):

$$Q_{уч} = Q_{тр}^a + Q_{ут2}^a, \quad (3.8)$$

где  $Q_{ут2}^a$  – утечки азота через перемычку №2.

Утечки азота через перемычку №2 равны расходу азота через патрубок и легко могут быть определены, например, с помощью диафрагмы. Подачу газообразных ингибиторов горения с этого момента следует прекратить.

После заполнения азотом пространства между изолирующими перемычками и очагом горения осуществляют третий режим. Он заключается в том, что прекращают подачу азота напрямую из трубопровода, а продолжают только через патрубок в количестве равном утечкам через перемычку №2 (см. рис. 3.8). При этом подача установки и, соответственно, давление в мембранных модулях уменьшается, а качество азота улучшается. Содержание кислорода в подаваемой газовой смеси снижается до  $C_k=1...2\%$  объем.

$$Q_{уч} = Q_{ут2}^a \quad (3.9)$$

### **3.5.2. Конструктивные решения по обеспечению подачи газообразного азота в изолированный объем горных выработок**

В зависимости от горнотехнических условий, имеющихся технических средств подачи азота и принятой схемы выпуска его в изолированное пространство определяется соответствующий порядок работы азотно-компрессорной станции и подготовительных операций, связанных с доставкой газообразного азота в аварийный участок.

Однако, опыт применения газоразделительных установок при ликвидации подземных аварий на шахтах им. А.Ф. Засядько, им.

Ф.Э.Дзержинского ГП "Ровенькиантрацит" и других показал, что добиться эффективного подавления очагов горения с их помощью не удастся.

В целях повышения эффективности и безопасности тушения пожаров в труднодоступных местах ДонНТУ предложена следующая технология. Дополнительную перемычку располагают на расстоянии от основной, не превышающем:

$$L = 0,004 P_i L_i D_i^2 / S_b, \text{ м}, \quad (3.10)$$

где: 0,004 – расчетно-эмпирический коэффициент,  $\text{Па}^{-1}$ ;  $P_i$  – давление инертного газа в трубопроводе, Па;  $L_i$  – длина трубопровода для подачи инертного газа, м;  $D_i$  – диаметр трубопровода, м;  $S_b$  – площадь поперечного сечения горной выработки,  $\text{м}^2$ .

Кроме того, в выработке со стороны поступающей воздушной струи устанавливают манометр, соединенный шлангом (пневмокабелем) с участком воздухоподающей выработки, расположенной между изолирующими основной и дополнительной перемычками (рис. 3.9).

При этом, регулируя величину проходного сечения проемной трубы, добиваются с обеих сторон основной изолирующей перемычки равенства давления газов, которое обеспечивается при нулевых показаниях манометра.

Тушение пожара осуществляют таким образом. Открывают запорный вентиль газоразделительной установки 2 и подают инертный газ в трубопровод 4. После установления номинального расхода инертного газа  $Q_{\text{инерт}}$ , измеряют с помощью манометра 8 разность давления в камере между перемычками 3 и 5 и перед перемычкой 3. Дистанционно закрывая регулятор Р добиваются выравнивания уровня жидкости в обеих ветвях U-образного дифференциального манометра.

Физическая сущность предложенного способа состоит в повышении газового давления в камере между перемычками 3 и 5 за счет использования избыточного давления, которое развивается газификационной установкой. Это всегда возможно, так как давление, которое развивается разными типами устройств для подачи инертного газа, достигает около  $10 \cdot 10^6$  Па, а перепад давлений на перемычке не превышает нескольких десятков Па.

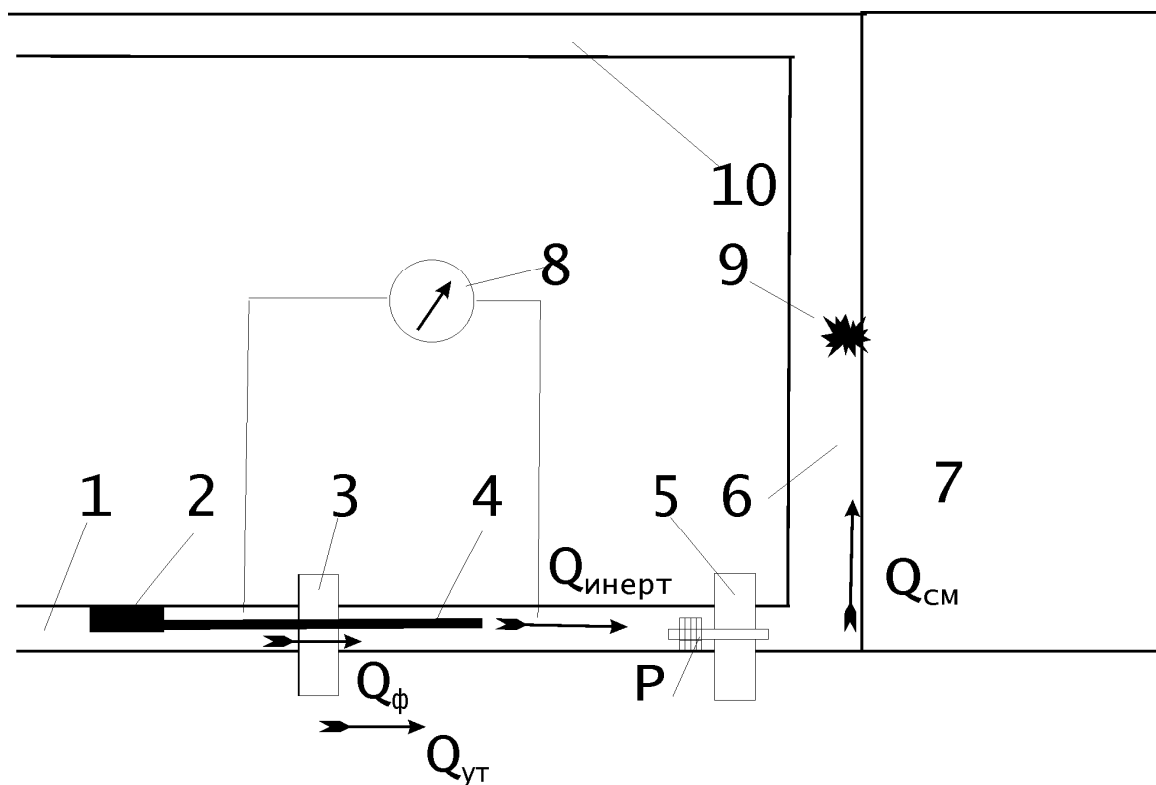


Рис. 3.9. Схема реализации способа тушения подземного пожара: 1, 10 -подготовительные выработки; 2 - газоразделительная установка; 3 - основная изолирующая перемычка; 4 - трубопровод; 5 - дополнительная перемычка с проемной трубой и дистанционно управляемым регулятором проходного сечения; 6- очистная горная выработка; 7 - выработанное пространство; 8 - манометр с пневмокабелями; 9 - очаг пожара; P - дистанционно управляемый регулятор;  $Q_{\phi}$ ,  $Q_{ут}$  - расход воздуха через тело перемычки и утечек через окружающие ее горные породы;  $Q_{инерт}$  - расход инертного газа;  $Q_{см} = Q_{\phi} + Q_{ут} + Q_{инерт}$  - расход газовойоздушной смеси через аварийный участок

После выравнивания давлений в разных участках разделенной изолирующей перемычкой выработки ликвидируются условия для фильтрации воздуха через нее и окружающие породы, таким образом, через проемную трубу в перемычке 5 к очагу пожара 9 будет поступать инертный газ без примесей воздуха.

За счет использования такого конструктивного параметра как расстояние между изолирующими перемычками, и операции управления процессом поступления газа через дополнительную перемычку, обеспечивается эффективное снижение поступления воздуха через тело изолирующей перемычки и окружающие ее горные породы. Это позволяет существенным образом снизить содержание кислорода в газо-воздушной смеси, поступающей в очаг

горения, и, тем самым ускорить и удешевить процесс тушения пожара.

Другой способ предусматривает более надежный вариант регулирования давления в камере, созданной между двумя изолирующими перемычками. В нем органы управления потоками инертного газа находятся в участке выработки со свежим воздухом. Это обеспечивается за счет подачи газовой смеси с низким содержанием кислорода по трубопроводу от газоразделительной установки, к источнику горения или самонагревания. А также регулирования газового давления в камеры, созданной путем возведения в выработке основной изолирующей перемычки с двумя отверстиями и дополнительной перемычки с одним отверстием со стороны поступления к источнику самонагревания или горения угля свежей струи воздуха. Трубопровод для подачи инертного газа подключен к отверстиям в изолирующей и дополнительной перемычках. На участке между газоразделительной установкой и изолирующей перемычкой он имеет патрубок, подключенный к второму отверстию в изолирующей перемычке, часть трубы для подачи инертного газа между патрубком и изолирующей перемычкой и патрубок оснащенный регуляторами расхода. При этом на первом этапе подачи газовой смеси с содержанием кислорода около 5 %об. открывают оба регулятора, с помощью которых осуществляют выравнивание давления газов с обеих сторон изолирующей перемычки. После того как инертной газовой смесью будет заполнен участок выработки между дополнительной перемычкой и очагом горения или самонагревания, на втором этапе, для подачи газовой смеси с содержанием кислорода около 2% об., перекрывают с помощью регулятора расхода подачу азота по части трубы между патрубком и изолирующей перемычкой (см. рис. 3.7).

В исходном состоянии, когда регуляторы расхода инертного газа 6, 7 закрыты, воздух под действием общешахтной депрессии фильтруется через тела перемычек 2 и 3, и в виде утечек просачивается через трещины в горных породах, поступает в очаг горения или самонагревания угля. Дифференциальный манометр 8, соединенный пневмокабелем с пространством между перемычками 2 и 3, фиксирует перепад давления с обеих сторон изолирующей перемычки 2.

Тушение пожара или профилактику самовозгорания угля осуществляют таким образом. На первом этапе открывают регуляторы расхода инертного газа 6, 7, установленные в трубопроводе для подачи азота от мембранной установки. При этом регулятор 7, установленный на патрубке 5 целесообразно открывать первым. Инертный газ, поступая сквозь патрубок 5, заполняет камеру, созданную в выработке между двумя перемычками 2 и 3, содержание кислорода в камере постепенно снижается практически до нуля. После установления номинального расхода инертного газа, измеряют с помощью манометра 8 разность давления в камере между перемычками 2 и 3 и перед перемычкой 2. Управляя расходом инертного газа с помощью регуляторов расхода 6 и 7, добиваются выравнивания давления в обеих ветвях U-образного дифференциального манометра 8. После этого утечки через перемычку 2 и окружающие ее породы - отсутствуют. Инертный газ поступает в очаг горения или самонагревания угля из трубопровода 3, а также в виде утечек сквозь тело перемычки 3 и окружающие ее трещиноватые породы. При этом в составе утечек через тело перемычки 3 отсутствует кислород, что достигается благодаря подаче инертного газа (азота) через патрубок 5 в камеру между перемычками 2 и 3.

За счет замены воздуха, заполняющего камеру между изолирующими перемычками, на инертный газ, который поступает через патрубок за изолирующую перемычку, снижается доступ кислорода в изолированный участок выработки к очагу горения или самонагревания угля. С помощью регуляторов расхода инертного газа осуществляют управление процессом предотвращения поступления воздуха сквозь изолирующую перемычку, чем обеспечивается стабильное, надежное и эффективное тушение пожара или профилактика самовозгорания угля.

На втором этапе тушения, расчетным методом вычисляют продолжительность заполнения инертным газом, содержащим до 5% об. кислорода, участка выработки между очагом окисления угля и дополнительной перемычкой. После инертизации этой части выработки перекрывают регулятор расхода 6, находящийся на участке трубопровода между изолирующей перемычкой и патрубком. За счет этого существенно сокращается поток азота от мембранной установки, снижается давление на мембранном газоразделительном

узле, за счет чего существенно уменьшается содержание кислорода в составе подаваемой газовой смеси.

Процесс тушения подземных пожаров часто осложнен угрозой взрыва газо-воздушной смеси, что может привести к разрушению изолирующей перемычки и сделать невозможной инертизацию аварийной выработки. К таким же следствиям может привести возникновение трещин в теле перемычки под действием горного давления. Поэтому предложено, при разрушении дополнительной перемычки для восстановления повышенного давления инертного газа использовать эластичную оболочку, которую надувают дистанционно без нарушения основной перемычки. При этом меняют давление газа в оболочке и ликвидируют депрессию на основной перемычке (рис. 3.10).

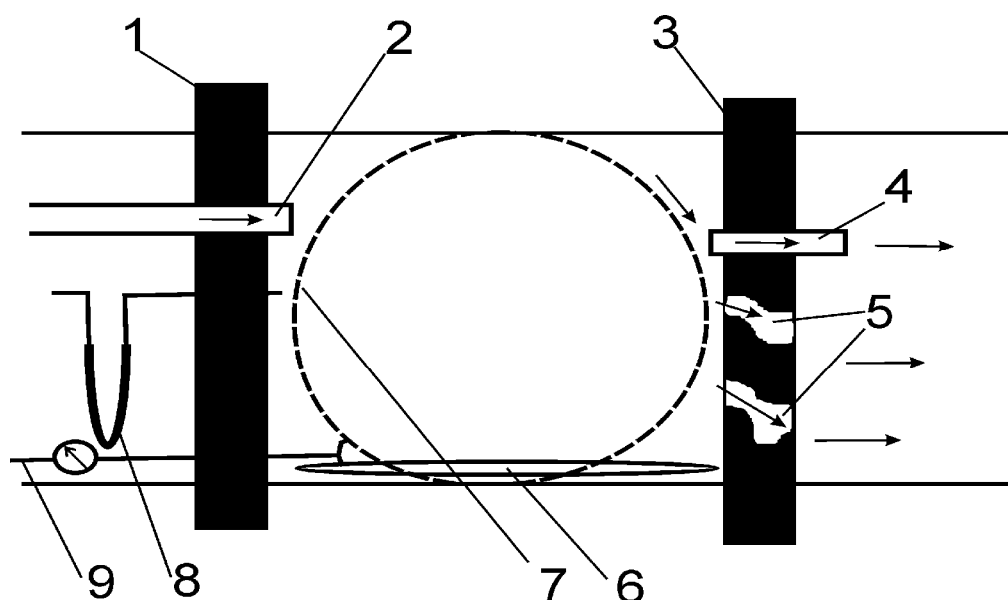


Рис. 3.10. Способ подачи инертного газа к очагу горения или самонагревания угля: 1 - изолирующая основная перемычка; 2 - трубопровод для подачи инертного газа от мембранной установки; 3 - дополнительная изолирующая перемычка; 4 - патрубок с регулятором для подачи инертного газа; 5 - трещины, которые разрушают тело перемычки; 6 - положение оболочки из эластичного материала в свернутом состоянии, 7 - положение оболочки в надутом состоянии; 8 - дифференциальный манометр и пневмокабель; 9 - шланг и манометр для надувания оболочки.

В исходном состоянии, в горной выработке установлены перемычки 1 и 3, от мембранной установки в камеру между перемычками поступает инертный газ по трубопроводу 2,



содержание кислорода в камере снижено практически до нуля. Управляя расходом инертного газа с помощью регулятора в патрубке 4, добиваются выравнивания давления в обеих ветвях U-образного дифференциального манометра 8.

После этого утечки через перемычку 1 и окружающие ее породы - отсутствуют. Основной перепад вентиляционного давления (депрессия) и соответствующие утечки приложены к перемычке 3, с обеих сторон которой находится инертный газ. Он поступает в очаг горения или самонагревания угля из трубопровода 4, а также в виде утечек сквозь тело перемычки 3 и окружающие ее трещиноватые породы. При этом в составе утечек через тело перемычки 3 вытеснен кислород, что достигается благодаря подаче инертного газа, например азота, через патрубок 2 к камере между перемычками 1 и 3.

В теле дополнительной перемычки 3 трещины 5 отсутствуют, эластичная оболочка находится в свернутом состоянии 6, давление газа в шланге с манометром 9 отсутствует. Объем пространства между перемычками 1 и 3 сопоставим по размеру с объемом оболочки в наполненном состоянии 7.

Способ реализуют в случае полного разрушения перемычки 3, а также в случае образования трещин 5 в теле перемычки 3 в следствие взрыва или под действием горного давления. Появление значительных трещин 5 приводит к резкому росту утечек сквозь тело перемычки 3 и падению давления инертного газа в камере между перемычками 1 и 3. Вследствие резкого падения аэродинамического сопротивления на перемычке 3 становится невозможным выравнивание давления в обеих ветвях U-образного дифференциального манометра 8. Перекрытие регулятора на патрубке 4 не дает положительного эффекта, так как величина утечек газа сквозь трещины сопоставима с диапазоном регулирования расхода газа. На основной перемычке появляется депрессия и начинает просачиваться воздух с большим содержанием кислорода, что ведет к рецидиву окисления угля в очаге самонагревания или горения.

Тушение пожара осуществляют таким образом. Открывают кран на шланге 9 и, контролируя давление с помощью манометра наполняют эластичную оболочку 6 воздухом или инертным газом, за счет чего она принимает форму 7, перекрывая плоскость поперечного сечения горной выработки и существенно уменьшая объем камеры

между перемычками 1 и 3. Управляя размером оболочки путем регулирования расхода газа в шланге 9, меняют размер щелей между стенками выработки и тканью оболочки. Это приводит к изменению давления в камере между основной перемычкой 1 и оболочкой 7 и позволяет осуществлять регулирование давления газа на перемычке 1, снижая его до нулевого уровня и контролируя с помощью дифференциального манометра, подключенного к пневмокабелю 8.

За счет использования операции дистанционного управления размерами оболочки 7 с помощью шланга с манометром 9 появляется возможность возобновить процесс тушения пожара или предупреждения самонагревания в случае разрушения вспомогательной перемычки 3, и тем самым уменьшить затраты и ускорить срок ведения аварийных или профилактических работ.

### **3.5.3. Обеспечение взрывобезопасности при изоляции подземных пожаров**

Значительное число горноспасателей получали травмы разного вида и тяжести именно при ведении работ по тушению подземных пожаров способом изоляции или комбинированным на его основе. Наибольшее число травм произошло в результате взрывов метановоздушных смесей. Вопросы предупреждения таких взрывов с одной стороны, не рассмотрены детально в нормативных документах, а с другой - что обнаружилось противоречие, состоящее в том, что применяемые тактические приемы не соответствуют возможностям современной азотной техники. Этим определена актуальность исследований в данном направлении.

Наиболее эффективным средством подавления пожаров в таких условиях остается подача к очагу горения инертных газов. Однако, при комбинированном способе тушения, сопряженным с изоляцией значительных объемов горных выработок и изменением при этом газовой обстановки в районе очага горения, существует угроза вспышек и взрывов газо-воздушных смесей. За истекшее десятилетие в Донбассе практически отсутствовали случаи эффективного применения инертных газов для тушения подземных пожаров. Продолжительность и трудоемкость ликвидации таких аварий остается весьма высокой. В последнее время имели место случаи различного рода травм горноспасателей при подавлении очагов

горения комбинированным способом с применением средств газового пожаротушения.

Возможность образования взрывоопасной газовой смеси обусловлена, главным образом, метановыделением из разрабатываемого пласта, окружающих пород, газоносных сближенных пластов и пропластков и выработанного пространства. Кроме того, источником образования горючих газов является сам очаг пожара, в котором одновременно с горением происходят газификация и сухая перегонка горючего материала, сопровождающиеся значительным выделением водорода, оксида углерода, метана и его гомологов, а также непредельных углеводородов.

Как правило, взрывы на пожарных участках происходят вследствие накопления в различной комбинации всех перечисленных выше взрывчатых компонентов. Другой важной составляющей является концентрация кислорода, как окислителя, необходимого для протекания реакции. В общем виде механизм формирования газовой обстановки в аварийном участке сети горных выработок можно представить следующей схемой (рис. 3.11).

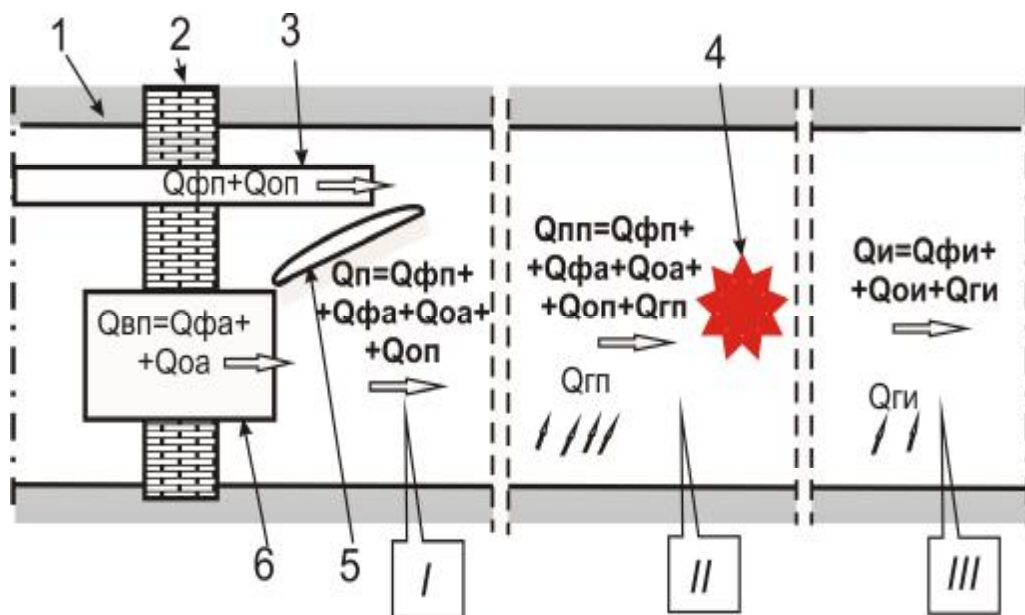


Рис.3.11. Схема формирования газовой обстановки в аварийном участке сети горных выработок: 1 – горная выработка; 2 – изолирующая перемычка; 3 – труба для подачи газообразного флегматизатора; 4 – очаг пожара; 5 – открытая крышка проемной трубы; 6 – проемная труба; I,II,III – области формирования газовой среды.

Условно аварийный участок сети горных выработок шахты можно разделить по характеру формирования и состояния газовой среды на три области. Первая (I) в которой свежий воздух поступает к очагу горения и при его тушении – инертный газ. При возведении в подготовительных выработках изолирующих сооружений конструкция последних предусматривает наличие проемов. При открытых крышках через проемы поступает примерно такое же количество воздуха как до сооружения перемычки. Расход поступающего к очагу воздуха  $Q_{вп}$  складывается из потоков атмосферного кислорода – окислителя  $Q_{оа}$  и азота – флегматизатора  $Q_{фа}$ . При подаче в попутный поток инертного газа  $Q_{ип}$ , представляющего смесь флегматизирующих газов  $Q_{фп}$  и остаточного окислителя  $Q_{оп}$ , оба потока перемешиваются, суммарный расход поступающих к очагу горения газов можно представить как сумму этих газов:

$$Q_{п} = Q_{вп} + Q_{ип} = Q_{оа} + Q_{фа} + Q_{фп} + Q_{оп}. \quad (3.11)$$

На практике, измерив расходы  $Q_{вп}$  и  $Q_{ип}$ , а также, определив содержание окислителя в каждом из них, рассчитывают коэффициент флегматизации смеси - соотношение негорючих газов и кислорода:

$$K_{фп} = C_{ф}/C_{о}, \quad (3.12)$$

где  $C_{ф}$  и  $C_{о}$  – соответственно содержание флегматизатора и окислителя в поступающей к очагу горения газовой смеси.

Область, находящаяся перед очагом горения (II) характеризуется тем, что к поступающей в очаг горения смеси окислителя и флегматизатора добавляется поток горючих газов  $Q_{гп}$ . При этом суммарный расход газов в очаге горения:

$$Q_{пп} = Q_{вп} + Q_{ип} = Q_{оа} + Q_{фа} + Q_{фп} + Q_{оп} + Q_{гп}. \quad (3.13)$$

Определение величины  $Q_{гп}$  представляет некоторые трудности в связи с тем, что произвести непосредственные измерения, как правило, невозможно. В качестве первого приближения можно ориентироваться на вентиляционные расчеты, произведенные до

аварии, и, исходя из них, с запасом, принимать в качестве  $Q_{гп}$  расход всего выделяющегося в аварийном участке метана.

Расположенная позади очага горения область (III), качественно отличается от двух ранее рассмотренных в связи с тем, что в очаге происходит химическое превращение газообразных и твердых горючих веществ, и физический баланс содержания газов нарушается. Окислитель реагирует с горючими веществами и его содержание резко уменьшается в составе газов  $Q_{ои}$ . Образуются химически инертные газообразные окислы, тем самым увеличивая содержание флегматизаторов  $Q_{фи}$ . Кроме того, в состав исходящего потока могут добавляться горючие компоненты, не участвующие в процессе горения из-за нехватки окислителя или выделившиеся позади зоны горения -  $Q_{ги}$ .

$$Q_{и} = Q_{фи} + Q_{ои} + Q_{ги}. \quad (3.14)$$

Процесс ликвидации очага пожара состоит в том, чтобы прервать в нем реакции горения путем создания без кислородной газовой обстановки и доведения содержания горючих газов больше верхнего предела их горючести. Для этого закрывают проемные трубы в перемычках, препятствуя поступлению воздуха. Практически в шахтных условиях это реализовать почти невозможно и, в виде утечек через вмещающие выработку породы, фильтраата через тело перемычки, часть воздуха проникает в изолированный участок сети горных выработок (рис.3.12).

При этом все вышеприведенные зависимости газовых расходов качественно остаются неизменными, только вместо поступающего воздуха следует оперировать его утечками через перемычку:

$$Q_{п} = Q_{пу} + Q_{ип} = Q_{оу} + Q_{фу} + Q_{фп} + Q_{оп}. \quad (3.15)$$

Из практики известно, что именно при закрытии проемных труб происходили взрывы в изолированном объеме горных выработок. Это объясняют изменением соотношения горючего и окислителя в области (II) образованием гремучей смеси газов вблизи очага горения.

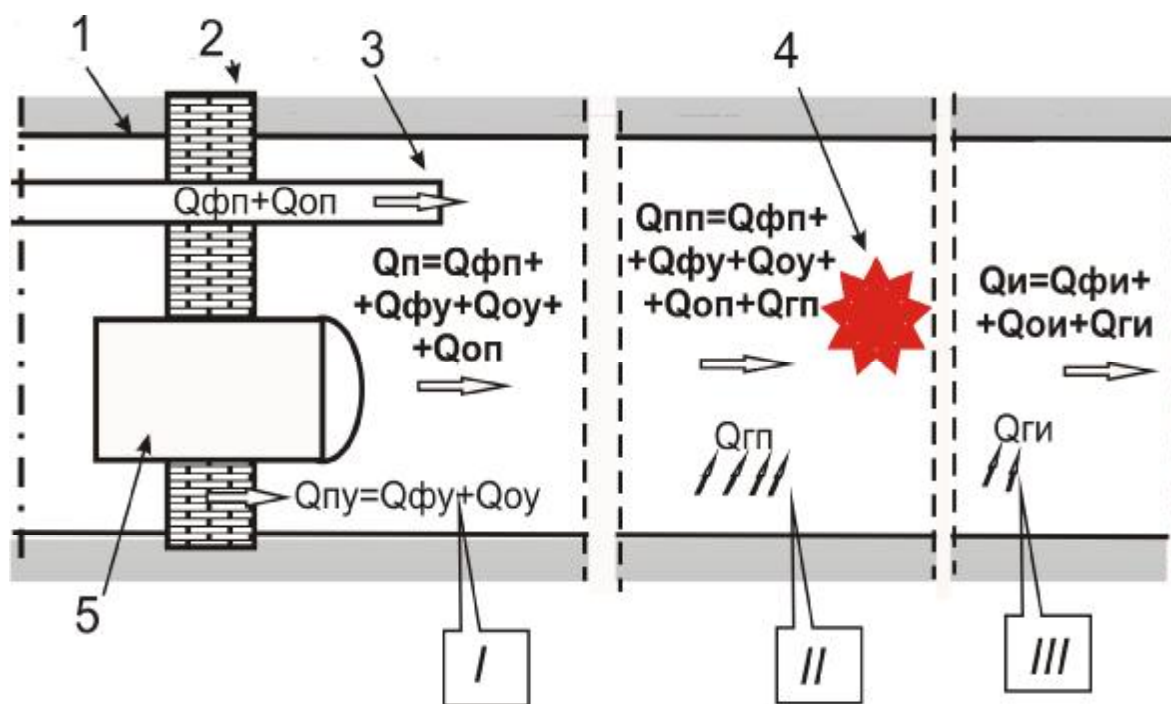


Рис. 3.12. Схема формирования газовой обстановки в аварийном участке сети горных выработок: 1 – горная выработка; 2 – изолирующая перемычка; 3 – труба для подачи газообразного флегматизатора; 4 – очаг пожара; 5 – проемная труба с закрытой крышкой; I,II,III – области формирования газовой среды.

В горноспасательном деле для прогнозирования взрывоопасности шахтной газовой среды принято использовать так называемый «треугольник взрываемости» (диаграмма взрываемости), построенный в координатах «окислитель-горючее». Его вершинами являются нижний и верхний пределы взрываемости данной смеси и пик ее воспламенения.

Пиком воспламенения называют такую концентрацию смеси горючих газов, для предотвращения взрыва которой необходимо максимальное снижение содержания кислорода в атмосфере аварийного участка.

Определение нижнего и верхнего пределов взрываемости смеси горючих газов производят по известной формуле Лешателье, учитывающей долю каждого компонента и его предел взрываемости, %,

$$L = 100 / (p_1/n_1 + p_2/n_2 + p_3/n_3), \quad (3.16)$$

где  $L$  – предел взрываемости (нижний или верхний) суммы горючих газов, %;  $p_1, p_2, p_3$  – содержание каждого компонента в смеси горючих газов, %, определяемое по формулам:  $p_1 + p_2 + p_3 = 100$ , %;  $p_1 = C_1 100 / (C_1 + C_2 + C_3)$ , %;  $p_2 = C_2 100 / (C_1 + C_2 + C_3)$ , %;  $p_3 = C_3 100 / (C_1 + C_2 + C_3)$ , %, где  $C_1, C_2, C_3$  – содержание горючих компонентов в атмосфере аварийного участка по результатам анализа проб воздуха, %;  $n_1, n_2, n_3$  – соответственно нижние или верхние пределы взрываемости каждого компонента смеси, %.

Исходные данные, необходимые для определения по приведенным формулам вершин треугольника взрываемости смеси горючих газов, приведены в табл.3.5.

Таблица 3.5 – Значения пиков воспламенения смесей горючих газов

| Горючие компоненты смеси | Пределы взрываемости, % |         | Пик воспламенения (%) при флегматизации, |                 |                    |                 |
|--------------------------|-------------------------|---------|--|-----------------|--------------------|-----------------|
|                          |                         |         | азотом                                   |                 | диоксидом углерода |                 |
|                          | нижний                  | верхний | по O <sub>2</sub>                        | по данному газу | по O <sub>2</sub>  | по данному газу |
| CH <sub>4</sub>          | 4,3                     | 13,5    | 10,2                                     | 13,5            | 13,5               | 5,75            |
| H <sub>2</sub>           | 4,0                     | 75,0    | 5,0                                      | 5,9             | 5,9                | 5,00            |
| CO                       | 12,5                    | 74,0    | 5,6                                      | 13,5            | 5,9                | 15,00           |

Все величины даны для обычных условий (температура +18 ...+20°C, давление 740 – 760 мм рт. ст.).

Однако параметры треугольника характеризуют газовую обстановку для газоздушных смесей, в которых содержание флегматизатора – азота примерно постоянно и составляет 78-79%, а вот взрывчатые свойства смесей с более высоким содержанием флегматизаторов до настоящего времени, по нашему мнению, изучены недостаточно. В связи с этим одной из задач исследований было теоретическое определение взрывоопасности газовых смесей с повышенным содержанием флегматизатора.

Удобно рассматривать газовую смесь вблизи очага горения как трехкомпонентную газовую систему, которая состоит из: окислителя – кислорода; горючего – преимущественно смеси метана, оксида углерода, водорода и других горючих газов; флегматизатора – смеси азота, диоксида углерода, водяного пара, при этом справедлива зависимость:

$$C_o + C_r + C_\phi = 100, \% \quad (3.17)$$

где  $C_o, C_r, C_\phi$  – соответственно суммарные концентрации окислителя, горючих и флегматизирующих газов, %.

Из выражения (3.17) следует однозначная зависимость соотношения всех компонентов системы при разбавлении газозвушной смеси флегматизатором в процессе тушения пожара с помощью, например, мембранной газоразделительной техники. Геометрически такую газовую трехкомпонентную систему можно представить в декартовой системе трех координат «окислитель–горючее–флегматизатор» как плоскость, пересекающую координатные оси в точках 100% (рис. 3.13).

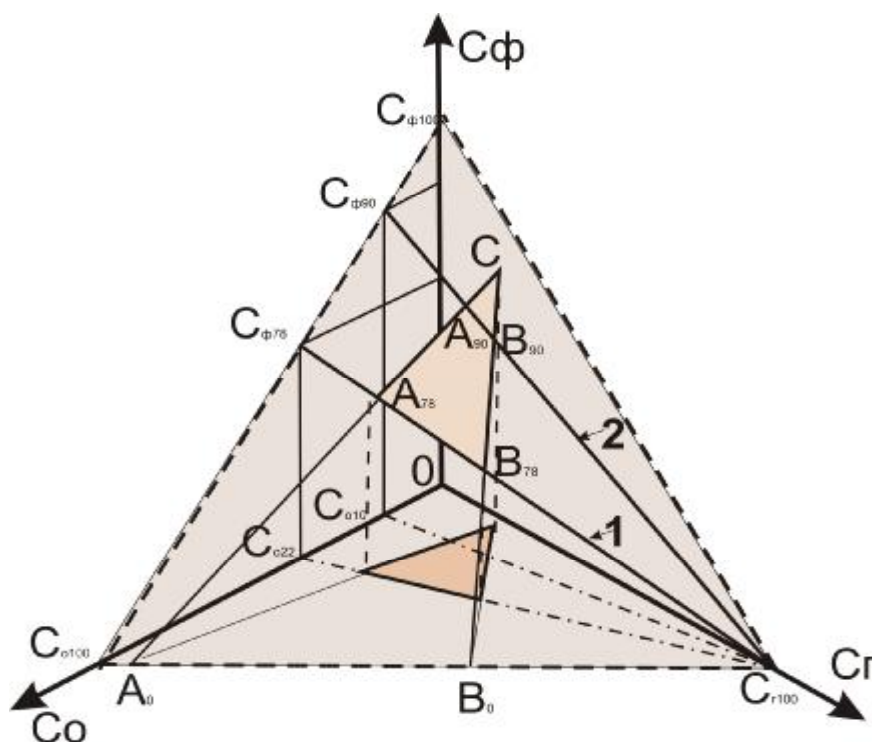


Рис. 3.13. Схема определения области взрываемости трехкомпонентных газовых смесей:  $C_o, C_\phi, C_r$  - концентрации в составе смеси соответственно окислителя, флегматизатора, горючего;  $A_i, B_i$  – соответственно нижний и верхний пределы взрываемости газовой смеси, где  $i$  – содержание флегматизатора в составе смеси;  $C$  – пик воспламеняемости смеси по кислороду; 1, 2 – линии, характеризующие газовые среды с содержанием флегматизатора соответственно 78 и 90%.



Каждому значению газовой смеси соответствует точка на этой плоскости. Область взрывчатых смесей заключена внутри треугольника  $A_0V_0C$ , где величины  $A_0$  и  $V_0$  соответственно нижний и верхний пределы взрываемости смеси метана и кислорода,  $C$  – пик воспламенения, эти значения установлены по результатам лабораторных исследований для конкретных смесей горючих газов.

Если к газокислородной смеси добавлять флегматизатор, то величина треугольника будет уменьшаться. Так для смесей с содержанием флегматизатора 78% (воздух) и 90% будут получены треугольники  $A_{78}V_{78}C$  (выделен цветом) и  $A_{90}V_{90}C$ . Процесс окисления газовых смесей может быть охарактеризован линиями  $C_{078} - A_{78} - V_{78} - C_{100}$  и  $C_{090} - A_{90} - V_{90} - C_{100}$  (рис.3.13), при этом внутри интервала  $A_i - V_i$  газовая смесь является взрывчатой. Традиционный треугольник взрываемости является проекцией построенного нами  $\Delta A_0V_0C$  на ортогональную плоскость, координаты которой - «окислитель-горючее».

Анализируя характер изменения интервала взрывчатости смесей с различным содержанием флегматизирующих газов, следует отметить следующую важную особенность. С увеличением доли инертных газов в составе смеси интервал взрывчатости существенно сокращается. При этом нижний предел взрываемости изменяется медленно, динамика обусловлена изменением, в основном, верхнего предела.

Сокращение интервала взрывчатости в результате флегматизации приводит к значительному уменьшению в изолированном объеме размеров облака взрывчатых газов, а, следовательно, энергии взрыва и соответствующего уменьшения зон поражения такими факторами как ударная волна и высокотемпературные токсичные газообразные продукты детонации.

Теоретические результаты были проверены сотрудниками ДонНТУ совместно с чешскими учеными в лабораторных условиях Остравского института ВВУУ. С учетом предварительно определенных границ взрываемости смесей метана, кислорода и азота были приготовлены и испытаны несколько составов. Результаты испытаний, проведенных при инициировании горения источником открытого пламени и размещенным внутри сосуда с газом электродетонатором, приведены в табл. 3.6 и 3.7 соответственно.

Таблица 3.6 - Результаты испытаний, проведенных при инициировании процесса горения источником открытого пламени

| № п/п | Содержание газов в смеси, % |                |                 | Коэффициент флегматизации, Кф | Оценка взрывчатости смеси |
|-------|-----------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------|
|       | N <sub>2</sub>              | O <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |                               |                           |
| 1     | 78                          | 17             | 5               | 4,59                          | Не взрывчата              |
| 2     | 78                          | 15             | 7               | 5,2                           | Не взрывчата              |
| 3     | 79                          | 17             | 4               | 4,65                          | То же                     |
| 4     | 79                          | 15             | 6               | 5,27                          | То же                     |
| 5     | 80                          | 15             | 5               | 5,33                          | То же                     |
| 6     | 81                          | 15             | 4               | 5,4                           | То же                     |

Полученная в результате лабораторных экспериментов качественная картина полностью подтвердила теоретические выводы о сокращении интервала взрывчатости флегматизированных азотом метановых смесей. Кроме того, в результате экспериментальных исследований подтверждено снижение химической активности флегматизированных смесей, процесс горения или взрыва газовой смеси существенно зависел от способа инициирования реакции.

При поджигании источником открытого пламени (горящей лучиной) не произошло возгорания ни одной из приготовленной смеси газов.

Таблица 3.7 - Результаты испытаний, проведенных при инициировании воспламенения смеси размещенным в полиэтиленовом сосуде электродетонатором

| № п/п | Содержание газа в смеси, % |                |                 | Оценка взрываемости смеси | Темп выгорания |
|-------|----------------------------|----------------|-----------------|---------------------------|----------------|
|       | N <sub>2</sub>             | O <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |                           |                |
| 1     | 78                         | 17             | 5               | Не взрывчата              | Нет            |
| 2     | 78                         | 15             | 7               | Взрывчата                 | Быстрый        |
| 3     | 79                         | 15             | 6               | Взрывчата                 | Медленный      |
| 4     | 79                         | 17             | 4               | Не взрывчата              | Нет            |
| 5     | 80                         | 15             | 5               | Не взрывчата              | Нет            |
| 6     | 81                         | 15             | 4               | Не взрывчата              | Нет            |
| 7     | 73                         | 20             | 6               | Взрывчата                 | Быстрый        |

Воздействие маломощным источником открытого пламени извне на сосуд с испытуемой газовой смесью не приводило к воспламенению газов при любом их процентном содержании. Иницирование при помощи электродетонатора, расположенного внутри полиэтиленовой емкости, обеспечивало воспламенение заполняющей его взрывоопасной газовой смеси. При этом только две газовые смеси из шести приготовленных оказались взрывчатыми. Для проверки была приготовлена седьмая смесь с пониженным относительно воздуха содержанием флегматизатора, теоретически была спрогнозирована ее взрывоопасность, эксперимент подтвердил правильность прогноза.

Повышение на 2-3% по сравнению с воздухом содержания флегматизатора в составе смесей метана, кислорода и азота, существенно тормозит процесс окисления горючего и уменьшает вероятность взрыва. Установленные пороговые значения добавки азота в состав воздуха открывают перспективу отказа от заполнения изолируемого пожарного участка парогазовой смесью перед закрытием проемов, при использовании мембранных газоразделительных установок. При этом обеспечивается повышение безопасности и эффективности горноспасательных работ.

Рассмотрим один из вариантов формирования взрывоопасной среды в горных выработках пожарного участка (рис. 3.14). Очаг пожара возник в воздухоотводящей выработке. Поток подаваемого в очистной забой воздуха, смешиваясь с выделяющимся в выработанном пространстве метаном, образует смеси с различной степенью горючести и взрываемости.

Формирование облака взрывоопасных газов происходит в районе II (см. рис. 3.12, 3.13), перед очагом горения, однако достигает его только при накоплении достаточного объема смеси, соприкасающегося с зоной высоких температур. Режим проветривания пожарного участка не является стабильным, он определяется не только характеристиками вентиляторов и свойствами вентиляционной сети. Кроме них влияют тепловая депрессия пожара и сопротивление расширяющихся пожарных газов, аварийные вентиляционные маневры, обрушения горных пород в выработки, внезапные выделения горючих газов и другие факторы. Обычно количество подаваемого в лаву воздуха достаточно для разбавления горючих газов ниже уровня горючести. В том случае,

когда формирующееся облако взрывоопасной среды и достигает очага горения, происходит его детонационное сгорание, сопровождающееся ударной волной и выделением высокотемпературных токсичных газов.

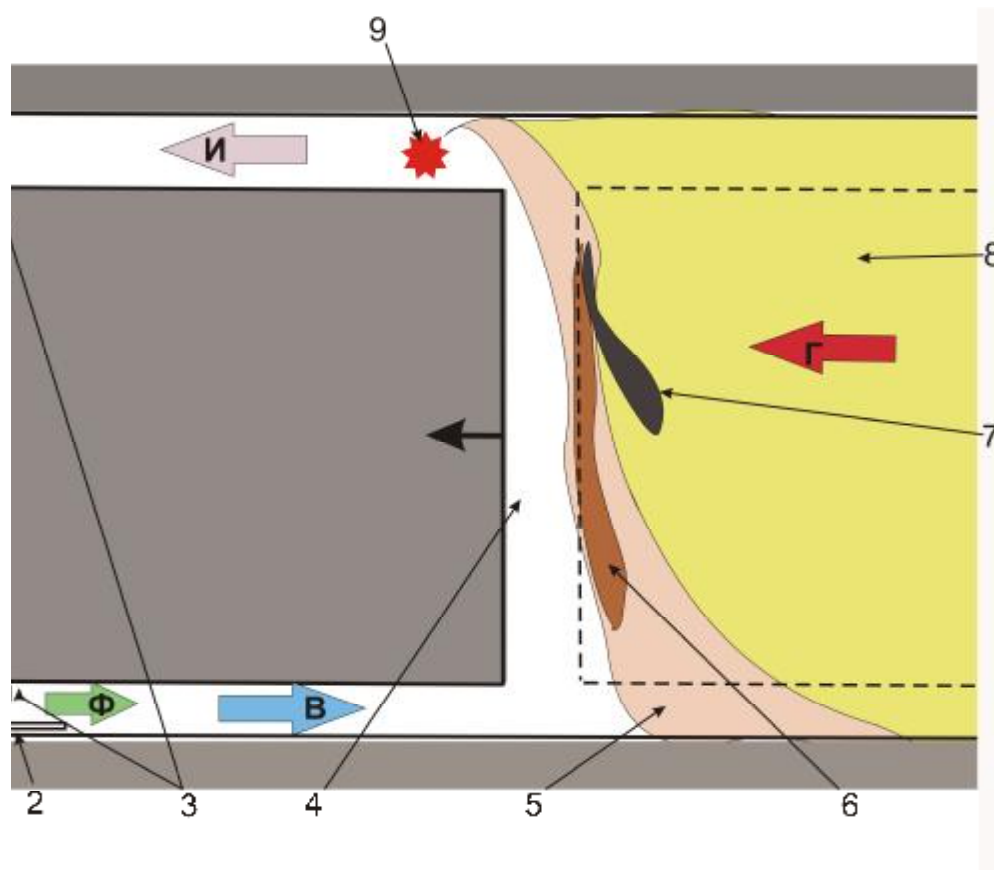


Рис. 3.14. Схема формирования взрывоопасных скоплений метаногазовых смесей в пожарном участке: 1 – изолирующие перемычки; 2 – трубопровод для подачи флегматизатора; 3 – проемные трубы; 4 – очистная выработка; 5, 6, 7 – взрывоопасные скопления газов, соответственно, без подачи флегматизатора, при подаче, при закрытом проеме в верхней перемычке; 8 – заполненные метаном полости в выработанном пространстве; 9 – очаг пожара.

После выноса продуктов сгорания начинается повторное накопление горючих газов и формирование взрывоопасной среды. Повторяемость взрывов не является регулярной, так как условия выгорания газов не стабильны, продолжительность выноса продуктов сгорания, обрушение при взрыве горных пород и изменение путей движения газов, накопления метана и его перемешивания с воздухом

определяется большой совокупностью случайных факторов, воспламеняемость смесей также варьируется в широком диапазоне.

При подаче в аварийный участок достаточного расхода газа-флегматизатора, размеры области, в которой происходит формирование взрывчатой газовой смеси, значительно сокращаются вплоть до полной ее ликвидации. Следует отметить, что производительность современных газоразделительных мембранных установок ограничена, качество трубопроводов для подачи инертных газов – неудовлетворительное, поэтому коэффициент флегматизации, при подаче азота в попутный поток воздуха, увеличивается всего на несколько десятых долей. Однако, этого может быть достаточно, чтобы существенно уменьшить размеры облака взрывоопасной газовой смеси и отделить ее от очага горения, предотвращая тем самым взрыв. Выбор минимально необходимого уровня флегматизации воздуха, подаваемого к очагу пожара можно выполнить на основе вышеприведенных зависимостей. Для осуществления такого рода тактического приема необходима высокая культура горноспасательных работ, подробная информация о месте, размерах и динамике развития очага пожара, выделении горючих газов, надежное управление вентиляцией и флегматизацией воздуха.

Помимо этого, оттеснение взрывоопасной смеси от очага горения можно осуществить последовательностью закрывания проемов. Если вначале будет закрыт проем в перемышке, установленной в воздухоотводящей выработке, то за счет увеличения давления в изолируемом участке, а также уменьшения оттока продуктов горения (автофлегматизация), взрывоопасное облако будет оттеснено в выработанное пространство. Тем самым угроза взрыва и его мощность, в случае возникновения, будут значительно снижены.

Таким образом, теоретически обоснован и экспериментально в лабораторных условиях подтвержден механизм формирования взрывоопасной трехкомпонентной смеси горючего, окислителя и флегматизатора. При этом установлено сокращение диапазона взрываемости смесей с увеличением в их составе содержания флегматизатора, по сравнению с метановоздушными смесями.

Определены закономерности формирования и выявлена возможность управлять с помощью флегматизации объемом взрывоопасной газовой среды вблизи очага подземного пожара. Это позволяет предотвратить или существенно уменьшить действие

поражающих факторов взрыва на горноспасателей и членов ШГС, выполняющих аварийно-спасательные работы.

Обоснованы основные направления предотвращения взрывов в изолируемом объеме аварийных горных выработок путем определения минимально необходимого уровня флегматизации газовой среды, а также выбором порядка закрывания проемных труб в изолирующих перемычках.

Совокупность разрабатываемых мероприятий позволит повысить безопасность, уменьшить продолжительность и стоимость тушения подземных пожаров в труднодоступных местах.

#### **3.5.4. Тактика подачи инертных газов в аварийные горные выработки**

Ориентировочные расчеты показывают, что самая сложная стадия (первый и второй режимы) ликвидации пожара по предлагаемой технологии с использованием наиболее распространенных бетонитовых перемычек в оптимальных условиях занимает не менее двух суток. Еще около суток может продолжаться переход к третьему режиму подачи газа. Такая продолжительность аварийных работ представляется nepозволительно большой.

Анализ хронограммы (табл. 3.8) показывает, что операции по подготовке трубопровода и возведению перемычек в лучшем случае занимают более суток, т.е. около половины оперативного времени. В современных условиях сложного финансово-организационного состояния шахт это время может реально увеличиться в 2...3 раза. Поэтому наиболее перспективными решениями по повышению эффективности использования мембранной техники представляются разработка подземных газоразделительных установок и быстровозводимых изолирующих перемычек.

Применение подземных установок позволит избавиться от наименее надежного элемента рассматриваемой технологии – трубопровода. Использование быстровозводимых, например, пневматических, изоляционных сооружений позволит существенно сократить время перехода к эффективному воздействию на очаг пожара, кроме того, позволит применять мембранные установки для предупреждения самонагревания и самовозгорания угля.

Таблица 3.8 – Хронограмма выполнения в воздухоподающей выработке основных работ по ликвидации очага горения угля в труднодоступном месте

| Оперативные действия               | Продолжительность выполнения действий, смен |   |   |   |         |   |   |   |         |   |   |   |         |   |   |   |
|------------------------------------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|
|                                    | 1 сутки                                     |   |   |   | 2 сутки |   |   |   | 3 сутки |   |   |   | 4 сутки |   |   |   |
|                                    | 1   | 2 | 3 | 4 | 1       | 2 | 3 | 4 | 1       | 2 | 3 | 4 | 1       | 2 | 3 | 4 |
| Вызов ГСС, разведка                | ■   | ■ |   |   |         |   |   |   |         |   |   |   |         |   |   |   |
| Доставка АМВП                      |   |   | ■ | ■ | ■       | ■ |   |   |         |   |   |   |         |   |   |   |
| Подготовка трубопровода            |   |   | ■ | ■ | ■       | ■ |   |   |         |   |   |   |         |   |   |   |
| Возвед. перемычки №2               |   |   | ■ | ■ | ■       | ■ |   |   |         |   |   |   |         |   |   |   |
| Подача ингибиторов                 |   |   |   |   | ■       | ■ | ■ | ■ |         |   |   |   |         |   |   |   |
| Подача азота (15% O <sub>2</sub> ) |   |   |   |   |         |   | ■ | ■ |         |   |   |   |         |   |   |   |
| Возвед. перемычки №1               |   |   |   |   | ■       | ■ | ■ | ■ |         |   |   |   |         |   |   |   |
| Подача азота (5% O <sub>2</sub> )  |   |   |   |   |         |   |   |   | ■       | ■ | ■ | ■ |         |   |   |   |
| Подача азота (2% O <sub>2</sub> )  |   |   |   |   |         |   |   |   |         |   |   |   | ■       | ■ | ■ | ■ |

### 3.6. Спасение людей при авариях в шахтах

Основной задачей при ведении аварийно-спасательных работ является спасение людей, застигнутых аварией в шахтах. Будущее угольной отрасли – это высоконагруженные очистные забои с концентрацией людских ресурсов и энергоемкого оборудования, выемочные поля, которые позволяют 1,5 и более лет вести очистную выемку без перемонтажа оборудования. В этих условиях возрастает вероятность возникновения аварий, усугубляются возможные потери в случае возникновения аварии. Безопасное ведение работ на таких выемочных участках, невозможно без реализации взвешенных и обоснованных решений по проблеме самоспасения и спасения подземных горнорабочих в случае возникновения аварий. По состоянию на 01.01.2011 г. на шахтах Украины работают 63 и будут готовиться к работе в 2011 году 26 выемочных участков, на которых из-за большой протяженности выемочных полей расчетное время выхода людей при возникновении аварии превышает время защитного действия (ВЗД) изолирующих самоспасателей и регенеративных респираторов, находящихся на оснащении подразделений ГВГСС.

### 3.6.1. Нормативная база Украины системы спасения людей

В настоящее время проблеме обеспечения безопасности горнорабочих при ведении горных работ в шахтах как при нормальных, так и при аварийных режимах, уделяется большое внимание. В НИИГД и ПБ «Респиратор», ДонНТУ, ДонУГИ, МакНИИ и НГУ разрабатываются и исследуются способы ведения этих работ, средства индивидуальной и коллективной защиты органов дыхания и создаются нормативные документы, регламентирующие работы по самоспасению и спасению горнорабочих в шахтах при авариях.

К нормативным документам Украины относятся: Правила безопасности в угольных шахтах (далее - Правила безопасности); ДНАОП 1.1.30-4.06-97 (НПАОП 10.0-7.17-97) Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ; СОУ 10.1-00174102-002-2004 «Система самоспасения горняков. Общие требования»; СОУ 10.1.202020852.002:2006 «Стационарные камеры-убежища спасательные шахтные. Общие технические требования», СЖК 00.000 РЭ «Система жизнеобеспечения стационарной камеры-убежища. Руководство по эксплуатации». ДСТУ 75.2-24361240-002 «Аварийно спасательные службы. Предупреждение возникновения чрезвычайных ситуаций». и др.

Правила безопасности 2000-2005 г.г. предписывали всем спускающимся в шахту иметь при себе исправные изолирующие самоспасатели и кратко описывали порядок их учета и проверок. В Правилах упоминались и коллективные средства защиты органов дыхания. На длинных маршрутах, время преодоления которых больше времени защитного действия самоспасателя, необходимо устанавливать пункты переключения (не более одного на пути следования) или групповые передвижные, или стационарные средства самоспасения. Этой информации было явно недостаточно для практического ее внедрения. Поэтому в 2004 году во НИИГД и ПБ «Респиратор» был разработан и введен в действие отраслевой стандарт СОУ 10.1-00174102-002-2004 «Система самоспасения горняков. Общие требования», который устанавливает общие требования к многоступенчатой системе самоспасения горнорабочих в шахтах. Все горнорабочие должны быть обучены навыкам включения в изолирующие самоспасатели, поведения и дыхания в



них. Для этого на шахтах необходимо регулярно проводить тренировки с использованием учебных самоспасателей ШСС-1Т1 или исправных изолирующих самоспасателей с истекшим сроком службы в «дымных камерах». В этом нормативном документе впервые определены три разных типа самоспасателей, которые допущены к применению в угольной промышленности Украины: ШСС-1, СИ-40 и СИ-30, имеющие разные габариты и время защитного действия (50, 40 и 30 мин соответственно). Это было сделано с единой целью – варьирования самоспасателями с различным временем защитного действия в зависимости от горнотехнических и горно-геологических условий. В этом стандарте введено понятие «Многоступенчатая система самоспасения горнорабочих». Эта система должна учитывать разнообразные условия разработки угольных месторождений, степень опасности шахт, профессию, размещение рабочих мест горняков и другие факторы. Она предусматривает применение индивидуальных средств защиты органов дыхания (изолирующих самоспасателей разных типов и респираторов), коллективных средств: передвижных пунктов переключения в резервные самоспасатели, передвижных и стационарных камер-убежищ и средств аварийного воздухообеспечения. Совместное использование этих средств самоспасения и их взаимное резервирование обеспечивает эффективность самоспасения горняков во время подземных аварий».

В 2006 году сотрудниками НГУ совместно с МакНИИ, НИИГД и ДонУГИ был разработан Стандарт Минуглепрома Украины «Стационарные камеры-укрытия спасательные шахтные. Общие технические требования», который введен в действие с октября 2007 года и обязательный для выполнения угольными шахтами Украины. Он предусматривает в проектах новых шахт и противопожарной защите действующих шахт и в планах развития горных работ в случае пожара необходимость применения средств коллективной и индивидуальной защиты, которые гарантируют безопасность рабочих во время выхода из аварийной выработки, отсиживания или эвакуации подразделениями ГВГСС согласно НПАОП 10.0-1-01.

В общих требованиях Правил безопасности 2010 года содержится пункт 13, в котором говорится о том, что в технологической проектной документации выемочных участков, проведения и крепления подземных выработок должна быть

определена система спасения подземных рабочих при аварии. Причина создавшейся ситуации состоит в том, что при проектировании горных работ на шахтах не учитывается возможность спасения рабочих при ликвидации аварий в соответствии с требованиями пункта 11 главы 1 раздела IV НПАОП 1.10 – 1.01-10.

### **3.6.2. Способы и средства самоспасения и спасения людей при авариях в шахтах**

Для обеспечения безопасности рабочих на выемочных участках большой протяженности существует несколько способов:

- 1) реверсирование вентиляционной струи на аварийном участке;
- 2) разрезание длинного выемочного столба одной или несколькими специальными выработками на части;
- 3) увеличение времени защитного действия (ВЗД) самоспасателя;
- 4) размещение на аварийных маршрутах коллективных средств защиты органов дыхания.

Первые два способа повышают потенциальную опасность возникновения или развития подземной аварии вследствие накопления метана на аварийных участках.

Создание громоздких самоспасателей не отвечает современным мировым тенденциям к уменьшению габаритов самоспасателей с ВЗД до 30-50 мин, которые постоянно находятся у горнорабочих. Поэтому Украина и ряд других угледобывающих стран мира выбрали четвертый способ – создание многоступенчатой системы самоспасения шахтеров, включающий в себя применение индивидуальных и коллективных средств защиты органов дыхания, передвижных и стационарных камер-убежищ.

#### ***Средства защиты органов дыхания людей при авариях в шахтах***

При подземных авариях шахтный воздух становится непригодным для дыхания по двум основным причинам: из-за образования (поступления) ядовитых (токсичных) газов свыше предельно допустимых концентраций (отравляющее действие) или снижения содержания кислорода до опасного для жизни предела (удушающее действие).

Основным и наиболее опасным ядовитым газом является оксид углерода, образующийся в опасных концентрациях при пожарах и взрывах газа и угольной пыли. Оксид углерода взаимодействует с гемоглобином крови и образует карбоксигемоглабин, не обладающий способностью переносить кислород к тканям организма, вызывая тем самым ферментное нарушение тканевого дыхания и др. При острых отравлениях наблюдается головная боль, головокружение, тошнота, рвота, слабость, одышка, учащенный пульс, потеря сознания, судороги, кома и (или) смертельный исход.

Уменьшение содержания кислорода до опасных пределов происходит при газодинамических явлениях, в основном при внезапных выбросах угля и газа, а также при взрывах газа и пыли и пожарах. Снижение содержания кислорода ниже 16-15% приводит к кислородному голоданию клеток головного мозга - аноксии. При этом дыхание и пульс учащаются, а главное - снижается способность мышления. При содержании кислорода 10-8% теряется сознание, затем прекращается дыхание, а через 5-7 минут вследствие необратимых изменений в клетках головного мозга наступает смерть. Главная особенность аноксии заключается в субъективной бессимптомности - человек не чувствует ее проявления и не предпринимает мер к своему спасению.

Для защиты органов дыхания людей при авариях в угольных шахтах применяются или разработаны к применению следующие индивидуальные и коллективные (групповые) дыхательные аппараты и средства.

1. Изолирующие шахтные самоспасатели ШСС-1, ШСС-1П, ШСС-1ПВ, СИ-30, СИ-40.

2. Регенеративные изолирующие респираторы Р-30, Р-34, Р-35, Р40Е, РХ-4П, РХ-4Е, РХС, РХ-2, резервный аппарат АР-1.

3. Коллективные (групповые) средства защиты органов дыхания (передвижные спасательные пункты ПСА, ПСП, ПСПМ, АСП, ППРС и дыхательные аппараты АД-180, АД-360).

4. Специальные (передвижные и стационарные) камеры-убежища, предназначенные для самоспасения и спасения горнорабочих и горноспасателей при ведении аварийно-спасательных работ.

Изолирующие самоспасатели относятся к дыхательным аппаратам (противогазам) одноразового действия на химически

связанном кислороде с закрытой системой дыхания и маятниковой циркуляцией воздуха и могут применяться на шахтах всех категории при любых видах аварий.

Шахты Украины оснащаются преимущественно изолирующими самоспасателями ШСС-1 (ШСС-1П) и СИ-30 и СИ-40.

Самоспасатель ШСС-1 (рис.3.15) является основным и предназначен для ношения на плечевом ремне. При выполнении работ самоспасатель должен находиться на расстоянии не более пяти метров от рабочего места.

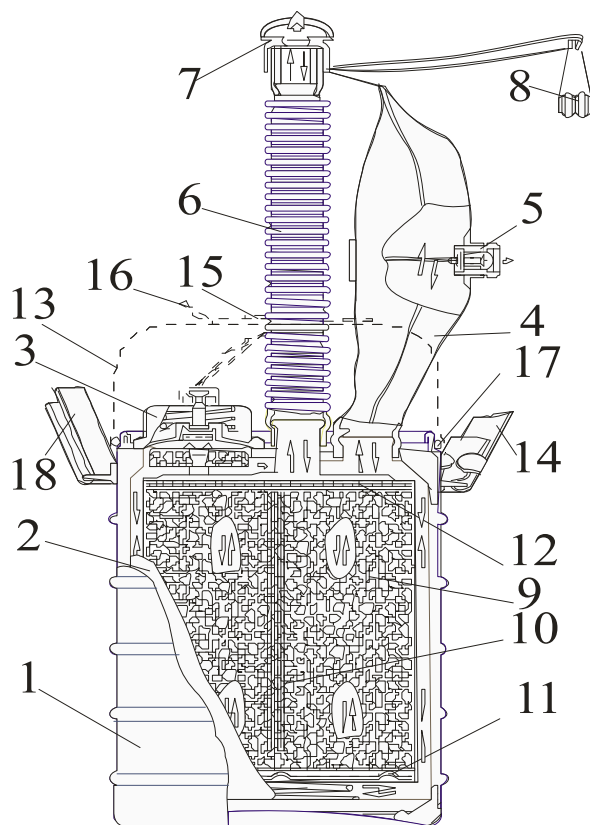


Рис. 3.15. Шахтный изолирующий самоспасатель ШСС-1:

- - поступление кислорода при срабатывании пускового устройства;
- ⇐⇐ выдыхаемый воздух; ⇨⇨ обогащенный кислородом вдыхаемый воздух после экзотермической реакции восстановления (регенерации) выдыхаемого воздуха; ⇨ - избыточный воздух

Самоспасатель имеет герметичный стальной корпус 1 цилиндрической формы, в который вмонтирован регенеративный

патрон 2 с пусковым устройством 3. К регенеративному патрону 2 подсоединен дыхательный мешок 4 с избыточным клапаном 5 и гофрированный шланг 6 с загубником 7 и носовым зажимом 8. Регенеративный патрон заполнен гранулированным кислородосодержащим продуктом 9 (продукт ОКЧ-2, основой которого является надперекись калия  $K_2O$ ), рассредоточенным с целью уменьшения спекания секционным теплораспределителем 10.

Снизу продукт поджат пружинами с помощью поджимной перегородки 11, сверху ограничен пылезадерживающим фильтром 12, исключая попадание мелких гранул и пыли продукта в дыхательные пути. В нерабочем положении дыхательный мешок и гофрированный шланг находятся в свернутом состоянии под крышкой 13, которая посредством двух металлических лент 14 и быстро раскрываемого замка 15 с ремешком 16 прочно прикрепляется к корпусу и обеспечивает герметизацию с помощью резиновой прокладки 17. Для ношения самоспасателя к корпусу прикреплен плечевой ремень 18.

Принцип действия самоспасателя ШСС-1 заключается в следующем. При вскрытии и отбросе крышки самоспасателя срабатывает пусковое устройство, предназначенное для заполнения дыхательной системы самоспасателя запасом кислорода в начальный период времени. Пусковое устройство состоит из брикета кислородосодержащего продукта, резиновой мембраны, стеклянной ампулы с серной кислотой и ударного механизма, соединенного гибкой нитью с крышкой самоспасателя. При отрыве крышки самоспасателя ударный механизм освобождается от упора, разбивает ампулу с серной кислотой, которая вступает в химическую реакцию с надперексидом калия, в результате чего в течение 8-15 сек. выделяется около 5 л. кислорода.

При включении в самоспасатель выдыхаемый из легких воздух проходит через загубник, по дыхательному шлангу попадает в регенеративный патрон, где содержащиеся в выдыхаемом воздухе продукты органической деятельности углекислый газ и пары воды (влага) вступают в экзотермические химические реакции.



При этом водяные пары играют роль катализатора при связывании углекислого газа по следующей схеме:

В результате реакций выдыхаемый воздух очищается от углекислого газа и паров влаги и обогащается кислородом. Очищенный и обогащенный кислородом воздух через кольцевой зазор регенеративного патрона заполняет дыхательный мешок. При этом избыток воздуха удаляется через избыточный клапан, срабатывание которого происходит под действием нити растяжения при расширении дыхательного мешка и повышении давления воздуха до определенного предела. При акте вдоха из дыхательного мешка воздух по кольцевому зазору вторично поступает в регенеративный патрон, проходит противопылевой фильтр и по шлангу, загубнику поступает в органы дыхания.

Процесс регенерации воздуха в регенеративном патроне экзотермический, что приводит к нагреванию корпуса самоспасателя и является признаком его нормальной работы.

#### Техническая характеристика самоспасателя ШСС-1

Срок защитного действия, мин:

|  |         |
|--|---------|
| При передвижении по горным выработкам        | 50      |
| при отсиживании                              | до 300  |
| Температура вдыхаемого воздуха, °С, не более | 60      |
| Масса, кг, не более                          | 3,1     |
| Размеры, мм                                  | 134x254 |
| Срок службы, год                             | 3       |

Эксплуатация самоспасателей в течение предусмотренного срока службы требует постоянного контроля герметичности корпуса (футляра) самоспасателя. Перед спуском в шахту обязательно должен проводиться внешний осмотр самоспасателя. При обнаружении пробоин или вмятин на корпусе и крышке (футляре), неисправности замка и отсутствии пломбы самоспасатель к эксплуатации не допускается.

Периодическая проверка самоспасателей проводится ежемесячно. При периодических проверках проводится внешний осмотр самоспасателей и контроль их герметичности на приборе герметичности самоспасателей ПГС. При проверке на герметичность самоспасатель помещают в герметичную камеру прибора ПГС и

создают избыточное пневматическое давление 5 кПа (500 мм вод. ст.) Самоспасатель считается герметичным, если в течение 15 с падение давления в камере составляет не более 200 Па (20 мм вод. ст.). Результаты каждой периодической проверки оформляется актом.

Самоспасатели по истечении срока службы и забракованные самоспасатели списываются и уничтожаются комиссией с оформлением акта. Уничтожение самоспасателей производится гашением водой или сжиганием с соблюдением предусмотренных мер безопасности.

Шахтный самоспасатель ШСС-1П (рис.3.16) является средством индивидуальной защиты органов дыхания человека и используется для эвакуации персонала при авариях, связанных с образованием непригодной для дыхания атмосферы. Он является модификацией шахтного изолирующего самоспасателя ШСС-1 и представляет собой изолирующий дыхательный аппарат разового применения с химически связанным кислородом и маятниковой схемой дыхания.



Рис. 3.16. Шахтный самоспасатель ШСС-1П

#### Техническая характеристика

- время защитного действия при выходе из авар. участка (не менее), мин 50
- время защитного действия при отсиживании в ожидании помощи, мин 180
- полный срок службы, лет 5
- габаритные размеры без уложенного плечевого ремня, мм:
  - диаметр 150
  - высота 262
- масса, кг 3.1

Самоспасатель рассчитан на постоянное ношение в шахтах и имеет по сравнению с другими аппаратами такого же срока защитного действия минимальные габариты и вес. Аппарат приводится в действие в течении считанных секунд и обеспечивает надежную защиту органов дыхания в случае возникновения аварийной ситуации.

Самоспасатель ШСС-1П получил наибольшее распространение в мире в шахтах, опасных по внезапным выбросам, среди аппаратов подобного типа. Он в пластмассовом корпусе с пластмассовой крышкой, герметично соединенных посредством двух стяжных лент с измененной конструкцией замка и уплотнения между корпусом и крышкой. Полный срок службы самоспасателя от даты изготовления до списания 7 лет.

Шахтный самоспасатель ШСС-1ПV (рис.3.17) является средством индивидуальной защиты органов дыхания человека и используется при авариях, связанных с образованием непригодной для дыхания атмосферы.



Рис. 3.17. Шахтный самоспасатель ШСС-1ПV

Самоспасатель ШСС-1ПV – это модифицированный вариант базовой модели самого массового в мире самоспасателя на



химически связанном кислороде ШСС-1. В конструкции ШСС-1ПУ применен пластмассовый корпус, что позволяет, сохранив все достоинства базовой модели: малую массу и высокую надежность, создать аппарат с увеличенным сроком службы и более комфортными условиями дыхания.

Самоспасатель ШСС-1ПУ по показателям устойчивости к механическим воздействиям, воспламеняемости и поверхностного электрического сопротивления соответствует европейским нормам и допущен к использованию в шахтах и рудниках различных категорий газоопасности. Новый самоспасатель ШСС-1ПУ с круговой схемой дыхания является первым шахтным самоспасателем, отвечающим требованиям ДСТУ EN 401.

Испытания показали, что по эксплуатационным параметрам он не уступает таким известным самоспасателям, как ОХУ-SR-6QB и ОХУК 50S, а по массогабаритным характеристикам превосходит их. Самоспасатель ШСС-1ПУ сертифицирован в Европе и широко применяется в шахтах Польши и Чехии.

#### Техническая характеристика

- время защитного действия при выходе из аварийного участка (не менее), мин \_\_\_\_\_ 50
- время защитного действия при отсиживании в ожидании помощи, мин \_\_\_\_\_ 260
- полный срок службы, лет \_\_\_\_\_ 7
- габаритные размеры без уложенного плечевого ремня, мм:
  - диаметр \_\_\_\_\_ 150
  - высота \_\_\_\_\_ 262
- масса, кг \_\_\_\_\_ 3

Анализ аварийных ситуаций на шахтах Украины выявил низкий уровень навыков включения в самоспасатели. Для обучения этому горнорабочих созданы учебные самоспасатели. Например, самоспасатель ШСС-1Т по внешнему виду, форме, размерам, габаритам, массе, порядку вскрытия и включения соответствует самоспасателю ШСС-1 и предназначен для обучения горнорабочих только в среде, пригодной для дыхания. Самоспасатель ШСС-1Т1 обеспечивает обучение шахтеров включению и пользованию ним в атмосфере как пригодной, так и непригодной для дыхания.

Он позволяет имитировать все действия, связанные со вскрытием, включением, дыханием в изолирующем самоспасателе, а также воспроизводить воздействие на человека таких физиологических факторов, как сопротивление дыханию, температуры и влажности вдыхаемого воздуха, объемных долей кислорода и диоксида углерода во вдыхаемом воздухе. ШСС-1Т1 не имеет аналогов среди зарубежных моделей.

Разработанные фирмами "Drägerwerk AG", "Auer-MSA" (Германия) учебные варианты изолирующих самоспасателей ОХУ-С15G, ОХУ-SR60B, SSR-16BB, SSR-90 не содержат ни пускового устройства, ни поглотителя диоксида углерода.

С их помощью имитируют только основные приемы приведения в действие и включения в самоспасатель, а из физиологических параметров дыхания в аппарате - только сопротивление вдоху и выдоху.

Несмотря на принятую в Украине концепцию безопасности, предусматривающую постоянное ношение самоспасателя, горнорабочие из-за их значительной массы и габаритов часто оставляют самоспасатель вдалеке от рабочего места, что приводит при возникновении аварии к тяжелым последствиям. В связи с этим в 70-е годы был разработан в соответствии с нормативными документами, предусматривающими допустимые параметры дыхания, малогабаритный самоспасатель ШСМ-30. Условия дыхания в нем тяжелые (высокое сопротивление дыханию и температура вдыхаемого воздуха). Жесткие испытания по европейским стандартам показали, что время защитного действия ШСМ-30 составляет всего 8-12 мин, что явно недостаточно. Поэтому в НИИГД «Респиратор» разработаны новые малогабаритные самоспасатели СИ-30 и СИ-40.

Самоспасатель СИ-30 (рис.3.18) предназначен для индивидуальной защиты органов дыхания горнорабочих при подземных авариях, связанных с образованием в шахтной атмосфере высокой концентрации вредных газов, или при недостатке кислорода.



Рис.3.18. Малогабаритный самоспасатель СИ-30

Самоспасатель может использоваться в других отраслях промышленности в случае чрезвычайных ситуаций при наличии в воздухе токсичных газов.

Аппарат разового применения с химически связанным кислородом на основе надпероксида калия рассчитан на постоянное ношение или хранение в шахте в пунктах переключения.

Регенеративный патрон, дыхательный мешок с комплектующими технологическими узлами размещены в пластмассовом герметичном корпусе.

Самоспасатель имеет небольшие размеры и массу, современные эргономические характеристики, улучшенные комфортные условия дыхания, полностью отвечающие требованиям Европейского стандарта, стабильные параметры работы.

#### Техническая характеристика

|  |             |
|--|-------------|
| Время защитного действия, мин, не менее:           |             |
| при движении по горным выработкам .....            | 30          |
| в состоянии покоя .....                            | 90          |
| Температура вдыхаемого воздуха, °С, не более ..... | 60,0        |
| Масса, кг, не более .....                          | 2,2         |
| Габариты, мм .....                                 | 108x198x201 |
| Срок службы, годы .....                            | 5           |

Самоспасатель СИ-40 (рис.3.19) предназначен для защиты органов дыхания горнорабочих в аварийных условиях, связанных с образованием в шахтной атмосфере высокой концентрации вредных газов, или при недостатке кислорода.



Рис. 3.19. Малогабаритный самоспасатель СИ-40

Самоспасатель имеет небольшие размеры и массу, современные эргономические характеристики, улучшенные комфортные условия дыхания, полностью отвечающие требованиям Европейского стандарта.

#### Техническая характеристика

|   |             |
|---|-------------|
| Время защитного времени, мин:                             |             |
| при движении по горным выработкам .....                   | 40          |
| в спокойном положении при ожидании помощи, не менее ..... | 120         |
| Температура вдыхаемого воздуха, °С, не более .....        | 55          |
| Сопротивление дыханию, кПа, не более .....                | 0,75        |
| Габариты, мм .....  | 201x198x107 |
| Масса, кг .....   | 3,3         |

Самоспасатели СИ-30 и СИ-40 предназначены для ношения на пояском ремне. Пиктограммы, размещенные на корпусе, показывают порядок включения в аппарат. В комплект СИ-30 и СИ-40 для защиты глаз от воздействия газа и пыли входят очки, а в качестве лицевой части служит загубник с носовым зажимом. Корпус (в СИ-30 из пластмассы, а в СИ-40 из нержавеющей стали) улучшает эксплуатационные качества самоспасателей, поэтому их можно

применять и хранить во влажной атмосфере, вызывающей коррозию. Самоспасатель СИ-30 сконструирован пригодным для ремонта, его конструкция позволяет заменять в использованных аппаратах регенеративные патроны с пусковыми устройствами. Эксплуатационные испытания на шахте им. А.А. Скочинского, по отзывам горнорабочих, подтвердили, что самоспасатель удобен, компактен, корпус аппарата легко очищается от загрязнения угольной пылью, включение в аппарат удобное и простое, а условия дыхания комфортные.

Для повышения безопасности труда горнорабочих на шахтах МУП Украины организованы вспомогательные горноспасательные команды (ВГК). Поэтому возникла необходимость создания специального изолирующего дыхательного аппарата для оснащения членов ВГК. При разработке конструкции аппарата ШРС-2 учли следующие особенности: необходимость длительного хранения в шахте, оперативность включения в респиратор, простоту и надежность конструкции, использование в аппаратах химически связанного кислорода. Кислород в аппарат подается автоматически в зависимости от тяжести выполняемой работы. Для обслуживания аппаратов не требуется компрессорного хозяйства. В процессе создания ШРС-2 решена проблема обеспечения его работоспособности при отрицательных температурах окружающей среды (до  $-20^{\circ}\text{C}$ ).

***Регенеративные изолирующие респираторы.*** По принципу действия регенеративные изолирующие респираторы разделяются на три группы: очистке выдыхаемого воздуха от углекислого газа химическим известковым поглотителем ХП-И и обогащение воздуха из баллона со сжатым кислородом (Р-30, Р-34); использование для поглощения углекислого газа щелочного сорбента СЩ-1 на основе гидроксида натрия и обогащение воздуха кислородом из баллона (Р-35, Р40Е); регенерации выдыхаемого воздуха на основе использования кислородосодержащего продукта ОКЧ-2 (РХ-4, РХ-4Е, РС, РХС, РХ-2,)

По назначению респираторы разделяются на основные (Р-30, Р-35, Р40Е, РХ-4, РХ-4Е) и вспомогательные (Р-34, РС, РХС, РХ-2).

Основные респираторы предназначены для оснащения отделений ГВГСС для ведения аварийно-спасательных работ в горных выработках.

Вспомогательные респираторы имеют меньшие срок защитного действия, габариты и массу и используются, если основной респиратор не соответствуют условиям работы (например, в стесненных условиях), для включения и вывода пострадавших, в комплекте с теплозащитными костюмами (куртками) и для оснащения членов ВГК.

В настоящее время основным респиратором, находящимся на оснащении ГВГСС, является респиратор Р-30, а ВГК - вспомогательными респираторами Р-34 (рис.3.20).

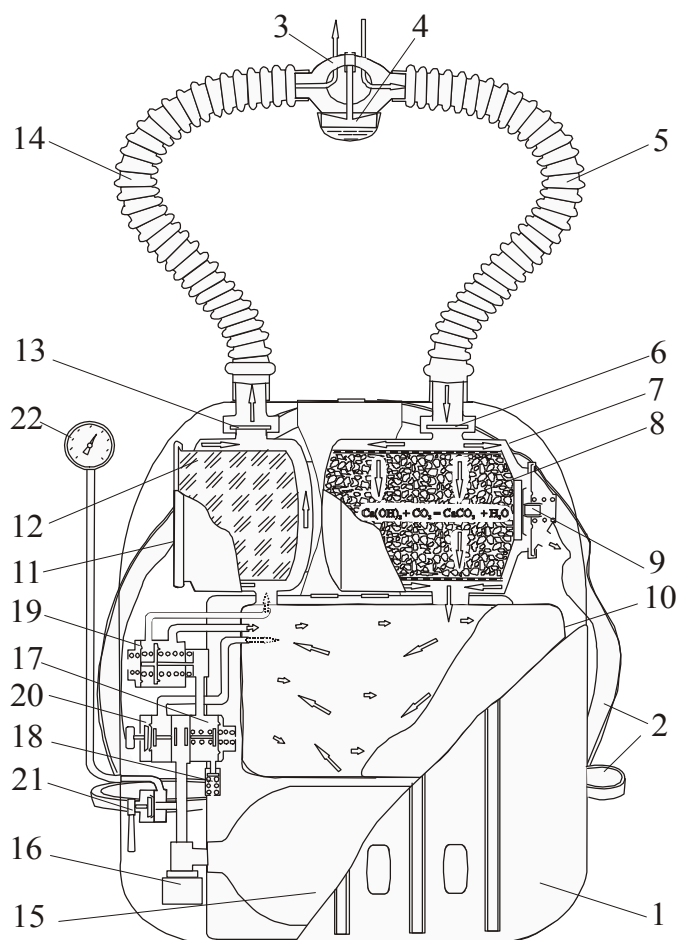


Рис. 3.20. Схема изолирующих регенеративных респираторов Р-30 и Р-34:

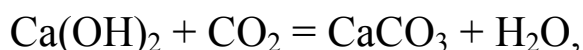
⇐⇒ выдыхаемый воздух; ⇐⇒ выдыхаемый воздух после экзотермической реакции поглощения углекислого газа; ➔ - постоянная подача кислорода; ➤ - подача кислорода при срабатывании легочного автомата; ➤ - аварийная (принудительная) подача кислорода с помощью кнопки байпаса, обновление (регенерации) выдыхаемого воздуха; ➤ - обогащенный и охлажденный вдыхаемый воздух; ⇐⇒ - избыточный воздух

Респираторы Р-30 и Р-34 имеют одинаковые главные конструктивные элементы и принцип работы. Респираторы в рабочем положении размещаются на спине. Основные узлы воздухопроводной и кислородоподающей систем респиратора расположены в дюралюминиевом ранце 1 с подвесной и амортизирующей системой ремней 2.

Воздуховодная система респираторов состоит из соединительной коробки 3, слюноудаляющего насоса - резиновой груши 4, шланга выдоха 5, клапана выдоха 6, регенеративного патрона 7, снаряженного известковым поглотителем 8, избыточного клапана 9, дыхательного мешка 10, холодильника 11 с охлаждающим элементом - брикетом водяного льда 12, клапана вдоха 13 и шланга вдоха 14. Соединительная коробка обеспечивает возможность быстрого присоединения лицевой части, в качестве которой может быть использовано мундштучное приспособление либо дыхательная маска «Меди» с панорамным стеклом и разговорной мембраной.

Кислородоподающая система состоит из кислородного баллона 15 с запорным вентилем 16, к которому подсоединен кислородораспределительный блок, состоящий из редуктора 17 с предохранительным клапаном 18, легочного автомата 19, аварийного клапана (байпаса) 20 и перекрывного вентиля 21 капиллярной трубки с манометром 22.

Принцип работы респираторов заключается в следующем. Выдыхаемый человеком воздух, через лицевую часть, соединительную коробку 3, шланг выдоха 5, клапан выдоха 6 поступает в регенеративный патрон 7. В регенеративном патроне происходит экзотермическая химическая реакция поглощения диоксида углерода (углекислого газа) известковым поглотителем, сопровождающаяся увлажнением воздуха выделяющейся водой (что является положительным моментом) и выделением тепла приводящего к нагреванию воздуха (что является отрицательным моментом).



Из регенеративного патрона выдыхаемый воздух поступает в дыхательный мешок 10 (где воздух обогащается кислородом поступающим из кислородоподающей системы). Избыток воздуха удаляется через избыточный клапан 9 регенеративного патрона 7.

При вдохе воздух из дыхательного мешка проходит через холодильник 11 (где охлаждается) и через клапан вдоха 13, шланг вдоха 14, соединительную коробку 3 и через лицевую часть поступает в легкие.

Движение воздуха в воздухопроводной системе осуществляется в одном направлении по кругу за счет срабатывания клапанов вдоха и выдоха. Потому респираторы Р-30 и Р-34 относятся к изолирующим дыхательным аппаратам с закрытой системой дыхания и круговой циркуляцией воздуха.

В кислородоподающей системе респираторов применена комбинированная подача кислорода в воздухопроводную систему:

- постоянная в количестве 1,3-1,5 л/мин, достаточного для физической нагрузки средней тяжести (осуществляется через редуктор 17 и дозирующее отверстие при включении в респиратор и открытия вентиля 9);

- легочно-автоматическая в количестве 60-100 л/мин при выполнении тяжелой физической работы (осуществляется через редуктор 17 и легочный автомат 19, срабатывающий автоматически за счет разряжения в воздухопроводной системе при рефлекторном глубоком вдохе);

- через аварийный клапан (байпас) в количестве 100-300 л/мин, применяется при выходе из строя редуктора или легочного автомата и периодической продувки воздухопроводной системы с целью предотвращения скопления азота (осуществляется в обход редуктора 17 путем нажатия на кнопку байпаса 20).

| Техническая характеристика респираторов  | Р-30        | Р-34        |
|--|-------------|-------------|
| Срок защитного действия, ч   | 4           | 2           |
| Запас кислорода, л   | 400         | 200         |
| Масса химвсаспитателя ХП-И, кг   | 1,7         | 1,7         |
| Масса охлаждающего элемента, кг  | 0,75        | 0,75        |
| Полезная емкость дыхательного мешка, л   | 4,5         | 4,5         |
| Габаритные размеры, мм   | 450x375x165 | 460x340x140 |
| Масса в снаряженном виде без лицевых частей, охлаждающего элемента и крышки холодильника, кг | 11          | 9           |



Изолирующий респиратор Р-35 (рис.3.21) предназначен для индивидуальной защиты органов дыхания человека от воздействия непригодной для дыхания газовой среды при выполнении аварийно-спасательных работ в шахтах.



Рис.3.21. Изолирующий респиратора Р-35

Он состоит из воздухопроводной и кислородоподающей систем, основные узлы которых помещены в ранец. В респираторе применен щелочной регенеративный патрон однократного действия. При необходимости используется холодильник, снаряженный ОЭ из водяного или углекислотного льда.

Снабженный щелочным поглотителем диоксида углерода респиратор Р-35 обеспечивает более комфортные условия дыхания.

Основным недостатком респиратора Р-35 является необходимость замены регенеративного патрона после применения респиратора.

#### Техническая характеристика Р-35

|  |             |
|--|-------------|
| Время защитного действия при работе средней тяжести, ч, не менее | 4,0         |
| Запас кислорода в баллоне, дм <sup>3</sup> , не менее            | 400         |
| Постоянная подача кислорода, дм <sup>3</sup> /мин                | 1,3...1,5   |
| Тип регенеративного патрона щелочной однократный                 |             |
| Полезная вместимость дыхательного мешка, дм <sup>3</sup>         | 4,5         |
| Габариты, мм   | 460x390x175 |
| Масса снаряженного респиратора, кг, не более                     | 12,0        |

В новом отечественном респираторе Р-40Е (рис. 3.22) с учетом европейских требований безопасности осуществляется

автоматическая «промывка» кислородом воздуховодной системы при каждом включении.

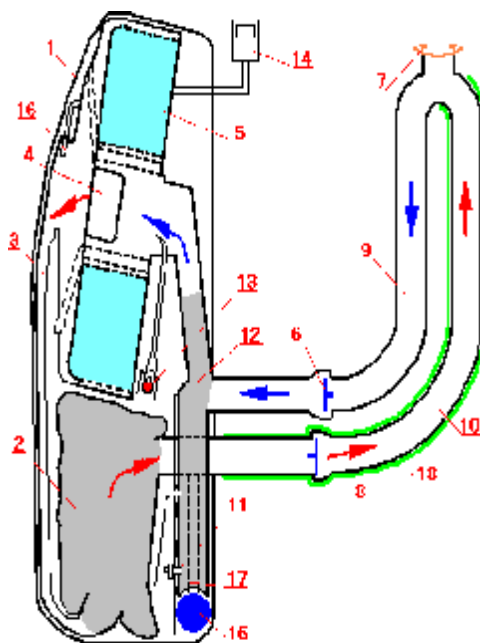


Рис.3.22. Респиратор Р-40Е

Он имеется новый, более надежный моноблок и возможно подключение к респиратору при необходимости второго человека.

При работе в зоне повышенных температур используется холодильник с брикетами льда. Многолетняя эксплуатация показала их высокую надежность.

Однако сравнительные испытания свидетельствуют, что респираторы с химически связанным кислородом массой, меньшей массы аппаратов со сжатым кислородом (при таком же ВЗД), обеспечивают более комфортные условия дыхания за счет осушения регенерируемого воздуха, что приводит к снижению эквивалентной температуры вдыхаемого воздуха и «сжиганию» продуктов метаболизма в регенеративном патроне. Более низкая, чем в Р-30, эквивалентная температура вдыхаемого воздуха обуславливает съем тепловой нагрузки с организма пользователя при работе в зоне повышенных температур. И если бы горноспасатели на шахте «Краснолиманская» работали бы в респираторах типа РХ-4, то тепловых ударов со смертельным исходом, которые произошли в 2004 году, удалось бы избежать.

Респиратор Р-40Е предназначен для индивидуальной защиты органов дыхания человека от воздействия непригодной для дыхания газообразной среды при аварийно-спасательных и технических

работах в угольных шахтах и в других отраслях промышленности в особо тяжелых условиях при высокой температуре окружающей среды, в том числе при использовании противотепловой одежды, а также для использования при нормальной температуре. Респиратор обеспечивает защиту органов дыхания человека в среде:  $CO \leq 10\%$ ;  $SO_2 \leq 1\%$ ;  $NO_2 \leq 1\%$ ;  $CO_2 = 0 \div 100\%$ ;  $CH_4 = 0 \div 100\%$ .

Респиратор Р-40Е состоит из корпуса 1, мешка вдоха 2, теплообменника 3, пускового брикета 4, регенеративного патрона 5, клапана выдоха 6, лицевой части 7, клапана вдоха 8, шланга выдоха 9, шланга вдоха 10, избыточного клапана 11, мешка выдоха 12, пускового устройства 13, индикатора 14, баллона 15, термодатчика 16, рычажной системы 17 и теплозащитного чехла 18.

За более чем полувековую историю разработано несколько моделей таких респираторов, но только РХС стал первым серийно выпускаемым аппаратом. Его нормированное ВЗД составляет не менее 120 мин, масса 9 кг. Создание РХС стало возможно благодаря регенеративному патрону с развернутым слоем, который на протяжении многих лет постоянно модернизировали.

Респиратор РХС (рис.3.23) предназначен для индивидуальной защиты органов дыхания человека от воздействия непригодной для дыхания газообразной среды при аварийно-спасательных и других технических работах в угольных шахтах и карьерах при высокой температуре окружающей среды, в том числе при использовании противотепловой одежды, а также для использования при нормальной температуре.

Он состоит из загубника 1, шланга выдоха 2, клапана выдоха 3, воздуховода 4, регенеративного патрона 5, теплообменника 6, дыхательного мешка 7, избыточного клапана 8, растяжки 9, штуцера заливки воды 10, пускателя 11, клапана вдоха 12, шланга вдоха 13, увлажнителя 14.

Респираторы РХС имеют следующие преимущества:

- меньшие габариты и массу по сравнению с респиратором со сжатым кислородом Р-30, позволяют легче и свободнее выполнять аварийно-спасательные работы в лавах крутого падения и в тесных выработках;

- панорамные маски не запотевают вследствие малой влажности вдыхаемого воздуха;

- воздух ощущается как прохладный;

- восстановление после работы в РХС наступает намного быстрее.

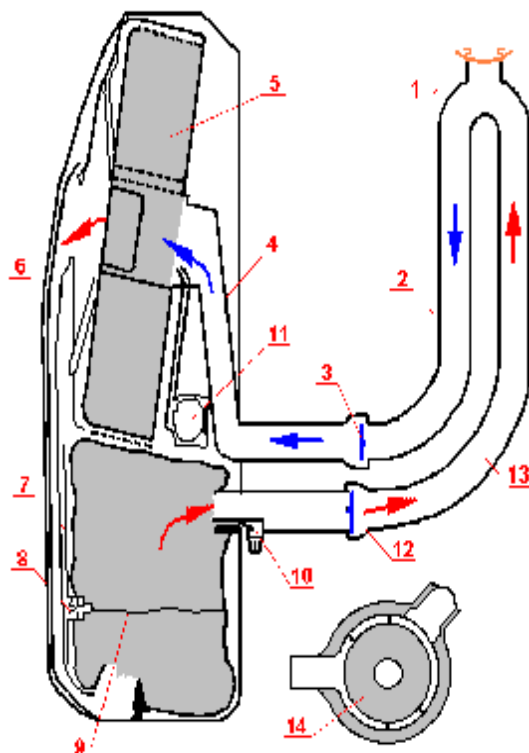


Рис.3.23. Респиратор РХС

Несмотря на столь очевидные преимущества, респираторы РХС находились на вооружении горноспасателей ГВГСС только два года и сняты по ряду объективных и субъективных причин. К объективным причинам следует отнести: отсутствие индикатора отработки регенеративного патрона; затруднение дыхания при случайной потере дыхательного объема; недопустимость перерывов в работе более 30 мин; незащищенность лица горноспасателя от воздействия агрессивной среды. Субъективные причины - некачественное изготовление отдельных узлов заводом-производителем.

Большинство этих проблем частично или полностью решены в разработанных в последние годы в НИИГД и ПБ «Респиратор» респираторах РХ-4Е и РХ-4П. Два дыхательных мешка, регенеративный патрон с развернутым слоем, теплообменник, тепловлагообменник или увлажнитель создают комфортные условия дыхания по температуре, влажности и сопротивлению дыханию.

Панорамная маска, наличие цифрового или светового индикатора отработки регенеративного патрона, устройство дополнительной подачи воздуха или кислорода повышают безопасность респираторов и коэффициент их защиты. Аппараты для расширения их тактических возможностей можно комплектовать регенеративными патронами.

Масса снаряженного респиратора с двухчасовым патроном 11 кг, с четырехчасовым 12 кг, нормированное ВЗД 120 и 240 мин, фактическое 150 - 180 мин и 240 - 270 мин соответственно. Важное преимущество респираторов с химически связанным кислородом - экономичность его расхода, вследствие чего ВЗД при нахождении пользователя в состоянии покоя увеличивается до 24 ч и более - абсолютный рекорд среди автономных аппаратов.

При разведке в ходе ведения аварийно-спасательных работ, длительность которых ввиду непредвиденных обстоятельств может превысить ВЗД основного респиратора, и для помощи пострадавшим, а также в качестве вспомогательного респиратора для оснащения членов горноспасательных команд шахт предназначен резервный аппарат АР-1 (рис.3.24) с рекордным удельным ВЗД 28 мин/кг, что почти в 1,5 раза выше, чем у респираторов со сжатым кислородом, и в 5 - 6 раз выше, чем у аппаратов со сжатым воздухом.



Рис.3.24. Внешний вид резервного аппарата АР-1

Респираторы РХ-4П находятся на оснащении пожарной охраны г. Киева с 2000 г. Они размещены в двух пожарных частях и предназначены для тушения сложных пожаров на химических предприятиях, в метро и т. д. В настоящее время завершена подконтрольная эксплуатация респиратора РХ-4Е горноспасателями оперативного ВГСО и 1-го ВГСО. Опыт работы респираторов РХ-4П, отзывы горноспасателей, высказанные при их обучении, свидетельствуют, что респираторы с химически связанным кислородом просты по конструкции и в обслуживании, надежны в эксплуатации и необходимы аварийно-спасательным формированиям для выполнения длительных, тяжелых работ, особенно в зоне высоких температур. Эти положительные качества респираторов с химически связанным кислородом позволяли неоднократно занимать призовые места на Всемирных соревнованиях горноспасателей. Варьируя объем дополнительного баллона с воздухом, можно изменять эксплуатационные характеристики респиратора, например, ограничивать объемное содержание кислорода во вдыхаемом воздухе. В респираторе РХВ осуществляется постоянная подача воздуха в мешок вдоха, в РХА она зависит от частоты дыхания. Максимальную объемную долю кислорода при очень тяжелой работе можно снизить до 50 % , а среднее значение ВЗД - до 35 %. Гарантированное ВЗД обоих респираторов 120 мин при массе 12,3 кг для РХВ и 12,7 кг для РХА. Зарубежные респираторы с пониженным содержанием кислорода (например, «Drager», «Tramix») по массогабаритным характеристикам, комфортности дыхания не превосходят РХВ и РХА.

Зарубежный респиратор BioPak 240 (рис.3.25) – изолирующий замкнутого типа дыхательный аппарат («Neutronics», США). Основная часть выдыхаемого воздуха используется повторно. Кислородный баллон обеспечивает подпитку кислородом выдыхаемый воздух. Пользователь вдыхает воздух, прошедший через холодильник, заправленный силиконом хладагента. Выдыхаемый воздух проходит через абсорбент диоксида и в дыхательный мешок, где из кислородного баллона добавляется кислород. Пополненный воздух теперь пригоден для следующей ингаляции.

Пружинная диафрагма в дыхательном мешке поддерживает положительное давление в системе. Если ингаляция пользователя полностью исчерпывает объем дыхательного мешка, клапан со

свободным потоком автоматически поставляет (снабжает) дополнительную требуемую часть кислорода. Если выдох пользователя заставляет диафрагму полностью расширяться, избыточный воздух выходит через клапана помощи (облегчения).



Рис. 3.25. Внешний вид респиратора BioPak 240 (США)

Громкий звуковой сигнал (свист) сигнализирует, когда в баллоне остается 20÷25% кислорода от общего объема. В случае критических ситуаций возможно использование ручной подачи кислорода в дыхательную систему респиратора.

Респиратор BioPak 240 (рис. 3.26) – изолирующий дыхательный аппарат.

Респиратор BioPak 240 состоит из лицевой маски 1, клапана вдоха 2, шланга вдоха 3, холодильника 4, вставки силиконового

хладагента 5, дыхательной диафрагмы 6, дыхательного мешка 7, одностороннего клапана облегчения дыхания 8, пружины диафрагмы 9, аварийного клапана 10, сигнализации контроля кислорода 11, манометра редуцированного давления 12, переговорного устройства 13, клапана выдоха 14, шланга выдоха 15, патрона с абсорбентом диоксида 16, регулятора потока 17, клапана регулятора потока 18, редуктора 19, кислородного баллона 20, манометра давления в баллоне 21, вентиля баллона 22

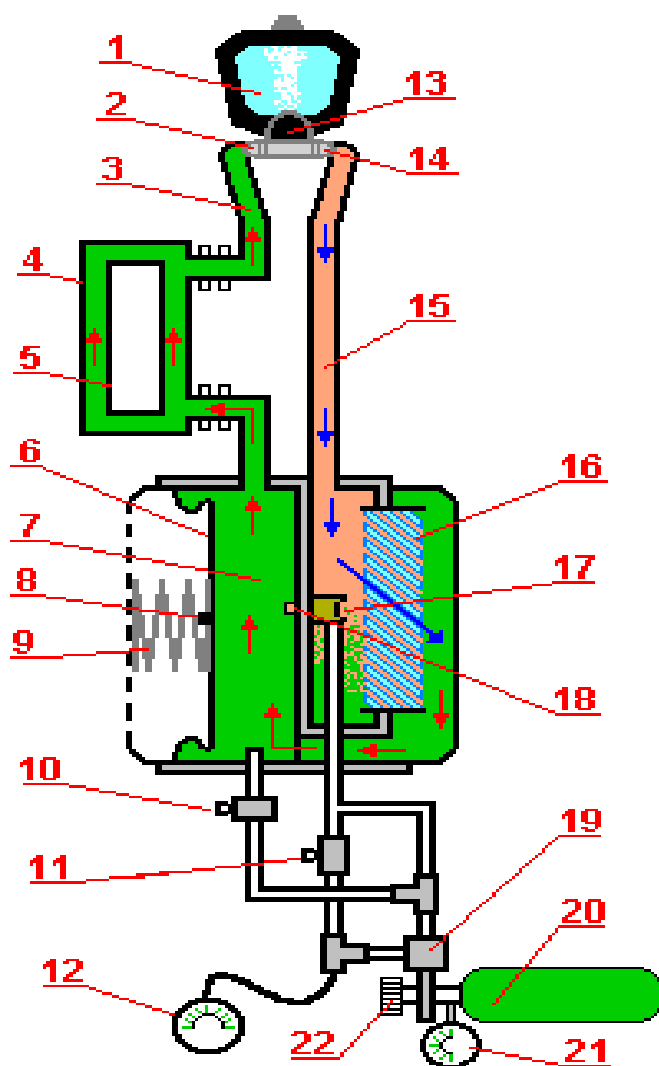


Рис. 3.26. Устройство респиратора BioPak 240

Несмотря на преимущества, респираторы с химически связанным кислородом не получили широкого распространения вследствие высоких эксплуатационных расходов, связанных с одноразовостью регенеративного патрона. Поэтому в НИИГД и ПБ «Респиратор» при



разработке респираторов по заказу Минуглепрома Украины снижению эксплуатационных затрат было уделено должное внимание. Все технические решения проверяют на экспериментальном образце.

Арсенал средств защиты органов дыхания человека, разработанных НИИГД и ПБ «Респиратор», не уступающий мировым аналогам, позволяет надежно защитить горнорабочих и горноспасателей при возникновении среды, непригодной для дыхания, улучшает условия труда и повышает его безопасность.

**Устройства аварийного воздухоснабжения.** Устройства аварийного воздухоснабжения «Воздух-1», «Воздух-2» (рис.3.27) и «Воздух-3» (рис.3.28) применяются на шахтах опасных по внезапным выбросам угля и газа имеющих пневмоэнергию.



Рис. 3. 27. Устройства индивидуального аварийного воздухоснабжения: а) - «Воздух-1» и б) - «Воздух-2»

Устройства индивидуального аварийного воздухоснабжения «Воздух-1» и «Воздух-2» устанавливаются на воздухоподающих шлангах отбойных молотков, пневмосверл или другого пневматического оборудования.

В аварийной обстановке устройство «Воздух-1» включается поворотом головки против часовой стрелки до упора, после чего из выпускного отверстия начинает поступать сжатый воздух.

Конструкция устройства «Воздух-2» позволяет быстро отсоединить пневмоинструмент от воздухоподающего шланга с последующим использованием для дыхания сжатого воздуха, поступающего по этому шлангу.

Устройство группового аварийного воздухоснабжения «Воздух-3» рассчитано на обеспечение воздухом одновременно трех человек и устанавливается в опережающей части откаточных и вентиляционных штреков и через 50 м по откаточному штреку на расстоянии 200 м позади лав. Устройство состоит из коллектора сжатого воздуха, трех раструбов для дыхания, штуцера для

подключения устройства с помощью гибкого резинового шланга к магистральному трубопроводу и кронштейна для крепления на стенке выработки. Включение устройства осуществляется путем поворота раструба (раструбов) вверх на 90°.

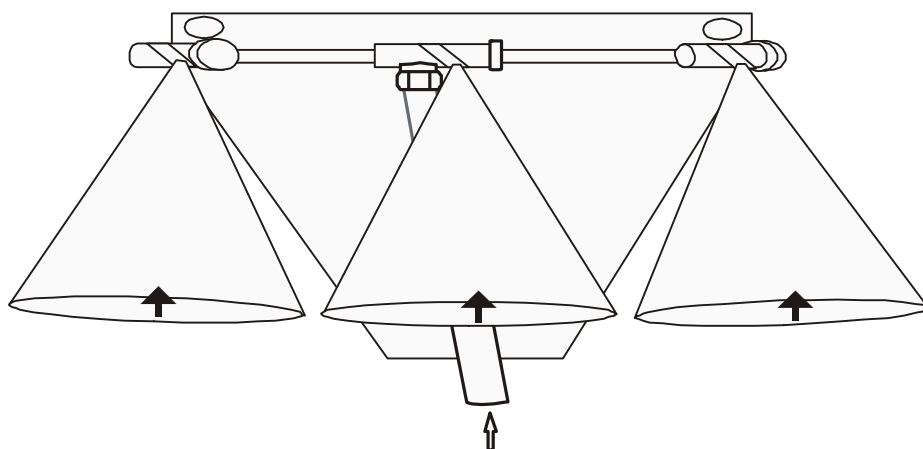


Рис.3.28. Устройство группового аварийного воздухообеспечения «Воздух-3»

Кроме применения указанных устройств аварийного жизнеобеспечения очистные участки выбросоопасных пластов, использующие пневматическую энергию, должны быть оборудованы трубопроводами сжатого воздуха, подведенными со стороны откаточного и вентиляционного горизонтов. На крутых пластах в потолкоуступных забоях эти трубопроводы должны быть соединены (закольцованы). В лавах крутых пластов с потолкоуступной формой забоя в каждом уступе должны быть оборудованы отводы от магистрали сжатого воздуха с переключателями. В лавах пологих пластов должен быть проложен магистральный шланг сжатого воздуха с 3-5-ти отводами с переключателями.

### ***Коллективные (групповые) средства защиты людей при авариях***

Высокая аварийность и травматизм на угольных шахтах Украины вынуждает искать новые способы и средства для уменьшения трагических последствий, связанных с возникновением среды, непригодной для дыхания.

Анализ показывает, что существующая система самоспасения горнорабочих с использованием только самоспасателей типа ШСС-1 не может обеспечить в достаточной степени безопасность людей при

возникновении в горных выработках среды, непригодной для дыхания. Это связано с увеличением длины аварийных маршрутов выхода на свежую струю, их сложностью и, следовательно, энергоемкостью.

Для повышения безопасности горнорабочих на шахтах Украины, как уже отмечалось, внедряется многоступенчатая система самоспасения, учитывающая разнообразие условий разработки угольных месторождений, степень безопасности шахт, профессию, расположение рабочих мест шахтеров и другие факторы. Эта система предусматривает применение различных типов самоспасателей, способы проветривания горных выработок и размещение в них дополнительно коллективных (групповых) средств защиты.

К групповым средствам защиты органов дыхания людей при авариях относятся передвижные спасательные пункты ПСП, ПСПМ, ППС и ППРС, аппараты групповой защиты органов дыхания АД-180 и АД-360, аппарат спасательный передвижной АСП.

Одним из первых групповых средств, внедренных на угольных шахтах, является переносной спасательный аппарат ПСА (рис.3.29).

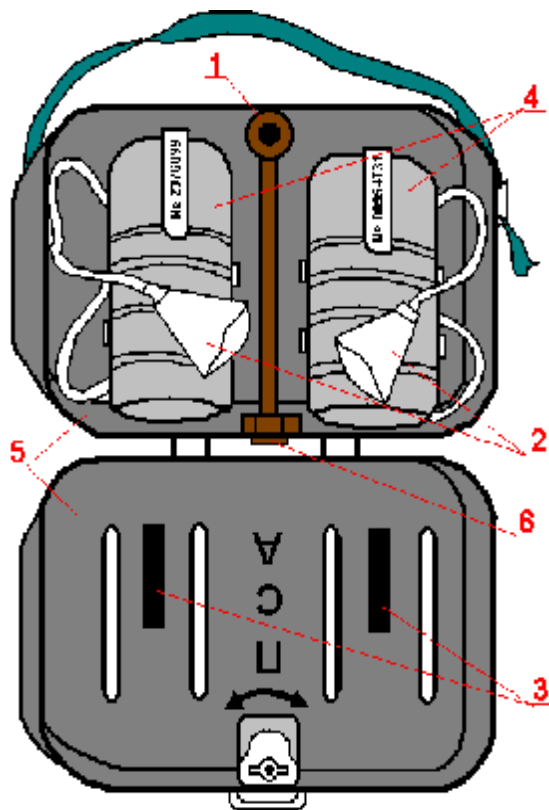


Рис. 3.29. Переносной спасательный аппарат ПСА

Переносной спасательный аппарат ПСА предназначен:

- для обеспечения самоспасателями горнорабочих при истечении срока защитного действия личных самоспасателей или при отсутствии их на рабочем месте в момент возникновения аварии;

- для обеспечения дыхания горнорабочих сжатым воздухом, когда во время аварии (выброс, взрыв) целесообразнее переждать в зоне аппарата до восстановления нормальной вентиляции.

Он состоит из регулирующего клапана воздухопроводов 1, эластичных раструбов 2, уплотнительных резинок 3, изолирующих самоспасателей ШСС-1 4, переносного металлического футляра 5 и ввода для подсоединения к шахтной пневматической сети 6.

Передвижные пункты переключения в резервные самоспасатели ПСП, ПСПМ, ППС и ППРС, применяются для следующих целей:

- переключения из отработавших свой ресурс личных самоспасателей в резервные для выхода на свежую струю на протяженных маршрутах выхода;

- включения в резервные самоспасатели в случае невозможности использовать личные самоспасатели;

- обеспечения воздухом для дыхания до нормализации проветривания или прихода горноспасателей;

- обеспечение двухсторонней связи с диспетчером шахты.

Места установки спасательных пунктов для переключения в резервные самоспасатели определяются на основании расчета длительности выхода из аварийного участка на свежую струю и учета времени защитного действия самоспасателей. На шахтах опасных по внезапным выбросам угля и газа спасательные пункты устанавливаются в подготовительных выработках на расстоянии 40-50 м от забоя и на откаточном и вентиляционном штреках на расстоянии не далее 50 м от лавы.

В ПСП (рис.3.30) находится 12 изолирующих самоспасателей ШСС-1 (ШС-7М) и воздухораспределительная система, размещенные в металлическом шкафу размерами 1418x33x736 мм. Воздухораспределительная система состоит из баллона со сжатым воздухом, редуктора, четырех легочных автоматов, воздухопроводов к двум полумаскам и двум загубникам. Подача воздуха к воздухопроводам автоматическая при открывании двери пункта. На стенке пункта крепится телефон.

При потреблении воздуха одновременно 4-мя шахтерами время защитного действия 70 мин. Баллон вместимостью 32 дм<sup>3</sup>, давление воздуха 15 МПа, объем воздуха - 4,8 м<sup>3</sup>. Масса ПСП в снаряженном виде 192 кг.

Пункт ПСПМ (рис.3.31) имеет то же назначение, что и ПСП, только в пункте ПСПМ обеспечение воздухом предусмотрено из шахтной пневматической сети. Для очистки сжатого воздуха установлен фильтр-отстойник, к которому через легочные автоматы подсоединяются четыре воздуховода, причем два снабжены загубником, а два - полумасками с переговорными устройствами (мембраны).

Поэтому при наличии в шахтной пневматической сети сжатого воздуха время защиты четырех человек практически не ограничено. Подача воздуха осуществляется автоматически при открывании дверцы шкафа, имеющего те же размеры, что и пункт ПСП. В пункте ПСПМ хранятся 15 резервных самоспасателей ШСС-1.

В настоящее время в НИИГД и ПБ «Респиратор» разработана новая конструкция спасательного пункта переключения в резервные самоспасатели ППС (рис.3.32).

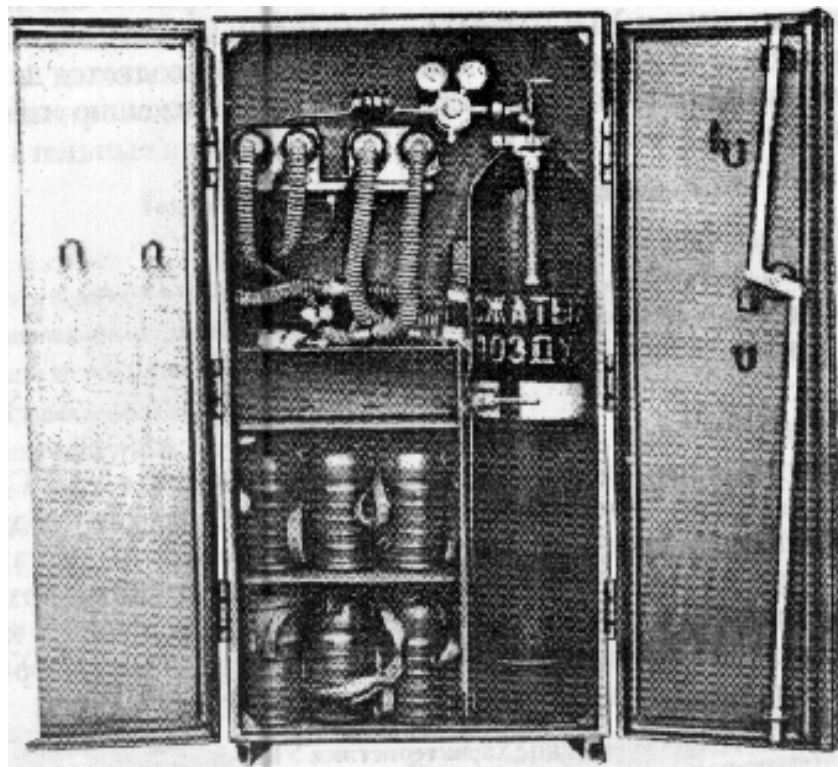


Рис. 3.30. Пункт спасательный передвижной ПСП

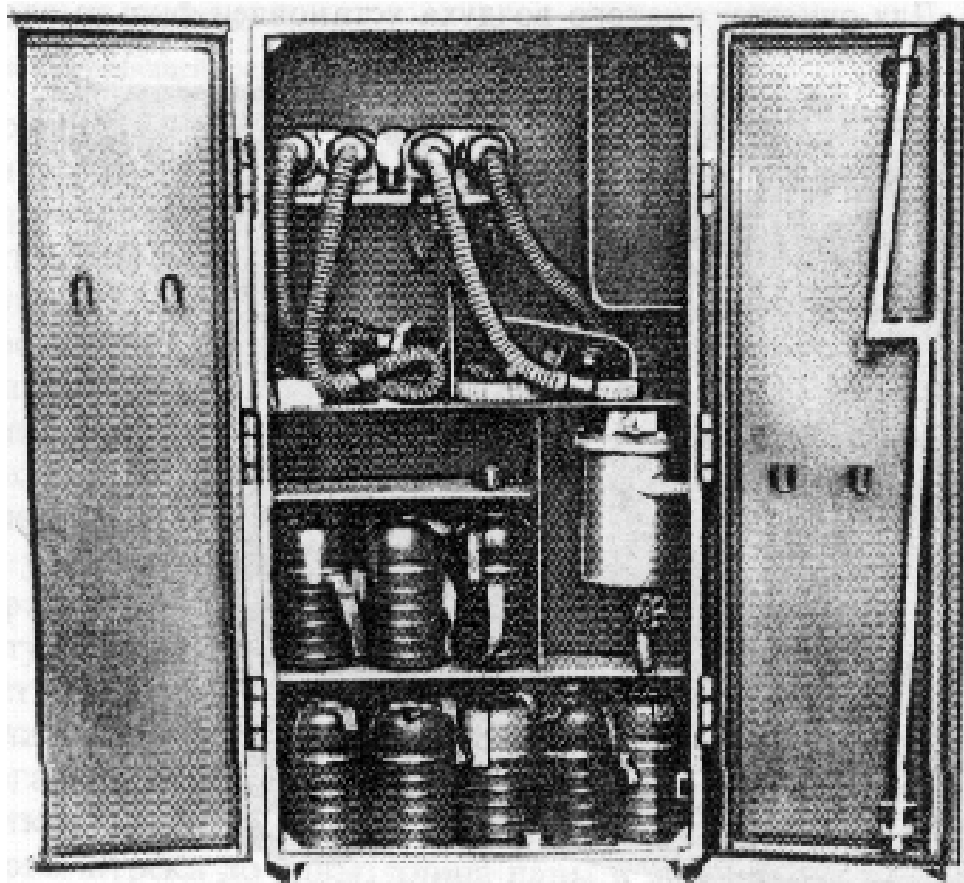


Рис.3.31. Пункт спасательный магистральный ПСПМ



Рис. 3.32. Пункт переключения в резервные самоспасатели ППС

## Техническая характеристика

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Время защитного действия при включении 6 человек, мин, не менее ..... | 90                    |
| Количество воздухопроводов, шт. ....                                  | 6                     |
| Количество самоспасателей ШСС-1У, ШСС-1П, шт., не менее .....         | 15                    |
| Вместимость дыхательного мешка, дм <sup>3</sup> , не менее .....      | 15                    |
| Температура окружающей среды, °С .....                                | от минус 5 до плюс 40 |
| Габариты, мм, не более . ....   | 1500x800x500          |
| Масса пункта (с самоспасателями), кг, не более .....                  | 150                   |
| Срок службы (с заменой отдельных узлов), лет, не менее.....           | 10                    |

Пункт ППС предназначен:

- для переключения горняков из самоспасателей с истекающим ВЗД в резервный самоспасатель на длинных аварийных маршрутах;
- для включения горняков в самоспасатели, находящиеся в пункте ППС, при отсутствии у них собственных самоспасателей в аварийной обстановке;
- для обеспечения горняков пригодным для дыхания воздухом, когда по аварийной ситуации целесообразно переждать в зоне пункта ППС до восстановления нормальной вентиляции или поступления посторонней помощи.

Пункт ППС имеет звуковую и световую сигнализацию, обеспечивающую возможность легкого поиска его месторасположения в аварийной выработке.

Аналогов в Украине и зарубежных странах пункт ППС не имеет. Предусматривается использование в системе комплексной безопасности шахт УТАС.

Использование пунктов ППС в шахтах обеспечивает повышение безопасности людей при подземных авариях.

В России разработан пункт переключения в резервные самоспасатели ППРС несколько другой конструкции.

Он предназначен для исключения воздействия вредных факторов рудничной атмосферы (пониженной концентрации кислорода в воздухе, повышенной концентрации вредных аэрозолей в воздухе) при переключении работников шахт в резервные самоспасатели в аварийных ситуациях.

ППРС применяется на шахтах угольной промышленности в отдаленных рабочих зонах, выход из которых при авариях в



безопасное место не обеспечивается ВЗД. Кроме этого, он может применяться в качестве передвижного спасательного пункта в других отраслях промышленности, где существует угроза возникновения аварийной ситуации с образованием атмосферы непригодной для дыхания.

ППРС (рис. 3.33) представляет собой металлическую конструкцию, состоящую из модулей трех типов – двух концевых и промежуточного.



Рис. 3.33. Пункт переключения в резервные самоспасатели ППРС



Количество промежуточных модулей определяется исходя из численности самой многочисленной смены, работающей на потенциально опасном участке. Модули между собой соединяются герметично, концевые модули имеют герметично закрывающиеся двери. Концевые модули ППРС служат как для переключения в резервный самоспасатель, так и для входа (входной модуль) и выхода (выходной модуль).

В каждом модуле имеются ячейки для резервных самоспасателей, емкость для использованных самоспасателей, источник свежего воздуха (баллон объемом 40 л).

В модулях на уровне головы человека установлены камеры обдува, открытые с фронтальной стороны, каждая из которых соединена с источником свежего воздуха через кран, открывающийся ножным приводом (педалью).

#### Техническая характеристика ППРС

|  |                |
|--|----------------|
| Количество самоспасателей в одном модуле, шт             | 10-15          |
| Количество баллонов сжатого воздуха в одном модуле, шт   | 1              |
| Объем запаса воздуха в одном баллоне, м <sup>3</sup> (л) | 6,3 (6300)     |
| Давление сжатого воздуха в баллоне, МПа                  | 20             |
| Расчетное количество воздуха на одного человека, л       | 300            |
| Время переключения в резервный самоспасатель, с          | 40             |
| Коэффициент запаса воздуха                               | 1,5-2          |
| Расчетное количество переключений в одном модуле         | 10-15          |
| Время заполнения камеры обдува дыхательной смесью, с     | 8              |
| Избыточное давление в камере обдува, МПа, не менее       | 0,0001         |
| Количество человек одновременно переключающихся в модуле | 1              |
| Габаритные размеры модуля, мм                            | 2000x1200x1400 |
| Масса (без баллонов для сжатого воздуха), кг             | 320            |

На шахтах, опасных по внезапным выбросам угля, газа и породы, на путях выхода из длинных тупиковых выработок (в 40-50 м от забоя) или из удаленных выемочных участках устанавливаются аппараты групповой защиты органов дыхания АД-180 (рис.3.34) или АД-360. Аппараты работают автономно с использованием химически связанного кислорода. К аппарату подключаются при невозможности выхода из аварийного участка вследствие перекрытия сечения

выработки выброшенным углем (породой). Воздуховодная система состоит из регенеративного патрона с надпероксидом калия ОКЧ-2, клапана безопасности, дыхательного мешка, коллекторов вдоха и выдоха с клапанами и воздуховодов с загубниками. В аппарате осуществляется замкнутый цикл дыхания.

Выдыхаемый воздух поступает в регенеративный патрон, где поглощаются влага и диоксид углерода  $CO_2$  и выделяется кислород. Из патрона воздух, отжимая клапан безопасности, поступает в дыхательный мешок. При вдохе воздух, обогащенный кислородом, поступает из дыхательного мешка в коллекторы вдоха и далее по воздуховодам – к дыхательным органам включенных в аппарат горняков.

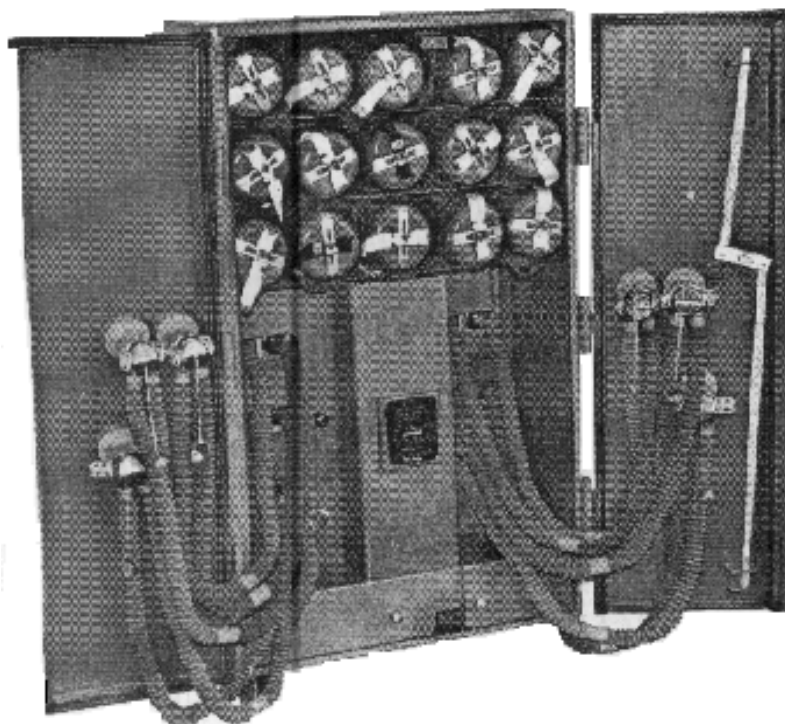


Рис.3.34. Аппарат групповой защиты органов дыхания АД-180

#### Техническая характеристика АД-180

|  |              |
|--|--------------|
| Время защитного действия при включении<br>шести человек, мин   | 180          |
| Количество воздуховодов, шт                                    | 6            |
| Количество резервных самоспасателей                            | 15           |
| Габары, мм   | 1243x736x350 |
| Масса (без самоспасателей), кг                                 | 85           |
| Температура окружающей среды в месте<br>установки аппарата, °С | 10...40      |

Эти аппараты наиболее просты по конструкции и имеют высокую надёжность. Их эксплуатационные и технологические недостатки: неудобство использования аппарата по назначению в аварийной экстремальной ситуации из-за близкого расположения лицевых частей, выполненных в виде загубников; сложность и, следовательно, дороговизна регенеративных патронов.

В настоящее время в НИИГД и ПБ «Респиратор» разработан пункт переключения АСП (аппарат спасательный передвижной), в котором устранены указанные недостатки.

Аппарат АСП (рис.3.35) представляет собой автономное коллективное средство защиты органов дыхания многократного действия.



Рис. 3.35. Аппарат спасательный передвижной (АСП)

Он предназначен для переключения горняков из самоспасателей с истекающим временем защитного действия в резервный самоспасатель на длинных маршрутах выхода, для включения горняков в самоспасатели при отсутствии у них собственных аппаратов в аварийной обстановке, для обеспечения горняков пригодным для дыхания воздухом, когда по аварийной ситуации целесообразно переждать в зоне пункта до восстановления нормальной вентиляции или поступления посторонней помощи.

Он состоит из корпуса в виде металлического контейнера сварной конструкции со скобами для переноски и крепления его в горной выработке; воздухопроводной системы, включающей дыхательный мешок с избыточным клапаном; гофрированных шлангов с клапанами, обеспечивающими круговую систему дыхания и шести загубников, закрепленных на внутренней поверхности створок двери; регенеративного патрона, снаряженного в качестве кислородсодержащего вещества надпероксидом калия (KO<sub>2</sub>); клапана безопасности и двух пусковых устройств. Корпус закрывается двумя створками двери с запорным устройством, допускающим опломбирование. Время защитного действия при легочной вентиляции 60 дм<sup>3</sup>/мин составляет 90 мин. Масса АСП с самоспасателями ШСС-1 в количестве 15 шт. не более 135 кг.

### Техническая характеристика

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Время защитного действия при включении 6 человек, мин, не менее ..... | 90                    |
| Количество воздухопроводов, шт. ....                                  | 6                     |
| Количество самоспасателей ШСС-1У, ШСС-1П, шт., не менее .....         | 15                    |
| Вместимость дыхательного мешка, дм <sup>3</sup> , не менее .....      | 15                    |
| Температура окружающей среды, °С .....                                | от плюс 10 до плюс 40 |
| Габариты, мм, не более .....  | 1200x750x400          |
| Масса пункта (без самоспасателей), кг, не более .....                 | 85                    |
| Срок службы (с заменой отдельных узлов), лет, не мене .....           | 10                    |

С местами расположения спасательных пунктов и правилами пользования ими должен быть ознакомлен весь производственный персонал соответствующего участка шахты. Все пункты должны быть нанесены на схему вентиляции шахты, прилагаемую к плану ликвидации аварий. В горных выработках в 20 м от пункта по обе стороны должны подвешиваться предупредительные таблички-указатели. Пункты должны устанавливаться на специальном деревянном помосте, подход к воздуховодам пункта не должен быть загроможден. По мере подвигания забоев пункты должны периодически переноситься.

### *Специальные камеры-убежища*

Камеры-убежища предназначены для защиты горнорабочих от воздействия вредных газов и соответственно от недостатка

кислорода в случае возникновения каких-либо аварий под землей, таких как пожар, взрыв, внезапный выброс породы, угля и газа и др.

При длинных выемочных столбах, когда выход горнорабочих на свежую струю воздуха не обеспечивается временем защитного действия самоспасателя ШСС-1 и размещением в горной выработке пункта переключения в резервные самоспасатели, необходимо применять специальные камеры-убежища. Камеры-убежища также необходимы для работы горноспасателей, которые проводят разведку и должны выводить из аварийного участка пострадавших. В этих камерах-убежищах горноспасатели могут оказать пострадавшим первую медицинскую помощь.

Существует два типа специальных камер-убежищ, применяемых в шахтах: передвижные и стационарные, которые различаются по конструкции и принципу защитного действия.

Передвижные камеры-убежища (ПКУ) производятся за рубежом в основном контейнерного типа и устанавливаются в горных выработках.

Стационарные камеры-убежища (СКУ) подразделяются на камеры-убежища контейнерного типа, устанавливаемые в горных выработках и камеры-убежища, оборудуемые в горных выработках.

За рубежом для спасения горнорабочих на выемочных участках большой протяженности предпочтение отдается передвижным и стационарным камерам-убежищам контейнерного типа, устанавливаемым в горных выработках. Они, как правило, могут быть демонтированы и вновь установлены на новом месте. При этом они транспортабельны для этого имеется возможность постоянно перемещать их вслед за горными работами. СКУ могут быть установлены или оборудованы в выработках шахты, например, в тупиковых выработках или местах уширения штреков. Их размещение предпочтительнее в выработках с длительным сроком службы.

Специальные камеры-убежища применяются в горнодобывающей промышленности многих стран мира: Австралии, Великобритании, Германии, Канады, Китая, Мексики, Перу, Польше, России, США, Чили, ЮАР и др.

Мировыми лидерами по производству и поставкам передвижных и стационарных камер-убежищ контейнерного типа на шахты многих стран мира являются Австралия, Германия, Канада и США. Они

производят различные по назначению камеры-убежища контейнерного типа: жестко-армированные, легко-армированные и надувные.

В 1985 году немецкая компания «Дрэгер Сэйфти» (Dräger Safety) разработала передвижную камеру-убежище контейнерного типа (рис.3.36)



Рис.3.36. ПКУ контейнерного типа компании «Дрэгер Сэйфти»

В экстремальных условиях (пожар, взрыв, внезапный выброс породы, угля и газа и др.) внутрь камеры подается воздух для дыхания и генерируется избыточное давление. Камера-убежище, в зависимости от условий применения, оборудуется сидениями для горнорабочих. Доступен широкий диапазон дополнительных возможностей ПКУ, включая поглощение  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  и кондиционирование шахтного воздуха.

Воздухообмен в ПКУ может осуществляться от сети или батарей баллонов сжатого воздуха, а также через вентиляционную скважину или от регенеративной установки с запасом сжатого воздуха или химически связанного кислорода. При использовании сжатого воздуха необходимо следить за тем, чтобы ПКУ постоянно находилась бы под избыточным давлением (не менее 50Па), чтобы воспрепятствовать проникновению вредных газов (продуктов горения). Так как не исключено заполнение камеры вредными газами

при входе в нее людей, перед снятием самоспасателей необходимо продуть камеру сжатым воздухом. Необходимое для этого время составляет до 5 мин, причём требуется подавать воздух в количестве 0,5 м<sup>3</sup>/мин на 1м<sup>3</sup> объёма камеры. Так, например, для ПКУ внутренним объемом 10м<sup>3</sup>, рассчитанной на 10 человек, требуется подача сжатого воздуха 5 м<sup>3</sup>/мин. После продувки расход воздуха должен быть отрегулирован таким образом, чтобы поддерживалось избыточное давление, и на одного человека поступало не менее 0,1 м<sup>3</sup>/мин свежего воздуха. При воздухообеспечении от регенерационной установки со сжатым или химически связанным кислородом требуется в любом случае исключить проникновение в ПКУ вредных газов, т.е. на входе должен быть устроен специальный шлюз.

В комплект технических средств оснащения ПКУ входят: изолирующие самоспасатели, респираторы, средства оказания первой помощи (перевязочный материал), телефонная и радиосвязь (в искробезопасном исполнении), газоопределитель химический ГХ с комплектом индикаторных трубок на СО и СО<sub>2</sub>, средства освещения, химические осветительные стержни и др.

Размеры ПКУ рассчитываются на максимально возможное количество работающих в забое людей, (на одного человека в сидячем положении 0,5 м<sup>3</sup>, в лежащем – 1,3 м<sup>3</sup>). С тем, чтобы при опасной ситуации объем подаваемого воздуха был наименьшим, следует, по-возможности, не превышать данных значений и ограничивать высоту камеры 1,8-2,0м.

Продолжительность пребывания людей в ПКУ от 8 до 96 часов (4 суток). Перемещение ПКУ по горным выработкам шахты осуществляется при помощи колесных пар, салазок и других приспособлений.

На ПКУ должны быть нанесены, хорошо распознаваемые обозначения. По возможности светоотражающей краской. Рефлектизирующий указательный знак должен быть установлен поперек оси выработки. Следует предусматривать наружную сигнализацию, включаемую в то время, когда в ПКУ находятся люди (пневматический свисток или цветной электрический светильник, которые включаются автоматически при подаче воздуха в камеру для дыхания людей).



Канадская компания «Rimer Alco North America» (RANA) основана в 1995 году после аварии на канадской шахте, когда погибло 38 человек. Эта авария подтолкнула компанию RANA производить и обеспечивать шахты передвижными и стационарными камерами-убежищами, оснащенными различными системами жизнеобеспечения.

В настоящее время мобильными камерами-убежищами «Томтукноскер» снабжаются шахты Канады, Австралии, Чили, Финляндии, Новой Гвинеи и России.

На рис. 3.37 показана одна из моделей ПКУ компании «Rimer Alco North America» (RANA)



Рис.3.37. Передвижная камера-убежище компании RANA



В настоящее время одним из мировых лидеров по производству и поставке передвижных и стационарных камер-убежищ контейнерного типа для угольных шахт является Западно-Австралийская фирма «MineARC Systems», основанная в 1999 году. Внутри стандартной камеры-убежища MineARC находится ряд жизненно важных систем жизнеобеспечения (СЖО), и в совокупности они создают безопасный и надежный текущий комфорт для людей, в том числе, обогащение кислорода, очистка от углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) и окиси углерода ( $\text{CO}$ ), искусственное охлаждение воздуха и цифровой газовый контроль. Компания «MineARC» производит и поставляет камеры-убежища на шахты более чем в 25 стран мира. Все камеры-убежища компании «MineARC» соответствуют самым высоким Международным стандартам.

На рис. 3.38 показана одна модель передвижной камеры-убежища фирмы «MineARC Electrical HRM» (Hard Rock Mine) Refuges. Модель HRM была разработана и создана в сотрудничестве с ведущими специалистами горнодобывающих компаний всего мира.



Рис.3.38. Передвижная камера-убежище фирмы «MineARC Systems»

Это автономное устройство, названное MARCis (MineARC Air Refuge Chamber - Intrinsically Safe), работает на жидком CO<sub>2</sub>, и является первым своего рода продуктом во всем мире.

В табл. 3.9. приведены технические характеристики для различных моделей типа MineARC HRM (Hard Rock Mine) Refuges

Таблица 3.9 – Технические характеристики передвижных камер-убежищ типа MineARC HRM (Hard Rock Mine) Refuges

| Модель            | Вместимость (чел.) | Высота (м/фут) | Ширина (м/фут) | Длина (м/фут) | Вес (кг/фунт) |
|-------------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| 4 HRM-PLP         | 4                  | 1.5/5'0"       | 1.8/5'11"      | 1.8/5'9"      | 1475/3212     |
| 4 HRM (6HRM-PL)   | 4 (6)              | 2.4/7'9"       | 2.3/7'6"       | 3.1/8'2"      | 2500/6700     |
| 8 HRM (10HRM-PL)  | 8 (10)             | 2.4/7'9"       | 2.3/7'6"       | 3.7/12'1"     | 3000/7800     |
| 12 HRM (14HRM-PL) | 12 (14)            | 2.4/7'9"       | 2.3/7'6"       | 4.9/16'0"     | 3600/9300     |
| 16 HRM (18HRM-PL) | 16 (18)            | 2.4/7'9"       | 2.3/7'6"       | 6.1/20'0"     | 4800/12500    |
| 20 HRM (18HRM-PL) | 20 (22)            | 2.4/7'9"       | 2.3/7'6"       | 7.4/24'3"     | 6000/15700    |
| 26 HRM (28HRM-PL) | 26 (28)            | 2.4/7'9"       | 2.3/7'6"       | 9.7/31'9"     | 7400/19210    |

Установка ПКУ на шахтах Австралии осуществляется в соответствии с планом ликвидации аварии. Камеры-убежища могут использоваться во всех выработках, чтобы создать так называемую «камерную сетку» достигаемую всеми горнорабочими в пешем порядке. Инструкции обычно устанавливают «безопасную дистанцию» между камерами.

Передвижная камера-убежище фирмы «MineARC Systems» выполнена из стально-листовой конструкции толщиной 5 мм, имеет 3 источника воздушного и кислородного обеспечения, систему очистки воздуха от CO<sub>2</sub> и CO, воздушное кондиционирование и влагопоглощение, жидкостные баллоны с минимальным 36 часовым жизнеобеспечением, обзорное окно, тыловой аварийный люк, жаростойкую конструкцию, эргономично спроектированное рассаживание людей, газовый контроль, поднимающие буксировочные крепления, нескользящий настил, туалет, внутренние и наружные огнетушители. Передвижение их по горным выработкам осуществляется на салазках.

Камеры-убежища типа MineARC Standard CoalSAFE предназначены для подземных угольных шахт с минимальной высотой 1,4 м. Камера может быть специально разработана для

клиентской спецификации, но, как правило, особенности конфигурации: 8, 12, 16, 20 и 24 человек (рис.3.39).



Рис. 3.39. Австралийские модели камер-убежищ типа MineARC Standard CoalSAFE (зверху- Standard (CS-54119), внизу - Low (CS-44119))

Благодаря инновационному дизайну, CoalSAFE в настоящее время является моделью камеры-убежища, включающей систему

очистки воздуха от CO<sub>2</sub> и CO, а также искробезопасную систему кондиционирования воздуха (хладагент R744).

Это автономное устройство, названное MARCis (MineARC Air Refuge Chamber - Intrinsically Safe), работает на жидком CO<sub>2</sub>.

В табл. 3.10 приведены технические характеристики этих камер-убежищ.

Таблица 3.10 – Технические характеристики передвижных камер-убежищ типа MineARC Standard CoalSAFE (Standard (CS-54119), Low (CS-44119))

| Модель   | Вместимость<br>(чел.) | Высота<br>(м/фут) | Ширина<br>(м/фут) | Длина<br>(м/фут) | Вес<br>(кг/фунт) |
|--|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| MineARC Standard CoalSAFE ( Standard (CS-54119)) |                       |                   |                   |                  |                  |
| CS-08-54118                                      | 8                     | 1.3/4'6"          | 3.0/9'11"         | 4.4/14'5"        | 11340/25000      |
| CS-12-54118                                      | 12                    | 1.3/4'6"          | 3.0/9'11"         | 5.6/18'5"        | 13150/29000      |
| CS-16-54118                                      | 16                    | 1.3/4'6"          | 3.0/9'11"         | 6.8/20'5"        | 14970/33000      |
| CS-20-54118                                      | 20                    | 1.3/4'6"          | 3.0/9'11"         | 8.0/26'4"        | 16330/36000      |
| MineARC Standard CoalSAFE (Low (CS-44119))       |                       |                   |                   |                  |                  |
| CS-12-44119                                      | 12                    | 1.1/3'8"          | 3.0/9'11"         | 4.1/13'5"        | 7711/17000       |
| CS-16-44119                                      | 16                    | 1.1/3'8"          | 3.0/9'11"         | 5.3/17'5"        | 9072/20000       |
| CS-20-44119                                      | 20                    | 1.1/3'8"          | 3.0/9'11"         | 6.5/21'5"        | 10430/23000      |
| CS-24-44119                                      | 24                    | 1.1/3'8"          | 3.0/9'11"         | 7.7/25'5"        | 10890/26000      |

Рекомендуемая установка камер-убежищ для моделей камер-убежищ MineARC Standard CoalSAFE показана на рис.3.40.

Руководящие инструкции и нормативные акты различаются в различных странах мира. Например, законодательство США определяет место для размещения камер-убежищ до 1000 футов (300 м.) от забоя (лавы, тупикового забоя) и в местах где горнорабочие не могут выйти из горных выработок за 60 минут.

На рис.3.41 показана надувная камера-убежище The Portable Fresh Air Bay, которая очень быстро разворачивается и обеспечивает свежий для дыхания воздух, укрывающимся горнякам под землей до 96 часов. Высокое давление сжатого воздуха надувает и заполняет бокс свежим воздухом. Кислородные баллоны и скруббер сохраняет свежий, пригодный для дыхания воздух внутри камеры. Она складывается и хранится во взрывоустойчивом контейнере из стали, названной The Strata Products Fresh Air Bay Skid. В The Portable Fresh Air Bay находятся газовые баллоны, скруббер и другие материалы,

которые хранятся как единое целое внутри Strata Products Fresh Air Bay Skid, обеспечивающие простоту мобильности.

При конфигурации столбовой системы разработки длинными столбами

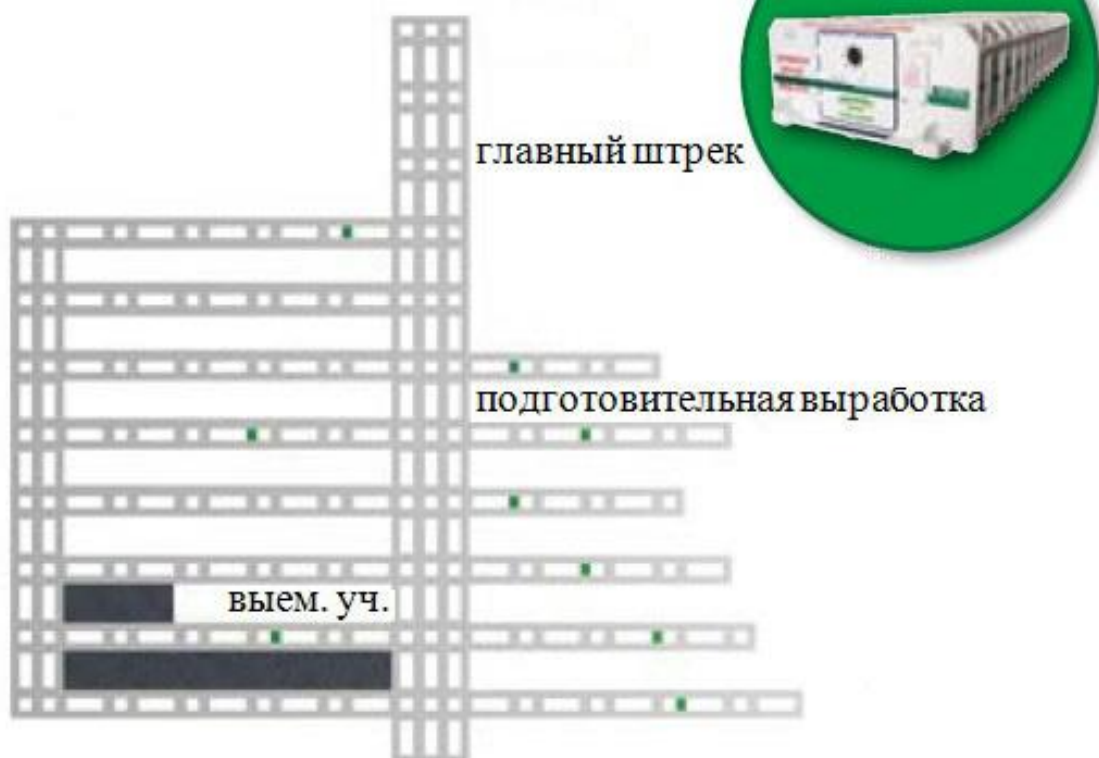


Рис. 3.40. Установка камер-убежищ для моделей MineARC Standard CoalSAFE в шахтах в Австралии

Надувная камера-убежище изготовлена из прочной двухслойной специальной ткани. Внутри камеры находятся баллоны со сжатым воздухом (кислородом), отсек воздушной блокировки (переходной модуль для выравнивания давления при переходе из одной среды в другую) для минимизации при входе из агрессивной среды в бокс, активный, пневматический газоочиститель (газоочиститель использует химическое свойство извести, гашёной раствором едкого натрия), химреактивы, питьевая вода, продукты питания, медицинская сумка, спинодержатели с носилками, химические пакеты для экстренного охлаждения, портативный туалет и мешки для мусора, ручной насос, пакет для ремонта камеры. Стальной

контейнер является взрывоупорным и пожаростойким, и используется для размещения и защиты всей системы. Стандартные размеры камеры: 1-16 чел.; 17-26 чел.; 27-36 чел. Для большей мобильности камера-убежище может быть сконструирована на базе салазок или колесных пар.



Рис. 3.41. Надувные камеры-убежища американской фирмы Strata Products Worldwide, LLC - The Strata Safety Fresh Air Bay Wheel and Hitch Package

### ***Стационарные камеры-убежища***

СКУ также широко применяются на шахтах многих странах мира: Германии, России, США, Японии и др.

СКУ контейнерного типа, устанавливаемые в горных выработках, предназначены в основном для спасения горнорабочих при авариях в шахтах.

Модульные модели передвижной камеры-убежища CoalSAFE могут быть адаптированы в качестве стационарных камер-убежищ для шахт. Ими является определенная модель – камера-убежище Permanent CoalSAFE. Эта модель состоит из первоначальной секции, обеспеченной отсеком воздушной блокировки (переходным модулем



для выравнивания давления при переходе из одной среды в другую), и основной секции (рис. 3.42).



Рис. 3.42. Стационарные Западно-Австралийские камеры – убежища Modular CoalSAFE CS-MOD и фирмы MineARC Systems

Стационарные камеры – убежище типа Modular CoalSAFE могут разбираться на несколько отдельных элементов. Каждый из этих элементов может иметь свои необходимые размеры.

***Взрывоустойчивые блоки для сооружения стационарных камер-убежищ фирмы Strata 15 PSI Block Stopping***

Американская компания Strata Products Worldwide, LLC выпускает взрывоустойчивые блоки для сооружения стационарных камер-убежищ Strata 15 PSI Block Stopping, которые состоят из герметично-прилегающих металлических дверей (выдерживают давление 15 фунтов на квадратный дюйм взрыва), и высокопрочных бетонных блоков с распылением (рис.3.43).

Взрывоустойчивые блоки Strata 15 PSI Block Stopping монтируются и образуют, так называемую Strata Safe Room, являющуюся стационарной камерой-убежищем. Эти конструкции имеют все свойства передвижных камер-убежищ, которые служат для укрытия от агрессивной среды при аварии и спасения людей горноспасателями (рис.3.44).

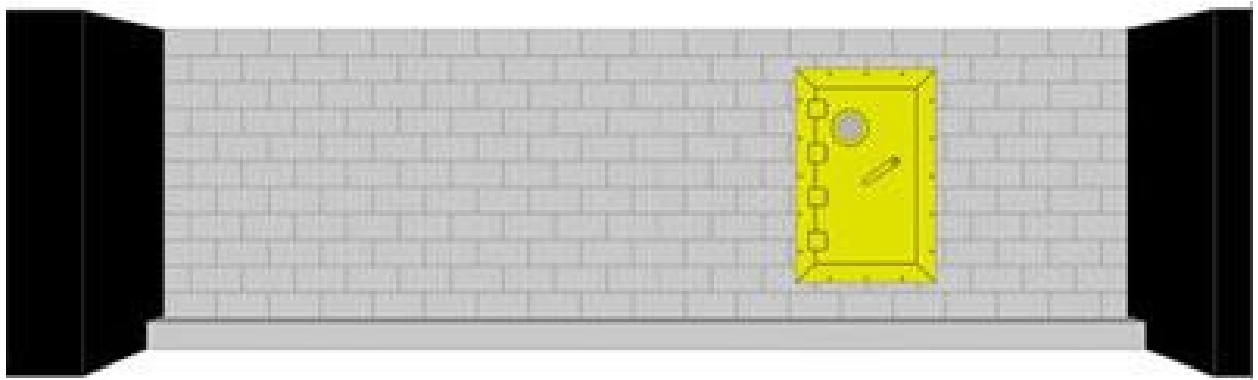


Рис. 3.43. Взрывоустойчивые блоки для сооружений стационарных камер-убежищ компании Strata 15 PSI Block Stopping, образующие Strata Safe Room.

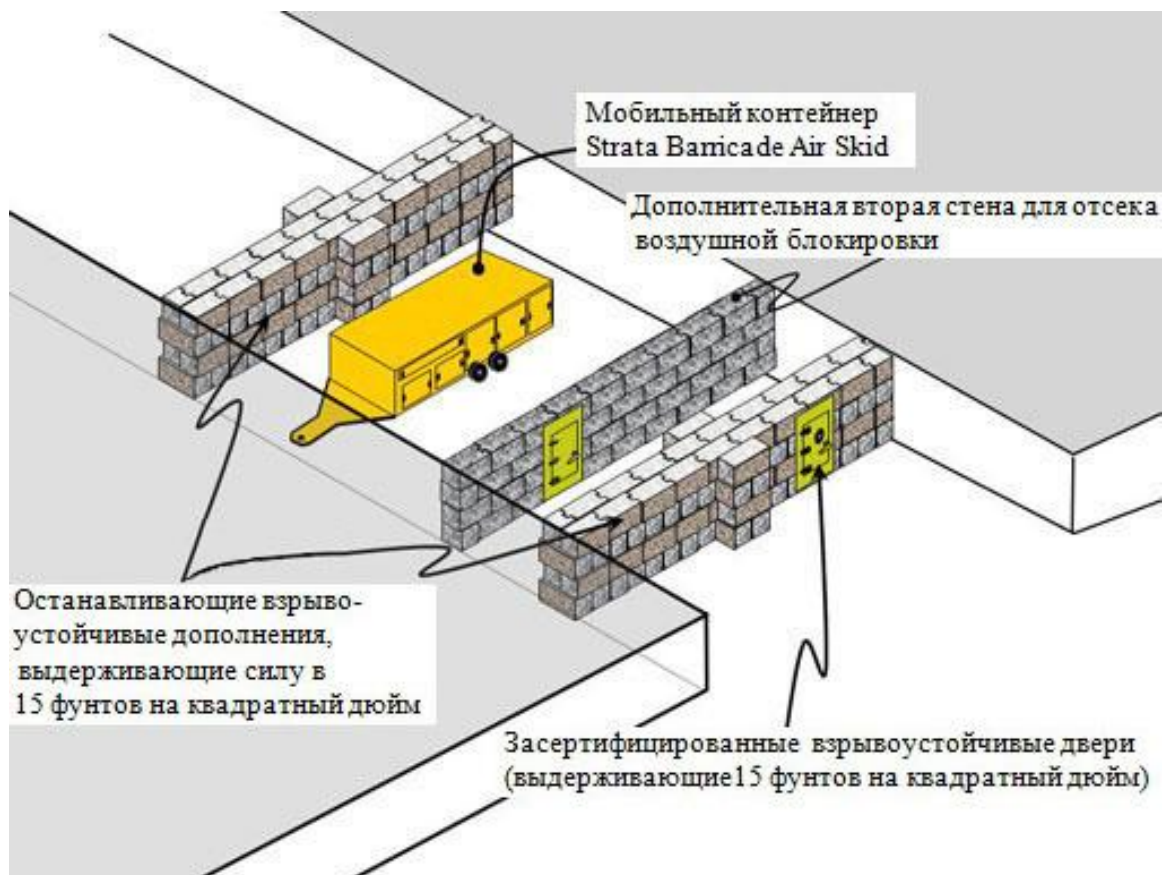


Рис. 3.44. Стационарные камеры-убежища Strata Safe Room

Достоинства стационарных камер-убежищ Strata Safe Room перед передвижными камерами-убежищами:

- возможность размещения большого числа людей;
- дешевизна при строительстве и оснащении;
- готовность к немедленному использованию;



- наибольшая практичность при оснащении скважин пробуренных с поверхности;
- возможность подключения к общешахтной сети
- дополнительное оснащение резервными системами охлаждения.

Применение СКУ в шахтах является способом укрытия горнорабочих в длинных выработках без запасных выходов и может служить разным целям.

#### Технические функции и особенности:

- взрывоустойчивая дверь обеспечивает доступ в стационарную камеру-убежище;
- пригодный для дыхания воздух в основной камере может быть достигнут тремя способами:
  - 1) через скважины с поверхности;
  - 2) через общешахтную систему сжатого воздуха, которая при этом фильтруется;
  - 3) через баллоны со сжатым воздухом и медицинским кислородом, подсоединенные к электрическому или пассивному газоочистителю  $\text{CO}_2$ , которые в свою очередь бывают активными и пассивными занавесами. Эти системы используют известь, гашенную раствором едкого натрия.

Strata Products Worldwide, LLC также производит для шахт очистные системы, размещенные в стальном мобильном контейнере, называемом Strata Barricade Air Skid (рис.3.45).



Рис.3.45. Очистная система Strata Barricade Air Skid Protective Container

На угольных шахтах Украины для самоспасения рабочих при авариях на выемочных участках передвижные камеры-убежища не применяются, а на оснащении подразделений ГВГСС для ведения АСР в зонах повышенных температур, имеется комплекс бокс-базы горноспасательной КБГ. Он обеспечивает дыхание горноспасателей (12 чел. в большом и 6 чел. в малом) без средств индивидуальной защиты и создает условия для оказания первой медицинской помощи пострадавшим. КБГ устанавливают в выработке площадью сечения не менее  $5,5 \text{ м}^2$  при температуре воздуха не выше  $50^\circ\text{C}$ . В горной выработке обязательно должен быть пневмопровод (шахтная пневмосеть или прорезиненный пожарный рукав, подводящий воздух от передвижного компрессора на струе на расстоянии не более 1000 м от него), обеспечивающий объемный расход воздуха  $5 \text{ м}^3/\text{мин}$  при давлении сжатого воздуха 0,3-0,6 МПа. Бокс-база представляет собой палатку арочного типа с надувным каркасом, который наполняется воздухом либо с помощью лемехов, либо от системы жизнеобеспечения, включающей систему подготовки воздуха и охлаждения. Избыток воздуха вытекает через предохранительный клапан. Бокс, вход в тамбур и основной отсек с надувными сиденьями, выход в тамбур и перегородка между тамбуром и дополнительным отсеком имеет щелевой разъем. В обшивке находится предохранительный клапан, срабатывающий при избыточном давлении в боксе (0,1-0,3 МПа). Для создания избыточного давления, препятствие для проникновения вредных газов в бокс, и для уменьшения времени подготовки к работе при установке бокса воздух одновременно нагнетается в основной отсек и каркас. Входить в тамбур можно по два человека с задержкой в тамбуре на 3-4 мин. Внутри бокса расположен турбохолодильник, в котором происходит охлаждение воздуха. При повышении температуры на участке, где расположен КБГ, выше  $50^\circ\text{C}$  ее снижают путем установки разбрызгивателей, аэраторов, отвода струи воздуха с повышенной температурой или подвода свежей струи и т. п.

Для самоспасения людей при различных авариях на шахтах Украины предпочтение отдается стационарным камерам-убежищам, оборудованным в горных выработках согласно стандартам СОУ 10.1-00174102-002-2004 «Система самоспасения горняков. Общие требования» и СОУ 10.1.202020852.002:2006 «Стационарные

камеры-убежища спасательные шахтные. Общие технические требования».

Схема стационарной камеры-убежища, оборудованная в горной выработке шахты, показана на рис.3.46.

Количество размещающихся в ней людей может быть от 6 до 170 человек, продолжительность пребывания от 4 часов до 14 суток. Она располагается в нише, пройденной из выработки 1 и герметично изолирована от нее. Высота стационарной камеры-убежища должна быть не менее 1,8-2,0 м, а площадь удовлетворять условию  $S \geq 1,4 n$ , где  $n$  - максимальное количество людей в смене на участке. Минимальная площадь камеры-убежища - 12м<sup>2</sup>.

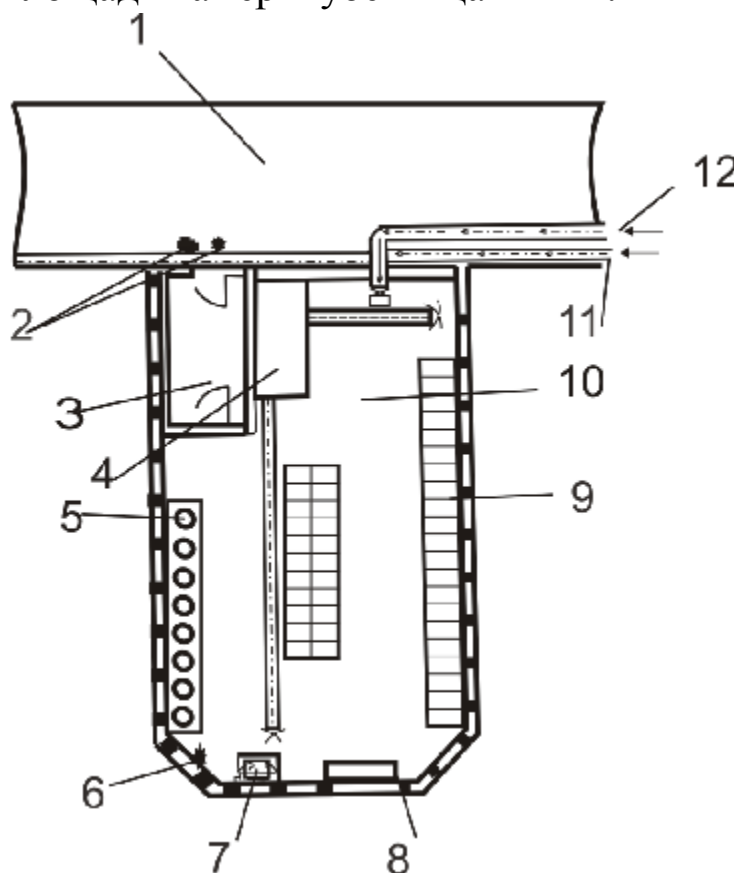


Рис. 3.46. Схема стационарной камеры-убежища: 1 – выработка, 2 – звуковая и световая сигнализации; 3 шлюз; 4 – система жизнеобеспечения; 5 – изолирующие самоспасатели; 6 – газоанализаторы; 7 – телефон; 8 – аптечка; 9 – скамейки для отдыха; 10 – камера-убежище; 11 – пневмосеть; 12 – вентиляция.

В качестве источника воздуха используют шахтную пневматическую сеть 11, трубопровод с поверхности по скважине и баллоны со сжатым воздухом. В камере установлены система

жизнеобеспечения 4, включающая в себя сеть трубопроводов с арматурой; фильтр-отстойник очистки воздуха: турбохолодильник и манометры. Для отдыха рабочих и горноспасателей имеются скамейки 9, а также резервные самоспасатели ШСС-1, количество которых определяется числом рабочих и горноспасателей, которые могут оказаться на участке во время аварии. Кроме того, предусмотрены телефон 7 и газоанализаторы 6, аптечка 8, звуковая и световая сигнализации.

Для того, чтобы в СКУ не попадал воздух из внешней горной выработки, необходимо создать в ней избыточное давления, Объемный расход воздуха  $Q_k$ , который необходимо подавать в камеру, зависит от герметичности:

$$Q_k = 60 \sqrt{h_k / R_k},$$

где  $h_k$  - перепад давлений воздуха между камерой и примыкающей к ней выработкой, который должен быть не менее 50 Па;  $R_k$  – эквивалентное сопротивление камеры, Па

Эта величина должна быть не менее объемного расхода воздуха, необходимого для нормального дыхания проектной численности людей (100 дм<sup>3</sup>/мин на одного человека при времени нахождения в камере-убежище не менее 4 часов), которые могут одновременно находиться в ней. Если камеру-убежище окружают с трех сторон ненарушенные породы, то ее эквивалентное сопротивление зависит от герметичности стенки, которая отделяет нишу от действующей горной выработки (таблица).

|  |      |     |     |     |     |
|--|------|-----|-----|-----|-----|
| Площадь стенки, м <sup>2</sup>                                       | 7    | 10  | 15  | 20  | 25  |
| Эквивалентное сопротивление стенки, Пас <sup>2</sup> /м <sup>6</sup> | 1390 | 760 | 620 | 540 | 480 |

Основным элементом стационарной камеры-убежища является система жизнеобеспечения (СЖО).

Система предназначена для обеспечения пригодным для дыхания воздухом горняков и горноспасателей, которые находятся в случае аварии в стационарной камере-убежище соответствующей СОУ 10.1-00174102-002-2004 «Система самоспасения горняков. Основные требования»; охлаждения (при необходимости) воздуха, который

поступает в камеру- убежище; создания избыточного давления внутри камеры-убежища.

СЖО предназначена для эксплуатации при температуре окружающей среды от 5°C до 60°C, относительной влажности до 100% при температуре 25°C.

### Технические характеристики

Система работает от пневматической сети с параметрами:

- объемный расход воздуха, м<sup>3</sup>/час 4±1
- рабочее давление, МПа (кг/см<sup>2</sup>) 0,3 - 0,6 (3 - 6)

Время защитного действия фильтров (периодичность замены фидьтроэлементов) в блоке подготовки воздуха (БПВ) не менее 500 часов.

Температура воздуха, выходящего из системы с блоком охлаждения, ниже не менее чем на 10 °С температуры воздуха, поступающего в систему из пневмосети.

Масса составных частей системы, кг, не более:

- блок подготовки воздуха (БПВ) - 46
- блок охлаждения воздуха (БО) - 9,5

Габаритные размеры составных частей системы, мм, не более:

- блок подготовки воздуха (БПВ):

высота – 660

ширина - 330

длина - 840

- блок охлаждения (БО):

высота - 330

ширина – 350

длина -310

Срок службы системы жизнеобеспечения - 5 лет.

В состав СЖО входят блок подготовки воздуха (БПВ); блок охлаждения (БО), при необходимости; рассекатель воздуха; комплект соединительных рукавов.

Система может комплектоваться в зависимости от условий применения в шахте, например в соответствии с рис.3.47.

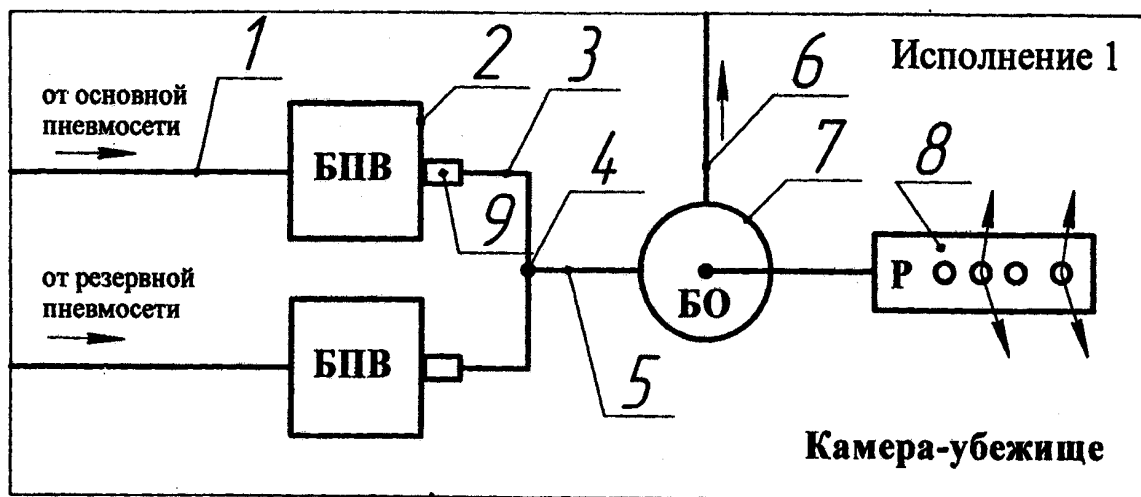


Рис.3.47. Комплектация СЖО стационарной камеры-убежища

### *Устройство и работа системы жизнеобеспечения СКУ*

Система в общем виде состоит из блоков подготовки воздуха (БПВ) 2, переходника 9, блока охлаждения (БО) 7, рассекателя (Р) 8, тройника 4 и системы соединительных рукавов 1,3, 5, 6.

Блок подготовки воздуха служит для очистки воздуха поступающего из пневмосети до уровня пригодного для дыхания и состоит из фильтра грубой очистки, входного и выходного кранов, закрепленной в корпусе с помощью хомутов, системы фильтров: фильтра-маслоотделителя (ФВО-032), фильтра тонкой очистки (ФСВ-0), фильтра с активированным углем (ФСВ-А). За фильтром установлен на гибком шланге манометр, закрепленный под верхней крышкой корпуса.

Фильтры, расположенные внутри корпуса БПВ, имеют сливные краны, которые позволяют во время и по окончании работы системы сливать водомасляную эмульсию в ёмкость, закрепленную на выдвижной крышке корпуса.

Блок охлаждения служит для охлаждения воздуха, поступающего из БПВ, и представляет собой турбохолодильник, закрепленный в разъемном корпусе, снабженном ручкой для переноски. Вход и выход воздуха из турбохолодильника осуществляется через штуцера, закрытые в транспортном положении заглушками.

На корпусе блока охлаждения, в торце его, установлен глушитель потока воздуха, поступающего на охлаждение турбохолодильника, а в верхней части - кожух с ниппелем для отвода нагретого воздуха.

Рассекатель предназначен для равномерного распределения и снижения уровня шума выходящего из системы воздуха.

Принцип работы системы жизнеобеспечения следующий: воздух из пневмосети, подведенной к СКУ, поступает по рукаву 1 в блок подготовки воздуха, где на фильтре грубой очистки осаждаются крупные частицы, на фильтре-масловодоотделителе отделяется основная часть масловодяной эмульсии, и на фильтре тонкой очистки – мелкие частицы (до 1 мкм) и остатки масловодяной эмульсии, а затем на фильтре, содержащем патрон с активированным углем, воздух очищается от паров масла и акролеинов.

Воздух после БПВ по рукавам 3 и 5 через тройник 4 поступает на входной штуцер 8 блока охлаждения (БО), где в турбохолодильнике, расширяясь, охлаждается и через выходной штуцер поступает на рассекатель.

Для охлаждения турбохолодильника при его работе, вентилятор находящийся на его оси забирает воздух через глушитель 9 и, прогоняя его внутри корпуса 2, сбрасывает через кожух 7 с ниппелем 6 и рукав за пределы стационарной камеры убежища.

Для использования системы жизнеобеспечения, камера-убежище должна иметь подвод пневмосети, снабженный ниппелем для присоединения «Рукава 25-35-10 ГОСТ 10362-76»; отвод с ниппелем для присоединения «Рукава 32-43-10 ГОСТ 10362-76», выводящего воздух из линии охлаждения турбохолодильника блока охлаждения, если он применяется; клапан сброса воздуха из основного помещения камеры-убежища в тамбур; клапан сброса воздуха из тамбура камеры-убежища в окружающую среду.

### ***Средства спасения людей при ведении аварийно-спасательных работ***

#### **Установка для спасения людей на выемочных участках**

Сотрудниками кафедры аэрологии и охраны труда Национального горного университета совместно с ДонНТУ и ГВГСС разработано новое техническое решение на установку «Эвакуатор» для спасения горнорабочих при авариях на выемочных участках и ведения аварийно-спасательных работ (АСР) горноспасателями.

Установка «Эвакуатор» включает в себя следующие элементы: вентиляционный трубопровод 1, вентилятор 13, устройство для транспортирования горнорабочих, тяговый механизм с гибкой тягой. Вентиляционный трубопровод выполнен из жаростойкого материала в виде эвакуатора жесткой круглой формы со шлюзами 11, 19, 21 вдоль него с промежутками между ними для входа людей в эвакуатор 1 и выхода из него. Эвакуатор внутри оборудован роликовым транспортером, кольцевой канатной дорогой с возможностью реверса, трубопроводом 7 для подачи веществ, необходимых для выполнения аварийно-спасательных работ, и имеет кабели для электроснабжения 9 и связи 10. На рис. 3.48 и 3.49 показаны поперечное и продольное сечения эвакуатора для спасения людей и безопасного ведения АСР. Диаметр трубы эвакуатора 1 устанавливают с расчётом обеспечения возможности передвижения по ней людей одновременно в одном или разных направлениях в полном снаряжении в лежащем положении на роликах 2.

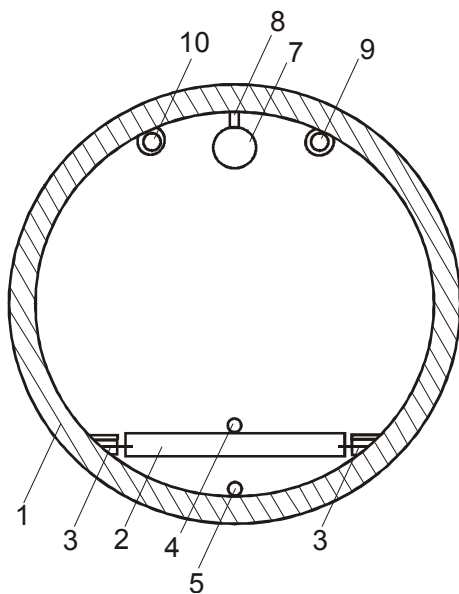


Рис. 3.48. Поперечное сечение эвакуатора:

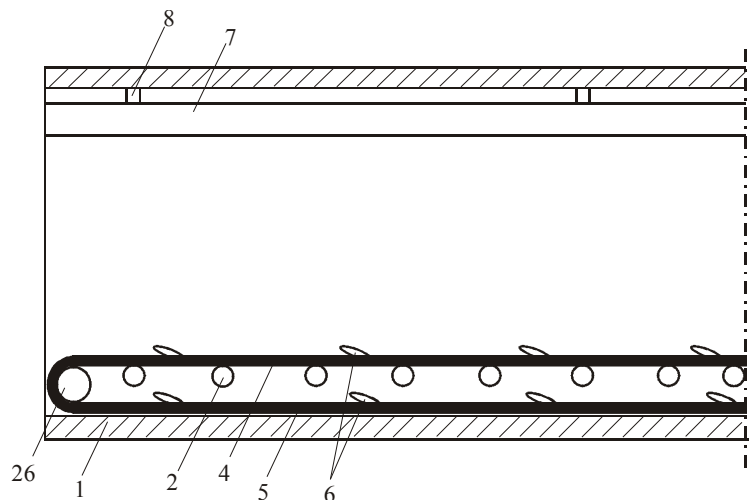


Рис. 3.49. Продольное сечение эвакуатора:

1 - эвакуатор, 2- ролики, 3 - опоры, 4, 5 - верхний и нижний тяговые канаты, 6 - эластичные захваты, 7 - вентиляционный трубопровод, 8 - крепления, 9 - кабель электроснабжения, 10 - кабель связи, 26 - опорный ролик.

Именно такое сочетание и взаимное размещение взаимосвязанных элементов установки: эвакуатора, вентилятора, шлюзов, роликового транспортера, тягового механизма (лебедки),



тягового привода в виде кольцевой канатной дороги, трубопровода, кабелей электроснабжения и связи, пускового устройства, вентиляционного трубопровода обеспечивает возможность оперативной эвакуации людей из опасной зоны и выполнения комплекса АСР. За счет этого повышается эффективность спасения горнорабочих и ликвидация последствий аварий в подземных горных выработках. Круглая форма поперечного сечения эвакуатора обеспечивает наибольшую устойчивость от внешнего давления при взрывах газа. Устойчивость эвакуатора повышается также за счет жесткого и жаропрочного материала.

Эвакуатор размещается в подземной горной выработке по одному из возможных вариантов (рис. 3.50) в зависимости от особенностей горно-технических условий, в частности – с учетом назначения, параметров, срока службы выработки, вида транспорта, особенностей горных пород, уровня опасности по газу, пыли, обрушениям, внезапным выбросам. По варианту 3.50а эвакуатор размещают на поверхности почвы горной выработки, по варианту 3.50б – частично углубленного в почву выработки. Размещение эвакуатора по варианту 3.50в обеспечивает наибольшую защиту ее от действия взрывной волны, сверхвысоких температур, обрушений при взрывах газа и пожарах. Кроме того, в этом случае эвакуатор не уменьшает свободную площадь поперечного сечения горной выработки, что очень важно для размещения в выработке транспортных средств и другого горного оборудования.

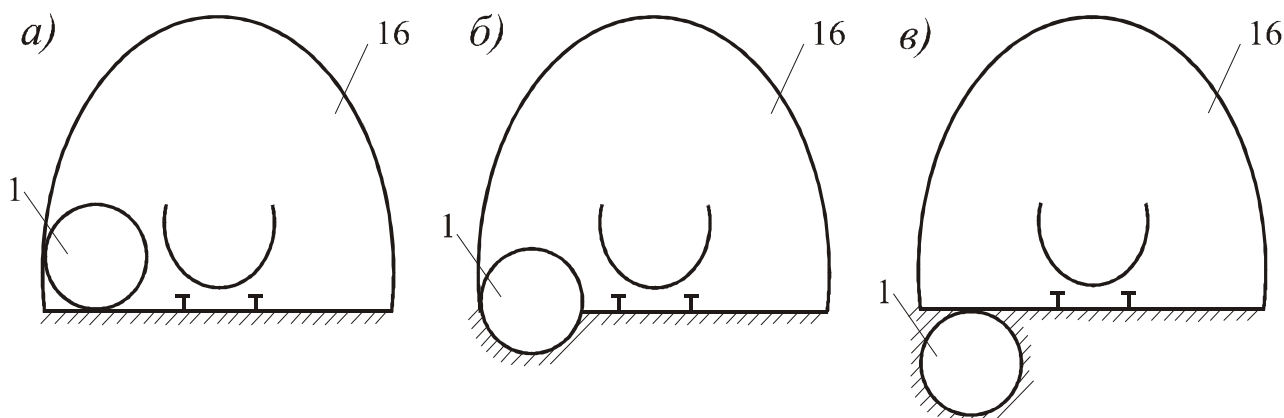


Рис. 3.50. Схемы вариантов возможного размещения эвакуатора в поперечном сечении горной выработки.

На рис. 3.51 показана схема одного из возможных вариантов размещения в выработках выемочного участка элементов установки

для спасения людей и безопасного ведения АСР. По длине участковой выработки установка включает соединенные с эвакуатором 1 шлюзы следующих видов: начальный шлюз 21, промежуточные шлюзы 11 и конечный шлюз 19, а также включает лебёдку 12, соединённую с тяговыми канатами 4 и 5, вентилятор 13, воздухопровод 14. В шлюзе 19 размещено пусковое устройство для дистанционного включения в работу лебёдки 12.

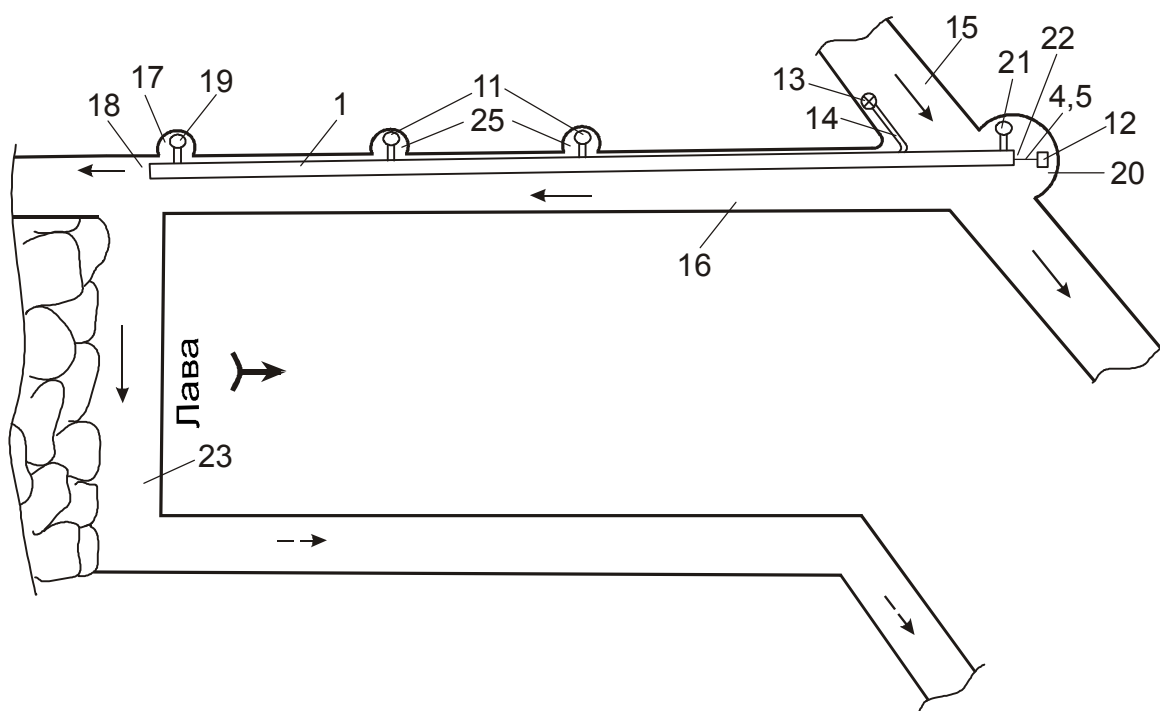


Рис. 3.51. Схема одного из возможных вариантов размещения в горных выработках элементов установки для спасения горнорабочих и ведения АСР: 12 – лебедка, 13 – вентилятор, 14 – вентиляционный трубопровод, 15 и 16 – магистральная и участковая горные выработки, 17, 20, 25 – ниши в выработке, 18 и 22 – концевой и начальный торцевые части эвакуатора, 21, 11, 19 – начальный, промежуточный и концевой шлюзы, 23 – лава.

Люди из опасной зоны попадают в эвакуатор через его концевой торец, через концевой шлюз, или через промежуточные шлюзы. Принудительное перемещение людей внутри эвакуатора происходит по роликам с помощью тягового каната и закрепленных на нем эластичных захватов. Для самостоятельного перемещения вдоль трубы-эвакуатора люди могут использовать ролики и опоры – в качестве дополнительных захватов. Ролики при перемещении людей и грузов внутри эвакуатора вращаются и облегчают движение людей и грузов.

При транспортировке по эвакуатору материалов, оборудования, или потерпевшего, который не имеет возможности самостоятельно контролировать и регулировать свое положение в эвакуаторе используется жёсткий лежак, который закрепляют в эластичных захватах верхнего каната кольцевой канатной дороги.

Выход людей из эвакуатора происходит через начальный торец, начальный шлюз, или через промежуточные шлюзы, если он находится в безопасной зоне.

При возникновении пожара в горных выработках используют вентиляционный трубопровод для подачи в аварийную зону инертного газа (например:  $N_2$ ,  $CO_2$  и другие). Для перемещения по эвакуатору людей и необходимого оборудования в аварийную зону изменяют направление движения тяговых канатов: проводят реверс барабана лебедки так, что верхний канат движется в направлении от лебедки до конечного торца эвакуатора. Установка обеспечивает возможность оперативной и безопасной доставки людей и горноспасательного оборудования в аварийную зону даже при наличии завалов и сверхвысоких температур в участковой выработке.

Разработанное техническое решение установки для спасения людей при авариях в шахтах, а также для безопасного ведения АСР обеспечивает:

- оперативную эвакуацию людей из опасных зон при пожарах, взрывах газа и обрушениях в горных выработках;
- защиту людей от воздействия сверхвысоких температур и токсичных газов при пожарах и взрывах газа в выработках;
- оперативную и безопасную доставку горноспасателей и горноспасательного оборудования в аварийную зону и предоставление оперативной помощи рабочим, которые находятся в аварийной зоне при наличии обвалов в выработках, по которым проложен эвакуатор;
- возможность спасения людей независимо от стадии проходки выработки и вида работ в ней, причем для использования эвакуатора не требуются дополнительные работы, поскольку он всегда находится в рабочем состоянии;
- возможность одновременного нахождения и перемещения в эвакуаторе многих горнорабочих или горноспасателей;
- возможность подачи в аварийную зону сжатого воздуха, инертных газов, питьевой воды, продуктов питания и других веществ

и материалов, в которых возникает потребность при авариях в горных выработках.

Таким образом, создание и внедрение на шахтах и рудниках установки «Эвакуатор» обеспечит повышение эффективности спасения людей и безопасное проведение АСР при авариях и аварийных ситуациях в подземных выработках.

### Аварийно-спасательное подъемное оборудование

Для ведения аварийно-спасательных работ по спасению горнорабочих застигнутых аварией в шахте, доставки горноспасателей, горноспасательного оборудования и оснащения в шахту в случае выхода со строя подъемной установки или сбоя в энергоснабжении шахты в НГУ совместно с ЦШ ГВГСС разработана установка аварийно-спасательная передвижная подъемная АСППМ - 6,3 (рис.3.52).

#### Техническая характеристика АСППМ - 6,3

|   |      |
|---|------|
| Глубина подъема, м  | 1200 |
| Диаметр каната, мм  | 20   |
| Скорость подъема, м/сек   | 0-2  |
| Вместимость аварийно-спасательной клетки с учетом двух горноспасателей, чел | 10   |
| Статическое напряжение каната кН  | 61,8 |
| Напряжение питания, В   | 380  |

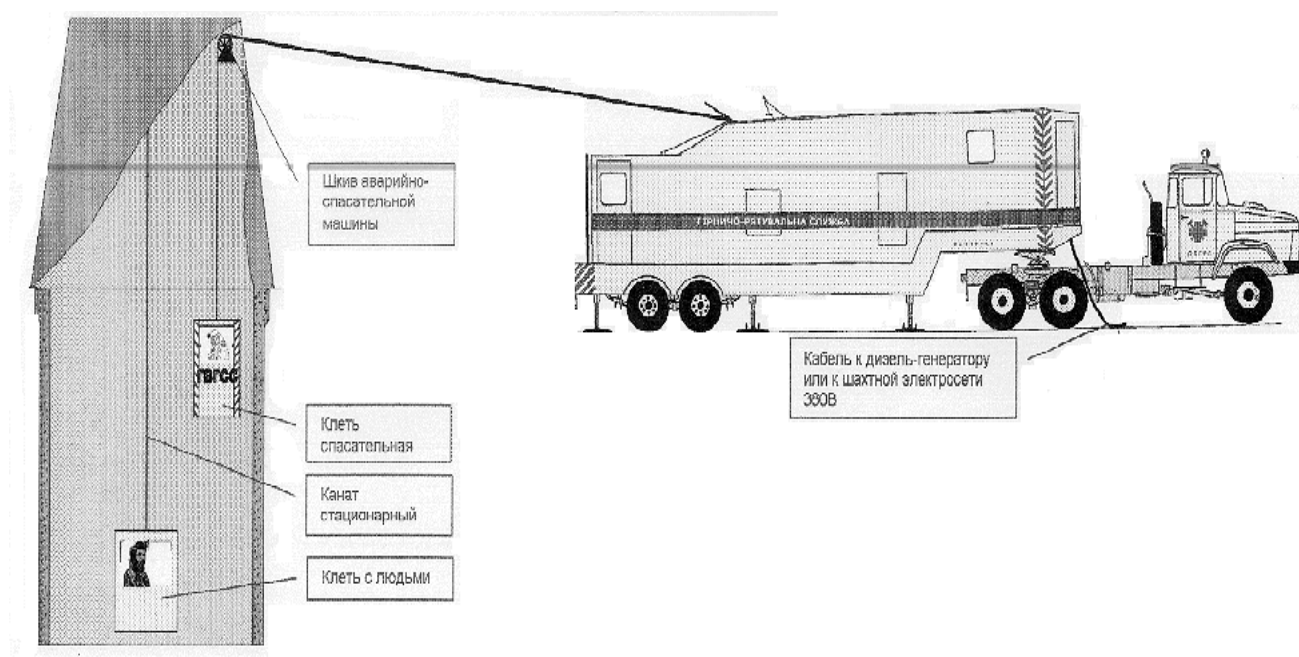


Рис. 3.52. Установка аварийно-спасательная передвижная подъемная АСППМ - 6,3

Министром топлива и энергетики приказом от 18.06.2004 года № 333, повторно письмом от 20.07.2004 года № 01/30-0646 от руководителей шахт потребовано выполнение подготовительных работ, связанных с применением передвижной подъемной установки АСППУ-6,3.

К сожалению, до настоящего времени подавляющим большинством предприятий они не выполняются.

По состоянию на 01.01.2011 года из всех вертикальных стволов, где необходимо применение аварийной передвижной подъемной установки АСППУ-6,3, проекты на применение разработаны только по 12 стволам.

Реально может сложиться ситуация, когда в стволе необходимо будет применить передвижную подъемную установку АСППУ-6,3 без заранее подготовленного проекта на ее применение, что и произошло на шахте им. К.Маркса ГП «Орджоникидзеуголь» в июне 2008 года.

Для обеспечения возможности применения передвижной подъемной установки АСППУ 6,3 необходимо обязать руководителей шахт, в первую очередь с двумя вертикальными стволами и отсутствием или неисправности лестничных отделений в них, разработку проектов для применения АСППУ 6,3.

### **3.6.3. Размещение на аварийных маршрутах коллективных средств самоспасения и спасения горняков**

#### ***Размещение в горных выработках пунктов переключения в резервные самоспасатели.***

Для эффективного использования пунктов необходимо решить ряд задач, одна из них – оптимизация их размещения в горных выработках шахты. Она производится по следующим параметрам: энергоемкости маршрута, которая определяется длиной  $l$ , высотой  $m$  и уклоном выработки  $\alpha$ , задымленности и типу самоспасателя, находящегося у горнорабочего. На рис.3.53 приведен график для определения мест размещения пунктов переключения при движении по выработкам с одинаковыми горнотехническими параметрами при задымлении.

В связи с тем, что выход на свежую струю связан с последовательным преодолением нескольких участков, а

энергоёмкость является аддитивной величиной, то энергоёмкость маршрута определяется суммой энергоёмкостей отдельных участков. Зная зависимость скорости передвижения  $V_{ik}$  горнорабочего от сложности маршрута на каждом участке при средней энергоёмкости, соответствующей нагрузке средней тяжести, получаем расстояние  $L_k$ , м, которое может преодолеть горнорабочий, включенный в самоспасатель:

$$L_k = \sum_{i=1}^n L_{ik}, \quad (3.18)$$

где  $L_{ik}$  – длина каждого участка, м.

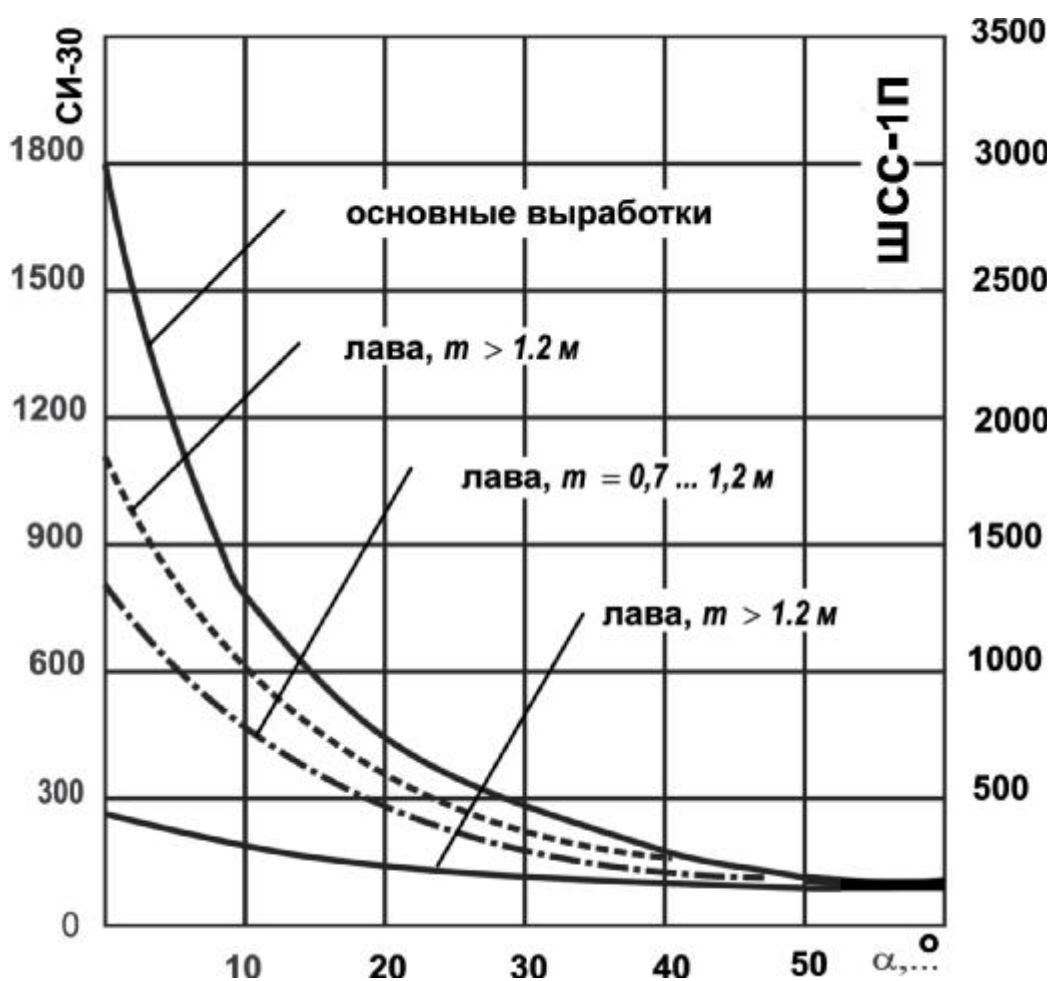


Рис.3.53. График для определения мест расположения пунктов переключения в резервные самоспасатели

Количество участков  $n$ , которые пройдёт горнорабочий, определяется из условия

$$\sum_{i=1}^n \frac{L_{ik}}{V_{ik}} = T_j, \quad (3.19)$$

где  $T_j$  – ВЗД самоспасателя, который имеет горнорабочий, мин.

Зная размещение людей на рабочих местах при нормальной работе, можно найти распределение длин маршрутов, которые преодолевают горнорабочие.

Найдя максимальное значение этого распределения от свежей струи  $l_{св}$ , получаем одну границу  $l_1$  мест расположения пунктов переключения

$$l_1 = \text{Max}\{L_{св} - L_k\}. \quad (3.20)$$

Вторую границу  $l_2$  определяем исходя из условия, что ВЗД резервного самоспасателя  $T_n$ , находящегося в пункте, должно хватить для выхода на свежую струю воздуха:

$$T_n = \sum_{\varphi=1}^n \frac{L_{\varphi}}{V_{\varphi}}, \quad (3.21)$$

где  $L_{\varphi}$  – длины участков после пунктов переключения, м;  $V_{\varphi}$  – средние скорости движения на этих участках, м/с.

И тогда

$$l_2 = \sum_{\varphi=1}^n L_{\varphi}, \quad (3.22)$$

где  $n$  - количество участков определяется из предыдущего равенства.

Следовательно, на пути выхода пункт переключения оптимально размещается в интервале значений  $L_n = \{l_1, l_2\}$ . Конкретное место определяется исходя из горно-геологических условий выработки, в которой устанавливается пункт переключения.

### 3.6.4. Размещение камер-убежищ в горных выработках

**Определение мест размещения камер-убежищ в выработках выемочного участка.**

Для определения мест размещения передвижных и стационарных камер-убежищ для самоспасения горнорабочих и ведения АСР горноспасателями, где они могут отдохнуть,

переснарядить респираторы или оказать первую медицинскую помощь пострадавшим, исходят из следующих предпосылок:

1) после возникновения пожара сохраняется существующее направление движения воздуха на выемочном участке;

2) очаг пожара находится в начале свежей струи (наиболее тяжелый случай);

3) горноспасатели, обследуя аварийный участок, первоначально движутся навстречу струе (по цепи выработок 1-2-3-4, см. рис.3.54), затем в обратном направлении.

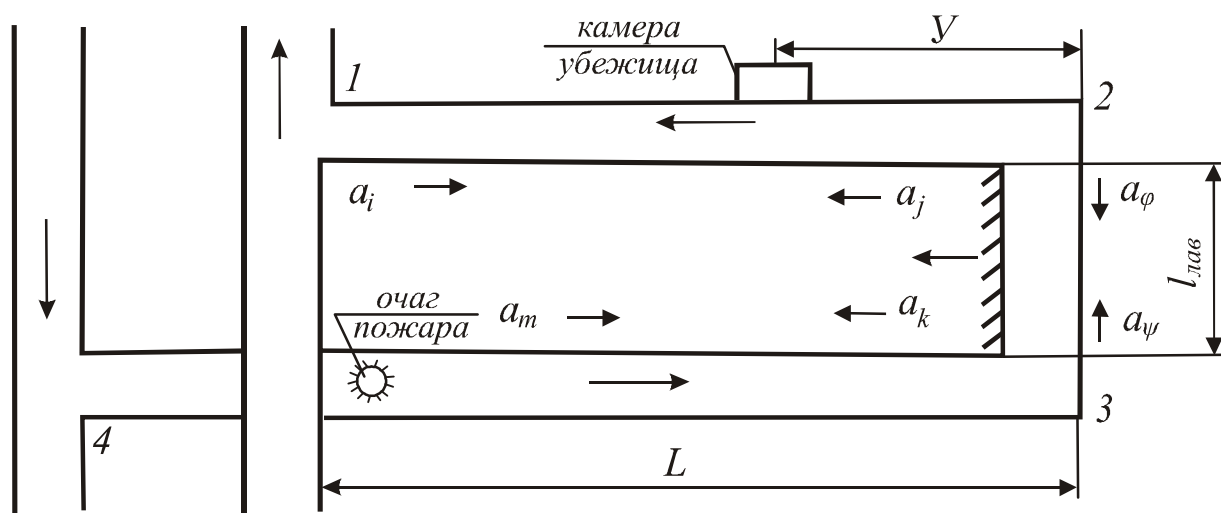


Рис. 3.54. Схема выемочного участка с камерой-убежищем в вентиляционном штреке

Расчетный объем кислорода  $S'_p$  в кубических дециметрах, который может расходовать горноспасатель при ведении аварийно-спасательных работ (АСР), приведенный к нормальным условиям, равен:

$$S'_p = bS'_n \quad (3.23)$$

где  $b$  – коэффициент, учитывающий резерв кислорода на непредвиденные случайности (регламентируется Уставом ГВГСС;  $S'_n$  – начальный объем кислорода в респираторе,  $\text{дм}^3$ ).

В Уставе ГВГСС приведены данные о расходе кислорода в непригодной для дыхания среде на 100 м пути в зависимости от вида выполняемой работы и состояния горных выработок (высота, угол наклона и др.). Баланс расхода кислорода горноспасателем при



обследовании выемочного участка, показанного на рис.3.38, имеет вид:

$$S'_p = 0,01 \left[ L \left( \sum_{i=1}^I a_i v_i + \sum_{j=1}^J a_j v_j + \sum_{m=1}^M a_m v_m + \sum_{k=1}^K a_k v_k \right) + l_{лав} \left( \sum_{\varphi=1}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} + \sum_{\psi=1}^{\Psi} a_{\psi} v_{\psi} \right) \right] \quad (3.24)$$

где  $a$  – коэффициенты, учитывающие условия на разных участках в обследуемых выработках (высота, угол наклона, температура, задымленность и т.д.);  $L$  – длина выемочного столба, м;  $l_{лав}$  – длина лавы, м;  $v$  – расход кислорода на 100 м пути движения при движении горноспасателей по соответствующим участкам выработки,  $\text{дм}^3$ ;  $I, M, A$  – количество участков с разной энергоёмкостью их преодоления при движении навстречу свежей струе для вентиляционного, откаточного штреков и лавы соответственно;  $J, K, \psi$  – количество участков с разной энергоёмкостью их преодоления при движении горноспасателей назад для вентиляционного, откаточного штреков и лавы соответственно.

На основании уравнения (3.24) максимальная длина выемочного поля  $L_{max}$  в метрах, преодоление которой обеспечивается запасом кислорода в респираторе горноспасателя, определяется по формуле:

$$L_{max} = \frac{1000S'_p - l_{лав} \left( \sum_{\varphi=1}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} + \sum_{\psi=1}^{\Psi} a_{\psi} v_{\psi} \right)}{\sum_{i=1}^I a_i v_i + \sum_{j=1}^J a_j v_j + \sum_{m=1}^M a_m v_m + \sum_{k=1}^K a_k v_k} \quad (3.25)$$

В случае если проектная длина выемочного столба  $L$  больше  $L_{max}$  необходимы камеры-убежища для отдыха горноспасателей и замены баллонов с кислородом в респираторе. Для определения места их размещения рассмотрим пример условной выработки, приведенной на рис. 3.54. Баланс расхода кислорода горноспасателем в этом случае имеет вид:

$$S'_p = 0,01 \left[ L \left( \sum_{i=1}^I a_i v_i + \sum_{m=1}^M a_m v_m + \sum_{k=1}^K a_k v_k \right) + l_{лав} \left( \sum_{\varphi}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} + \sum_{\psi}^{\Psi} a_{\psi} v_{\psi} \right) + y \sum_j^J a_j v_j \right] \quad (3.26)$$

где  $y$  – расстояние между камерой-убежищем и лавой 2-3м;  $J'$  – количество участков с разной энергоёмкостью их преодоления, находящихся на расстоянии  $y$  от лавы.

На основании уравнения (3.26) расстояние  $y$  в метрах между камерой-убежищем и лавой определяется:

$$y = \frac{100S'_P - \left[ L \left( \sum_{i=1}^I a_i v_i + \sum_{m=1}^M a_m v_m + \sum_{k=1}^K a_k v_k \right) + l_{лав} \left( \sum_{\varphi=1}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} + \sum_{\psi=1}^{\Psi} a_{\psi} v_{\psi} \right) \right]}{\sum_{j=1}^{J'} a_j v_j} \quad (3.27)$$

Анализ формулы показывает, что при определённых соотношениях, входящих в уравнение,  $y$ , даже при  $J' = 0$ , может быть меньше нуля. Это означает, что запаса кислорода респиратора не хватает горноспасателю, чтобы дойти до вентиляционной выработки. В этом случае камера-убежище размещается в конвейерном (откаточном) штреке. И место её расположения  $y$  в метрах в этом случае (рис. 3.55) также находится из рассмотрения баланса кислорода.

$$S'_P = 0,01 \left[ L \left( \sum_{i=1}^I a_i v_i + \sum_{m=1}^M a_m v_m \right) + l \sum_{\varphi=1}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} + (L - y) \sum_{k=1}^K a_k v_k \right], \quad (3.28)$$

где  $K$  – количество участков с разной энергоёмкостью, находящихся на расстоянии  $y$  от лавы, откуда

$$y = \frac{L \left( \sum_{i=1}^I a_i v_i + \sum_{m=1}^M a_m v_m + \sum_{k=1}^{K'} a_k v_k \right) + l \sum_{\varphi=1}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} - 100S^I}{\sum_{k=1}^{K'} a_k v_k} \quad (3.29)$$

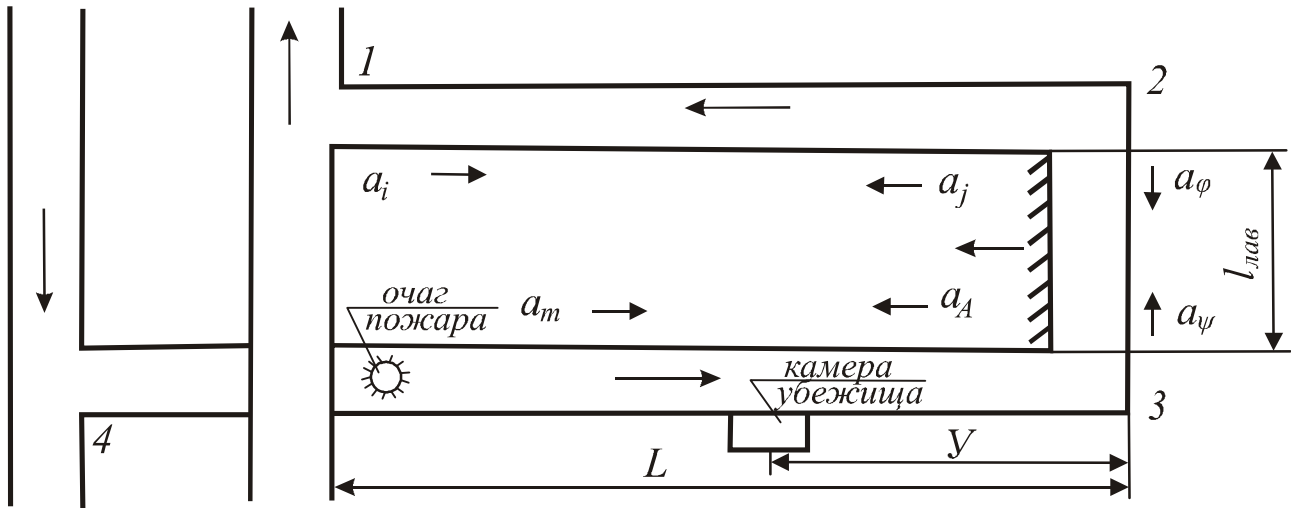


Рис. 3.55. Схема выемочного участка с камерой-убежищем в откаточном штреке

Однако при решении уравнения при определенном соотношении параметров и в этом случае  $y$  может быть меньше нуля, Это означает, что запаса кислорода в респираторе достаточно респираторщику, чтобы дойти до лавы, где, естественно, устанавливать камеру-убежище нельзя. И её можно установить в откаточном (конвейерном) штреке, так чтобы запаса кислорода после переснаряжения респиратора в камере-убежище хватило горноспасателю выйти на свежую струю:

$$y \sum_{k=1}^{K'} a_k v_k + l_{\text{ЛАВ}} \sum_{\varphi=1}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} + L \sum_{j=1}^J a_j v_j \leq 100S' \quad (3.30)$$

откуда:

$$y \leq \frac{100S' - (l_{\text{ЛАВ}} \sum_{\varphi=1}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} + L \sum_{j=1}^J a_j v_j)}{\sum_{k=1}^{K'} a_k v_k} \quad (3.31)$$

Месторасположение камеры-убежища определяется, в первую очередь, горно-геологическими условиями, но исходя из экономической целесообразности, оно должно быть как можно дальше от лавы, т.е.

$$y = \frac{100S' - (l_{LAB} \sum_{\varphi=1}^{\Phi} a_{\varphi} v_{\varphi} + L \sum_{j=1}^J a_j v_j)}{\sum_{k=1}^{K'} a_k v_k} \quad (3.32)$$

где  $K'$  - количество участков с разной энергоёмкостью их преодоления, находящихся на расстоянии  $y$  от лавы.

Если в соответствии с Планом ликвидации аварий этой же камерой должны воспользоваться и горнорабочие, появляются дополнительные требования к размещению, как самих специальных камер-убежищ, так и других коллективных средств защиты – пунктов переключения в резервные самоспасатели. Зная тип самоспасателя, который находится у горнорабочего, можно рассчитать хватит ли его времени защитного действия  $T_{ВЗД}$  на преодоление расстояния, которое отделяет его рабочее место от места расположения камеры-убежища, для этого должны выполняться условия:

$$T_{ВЗД} \geq \text{Max} \left[ \begin{array}{l} \sum_{m=1}^{M''} \frac{l_m}{V_m} + \sum_{\psi=1}^{\Phi} \frac{l_{\psi}}{V_{\psi}} + \sum_{j=1}^{J'} \frac{l_j}{V_j}; \\ \sum_{i=1}^{|J'-J''|} \frac{l_i}{V_i}; \end{array} \right.$$

$$T_{ВЗД} \geq \sum_{k=1}^K \frac{l_k}{V_k} + \sum_{\varphi} \frac{l_{\varphi}}{V_{\varphi}} + \sum_{j=1}^{J'} \frac{l_j}{V_j} \quad (3.33)$$

в случае если камера-убежище располагается в вентиляционном штреке и

$$T_{ВЗД} \geq \text{Max} \left[ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{J''} \frac{l_i}{V_i} + \sum_{\varphi=1}^{\Phi} \frac{l_{\varphi}}{V_{\varphi}} + \sum_{\xi=1}^{M'} \frac{l_{\xi}}{V_{\xi}}; \\ \sum_{m=1}^{|M'-M''|} \frac{l_m}{V_m}; \end{array} \right.$$

$$T_{ВЗД} \geq \sum_{k=1}^{K-K'} \frac{l_k}{V_k} . \quad (3.34)$$

если располагается в откаточном, где  $l$  – длины участков с разными условиями движения;  $V$  – скорости передвижения горнорабочего на каждом участке, соответствующей нагрузке средней тяжести, которые нормированы в Уставе ГВГСС.

Если времени защитного действия самоспасателя окажется недостаточно для преодоления пути до камеры-убежища, на таком маршруте должен быть размещен дополнительный пункт переключения в резервные самоспасатели. Местонахождения его определяется из следующих посылок. Зная размещение людей на рабочих местах при нормальной работе можно найти распределение длин маршрутов, которые преодолевают горняки. Найдя максимальное значение этого распределения от камеры  $L_{кам}$  получаем одну границу мест расположения пунктов. Вторая граница определяется из условия, что ВЗД резервного самоспасателя  $T_{рез}$ , находящегося в пункте, должно хватить, по крайней мере, для достижения камеры-убежища.

Аналогичным образом необходимо проанализировать и участок после камеры-убежища на необходимость установки там пунктов переключения или ещё камеры-убежища, если на предыдущем участке необходимо устанавливать пункт переключения. Места размещения пунктов переключения и камер-убежищ должны согласовываться каждый раз при согласовании планов ликвидации аварий руководителем предприятия совместно с представителями ГВГСС и НИИГД и ПБ «Респиратор» один раз в 6 месяцев.

Варьируя расположение коллективных средств защиты в пределах, определяемых полученными соотношениями можно не только оптимизировать их размещение, но и повысить безопасность аварийных выходов при эксплуатации длинных выемочных столбов, а также повысить надежность многоступенчатой системы самоспасения за счет объективно правильного и рационального выбора типа самоспасателя, возможно, малогабаритного, постоянно носимого горнорабочим.

### **3.6.4. Методы и средства обнаружения пострадавших при авариях**

На сегодняшний день нет возможности полностью предотвратить взрывы и обрушения в шахтах, так как внезапность взрыва может быть обусловлена выделением газа метана, а также наличием взрывчатой угольной пыли. При подземных авариях в шахтах, которые сопровождаются обрушениями горных пород, очень часто возникает ситуация, когда подземный персонал шахты сосредотачивается в пределах изолированных участков выработок за завалами или попадает непосредственно в завалы пород. В этих условиях эффективность работ по ликвидации последствий подземных аварий могла бы быть существенно повышена, если бы в распоряжении горноспасательных подразделений находились поисково-информационные средства для осуществления контакта с потерпевшими за завалами и для определения места расположения людей, которые попали непосредственно в зону завалов. Средства определения локализации потерпевших в завалах содействовали бы спасению жизни многим из них, а также снижению экономических затрат связанных с ликвидацией последствий подземных аварий.

В настоящее время существуют средства поиска людей под завалами, но их работа значительно осложнена наличием горных пород на пути распространения радиоволн. Это приводит к значительным потерям энергии сигнала от передатчика. Поэтому дальность обнаружения объектов поиска существенно ограничена.

В Севастопольском Национальном техническом университете разработан метод определения дальности при поисково-спасательных операциях и система поиска людей под завалами в шахтах с использованием проникающих свойств переменного магнитного поля низкой частоты.

Поисковая система обеспечивает требуемую дальность обнаружения и способна локализовать каждого человека из рабочего персонала, находящегося в потенциально опасной зоне или под завалом. Она работает в длинноволновом диапазоне. На сегодняшний день длинные волны (ДВ) используются для подземной радиосвязи, так как они могут проникать в горную породу на десятки метров. В этом диапазоне радиоволн для всех видов земной поверхности ток проводимости существенно преобладают над током смещения,

благодаря чему при распространении поверхностной волны происходит лишь незначительное поглощение энергии. Важным свойством длинных волн является то, что такие сигналы не испытывают чрезмерного поглощения энергии электромагнитного поля проводящим слоем пород.

Поисковая система представляет собой радиолокационную систему с активным ответчиком. Пассивный ответчик не обладает необходимой энергетикой в условиях сильного затухания электромагнитного поля. Активный же приемоответчик на выходе дает мощный сигнал, необходимый для обеспечения требуемой дальности связи. Приемоответчик или «маячок» размещается непосредственно на объекте поиска. Для идентификации объекта «маячок» формирует сигнал с уникальной частотой. Для одновременного приема сигналов от нескольких «маячков», их частоты должны быть отличными друг от друга. Питание «маячка» осуществляется от аккумулятора головного светильника. Не исключено автономное питание «маячка» с периодической подзарядкой от основного аккумулятора, так как может возникнуть ситуация, когда аккумулятор светильника полностью разрядится.

Поисковая система включает в себя несколько «маячков» по числу шахтеров, работающих в забое и три поисковых устройств, которые осуществляют поиск по принятым сигналам от «маячков». Каждое поисковое устройство производит селекцию принятых сигналов по частоте, а по уровню этих сигналов определяет дальность до объекта поиска. Зная три расстояния до объекта поиска, измеренные из трех разных точек и решив тригонометрическую задачу, можно определить координаты каждого радиомаяка.

Поисковая система работает следующим образом. Поисковое устройство генерирует короткий импульс большой мощности, который принимается магнитной антенной «маячка», далее усиливается и активизирует приемоответчик. Каждый «маячок» периодически, в течение определенного времени генерирует и излучает в пространство свой уникальный сигнал. Этот сигнал принимается антенной катушкой поискового устройства, которая настраивается на максимум принимаемого сигнала путем поворота ее в азимутальной плоскости. Принятый сигнал является результатом действия исключительно магнитных сил и численно равен ЭДС индукции, наведенной в приемной катушке. По уровню этого сигнала

можно судить о расстоянии до объекта поиска. Зная расстояния от «маячка» до каждого поискового устройства можно определить координаты его нахождения под завалом.

«Маячок» представляет собой приемопередатчик, который по принятому сигналу запроса от поискового устройства формирует и передает гармонический низкочастотный сигнал, по уровню которого на приемной стороне определяется его местоположение. Исходя из выполняемых задач, «маячок» имеет магнитную антенну, приемный и передающий тракт; а также устройство управления в виде микроконтроллера (МК). Необходимость применения МК для обработки сигналов приемной части (ПЧ) «маячка» и управления передающей частью (ПДЧ) объясняется достаточной сложностью выполняемых им логических функций. Принцип действия «маячка» представлен структурной схемой на рис. 3.56.

«Маячок» включает в себя: магнитную антенну МА, устройство ограничения УО, избирательный усилитель ИУ, пороговый детектор ПД, микроконтроллер МК, формирователь сигнала ФС и усилитель мощности УМ. И – индикатор.

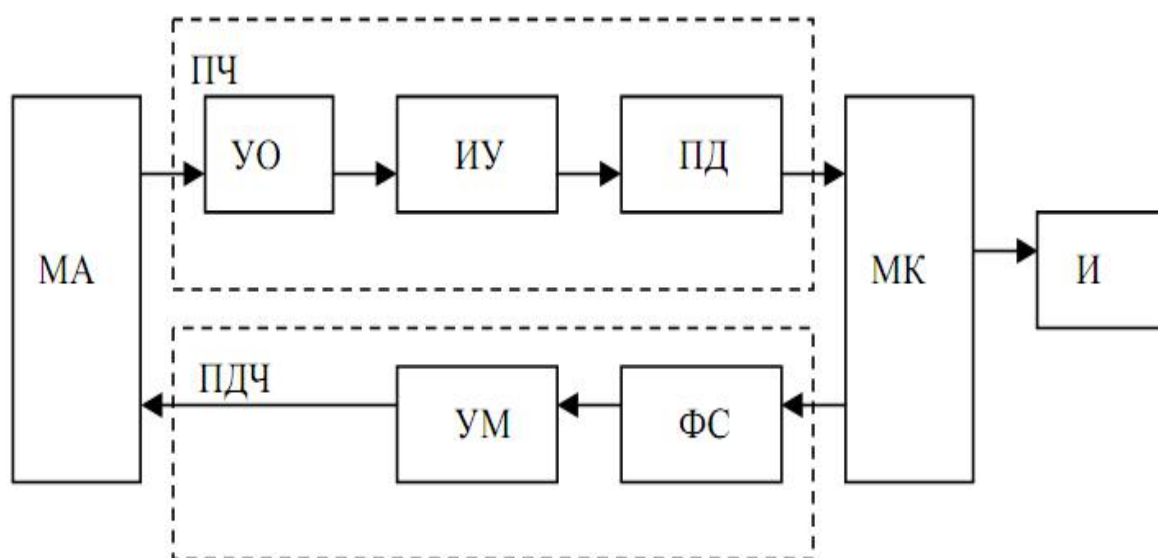


Рис.3.56. Структурная схема «маячка»

Сигнал поискового устройства, принятый магнитной антенной, поступает через устройство ограничения на интегральный усилитель, в котором усиливается до необходимого уровня. Пороговый детектор срабатывает на этот сигнал и формирует управляющий сигнал для микроконтроллера. Получив команду от порогового детектора,



микроконтроллер включает формирователь сигнала, который генерирует сигнал определенной частоты. Этот сигнал усиливается усилителем мощности и поступает на вход магнитной антенны. Устройство ограничения необходимо для того, чтобы излучаемый сигнал антенной «маячка» не попадал обратно на вход «маячка». Индикатор предназначен для оповещения шахтеров о том, что их ищут. Упрощенная структурная схема поискового устройства изображена на рис.3.57.

Поисковое устройство состоит из следующих блоков: ЗГ – задающий генератор, УМ – усилитель мощности, МА1 – магнитная антенна, предназначенная для излучения пускового импульса. МК – микроконтроллер, ИУ – избирательный усилитель, И – индикаторное устройство и МА2 – магнитная антенна, предназначенная для приема сигнала от «маячка». Задающий генератор формирует зондирующий радиочастотный импульс. В усилителе мощности этот сигнал усиливается до нужного уровня. В МА1 этот сигнал создает магнитное поле, которое воздействует на «маячок». По полученному сигналу «маячок» генерирует ответный сигнал, который принимается МА2. Принятый сигнал усиливается в ИУ и анализируется с помощью микроконтроллера. Результаты обработки и вычисления выводятся на индикатор.

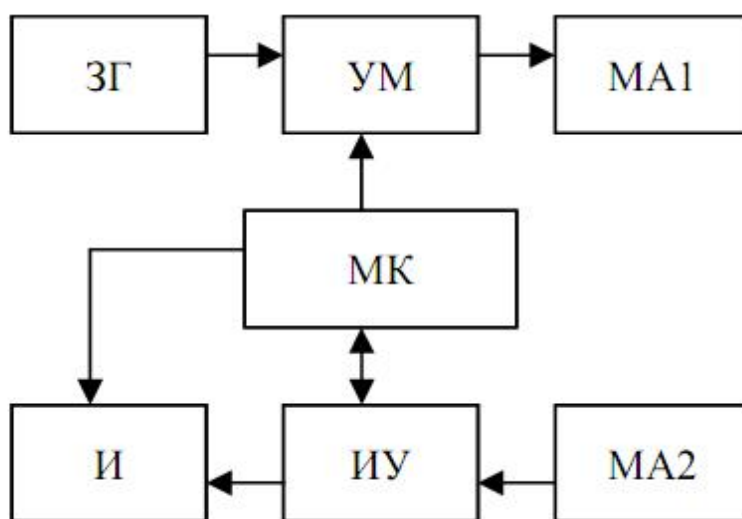


Рис. 3.57. Структурная схема поискового устройства

Антенна «маячка», как и антенна поискового устройства, представляет собой катушку с ферритовым сердечником. В

технической литературе такие антенны принято называть магнитными ферритовыми антеннами, и они относятся к классу рамочных антенн. Так как дальность связи ограничивается ста метрами, а рабочая длина волны составляет несколько километров, то можно считать рабочую дистанцию поисковой системы ближней или индуктивной зоной излучения антенны. В ближней зоне излучения передающей антенны всегда преобладает магнитная компонента электромагнитного поля, и которая не претерпевает существенного затухания в горных породах, поэтому наиболее удачным является применение именно этого класса антенн в качестве передающих. С другой стороны, магнитные антенны более восприимчивы к переменному магнитному полю. Электрическая составляющая поля в ближней зоне мала и к тому же ослаблена проводящим слоем горных пород, поэтому при зондировании переменного магнитного поля ею можно пренебречь. Это объясняет использование магнитных ферритовых антенн в качестве принимающих.

Рассмотрим физические процессы, которые происходят при работе поисковой системы. Катушка «маячка» возбуждается переменным током низкой частоты. В результате этого, вокруг нее возникает переменное магнитное поле. Магнитный поток, меняющийся во времени, пронизывает приемную катушку. Благодаря свойствам электромагнитной индукции в приемной катушке возникает ЭДС индукции, которая по закону Фарадея равна скорости изменения магнитного потока, сцепленного с контуром:

$$E = \frac{d\Phi}{dt}.$$

Как известно электроны в неподвижной катушке могут приводиться в движение только электрическим полем. Работа этого поля при перемещении единичного положительного заряда по замкнутому контуру равна ЭДС индукции в неподвижном проводнике. Причиной возникновения вихревого поля является исключительно переменное магнитное поле, поэтому в нашем случае имеется только индукционный источник, а сторонние силы отсутствуют. Вихревое магнитное поле, создаваемое передающей катушкой, убывает по своей интенсивности обратно пропорционально кубу расстояния. От величины индукции

магнитного поля в точке приема будет зависеть значение ЭДС индукции в приемном контуре. Также значение ЭДС зависит от взаимного расположения приемной и передающей катушек. Ферритовой сердечник внутри катушки позволяет существенно увеличить магнитный поток в направлении оси катушки. Поэтому при соосном ориентировании приемной и передающей катушек можно добиться максимального сигнала на входе приемника. Положение магнитной катушки «маячка» в пространстве является произвольным, так как сам «маячок» находится у шахтера, которого необходимо отыскать. Поэтому во время проведения операции поиска невозможно знать взаимное расположение катушек «маячка» и поискового устройства. Катушка поискового устройства является подвижной, и, вращая ее, можно настроиться на максимальный принимаемый сигнал. При этом положение катушки поискового устройства будет соответствовать некоторому положению, отличному от соосного взаимного расположения катушек. При таком положении приемной и передающей катушек уровень принимаемого сигнала будет отличаться от максимального уровня. Однако при настройке на максимум эти отличия не значительны при заданной точности определения дальности. Экспериментальным путем определена зависимость уровня принимаемого сигнала поисковым устройством от расстояния до «маячка». Эксперимент был проведен на открытом воздухе и вдали от промышленных объектов. В связи с этим было исключено влияние промышленных шумов, паразитных полей и других факторов, отрицательно влияющих на точность полученных результатов. Впоследствии был проведен эксперимент внутри шахты под землей, при котором наблюдался уверенный прием сигнала от «маячка» и дал близкие результаты в сравнении с результатами, приведенными на рис.3.58.

Из графиков (рис. 3.58) видно, что характер их поведения имеет вид функции  $1/x^3$ , где  $x$  – расстояние до передатчика. На малых дальностях – менее 5 м, наблюдается эффект насыщения, вызванный нелинейностью усилителя приемного устройства. Также видно, что погрешность измерения дальности уменьшается с уменьшением расстояния.

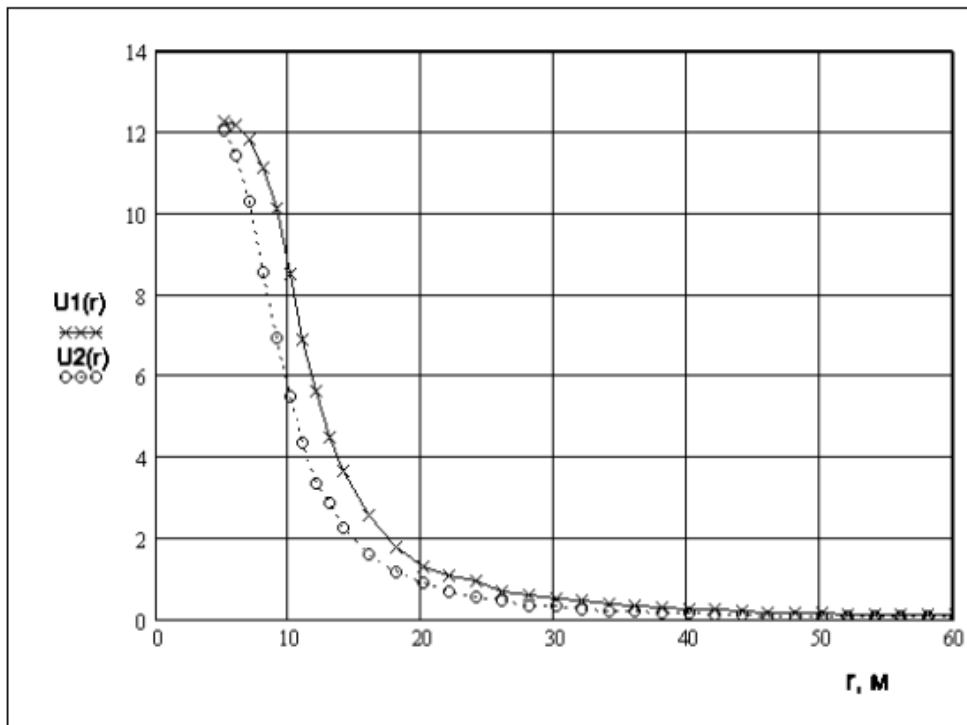


Рис. 3.58. Экспериментальные зависимости от расстояния уровня принимаемого сигнала:  $U_1(r)$  – при соосном расположении катушек;  $U_2(r)$  – при вертикальном положении осей катушек

Для определения координат объекта поиска и направления поиска необходимо использовать три поисковых устройства, разнесенных на определенное расстояние. Каждое поисковое устройство определяет расстояния до «маячка» и, решая, таким образом, тригонометрическую задачу, определяется направление поиска и координаты объекта поиска.

В целях обеспечения быстрого и эффективного поиска горнорабочих, застигнутых обрушением горных выработок по заказу ГВГСС разработан комплекс средств поиска пострадавших в завалах "Пеленг" (рис.3.59).

Комплекс состоит из блока излучения (БИ), представляющего собой автоматически запускаемый по определенному алгоритму импульсный радиопередатчик, встраиваемый в шахтный индивидуальный светильник, и носимого приемника сигналов (ПС), используемого горноспасателями.

Ориентировочное местонахождение пострадавшего определяется по ориентации приемника на завал с нескольких точек контроля.

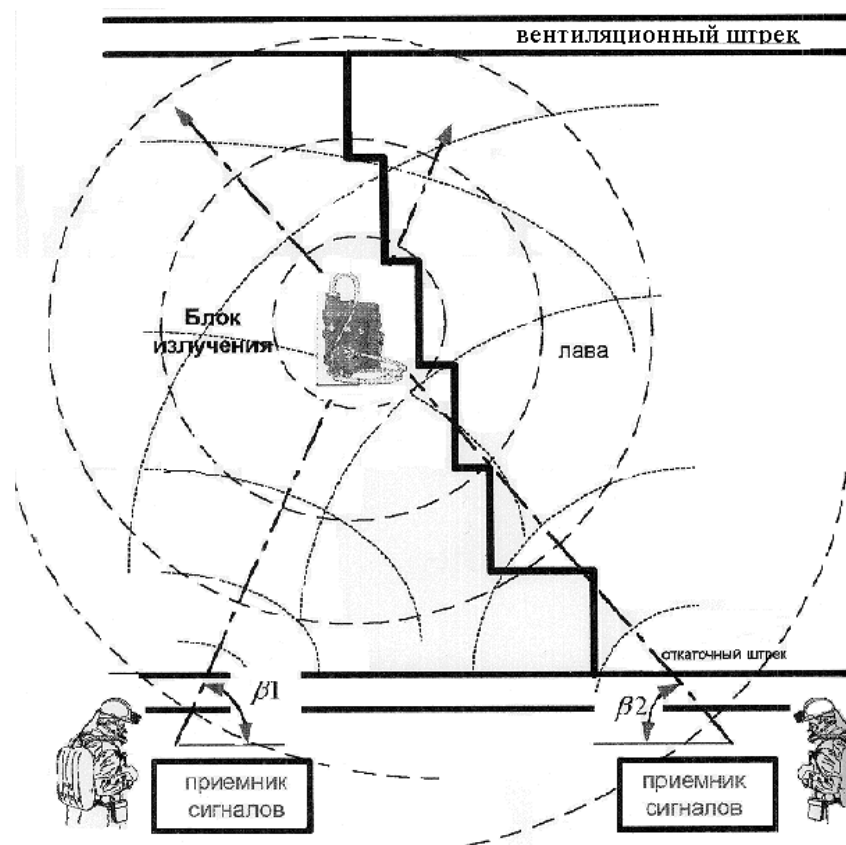


Рис. 3.59. Поиск горняков в завале комплексом средств "Пеленг"

Основные технические характеристики комплекса "Пеленг"

|  |            |
|--|------------|
| Рабочая частота передатчика, Мгц   | 2±0,5      |
| Продолжительность неподвижного состояния светильника, при котором происходит автоматическое включение передатчика, минут | 5          |
| Мощность передатчика (в импульсе), Вт, не более  | 1,0        |
| Напряжение питания блока излучения, при котором обеспечивается его работоспособность, В                                  | 2,5....4,2 |
| Продолжительность непрерывной работы блока излучения, ч, не менее  | 10         |

Американская поисковая система Strata CommTrac (рис.3.60) фирмы Strata Products Worldwide, LLC является полностью беспроводной, искробезопасной связью и системой слежения в подземных горных условиях. От узла к узлу Strata CommTrac передает текст и данные о местоположении между: системой "шахтёр-поверхность"; системой "поверхность-шахтёр"; системой "шахтёр-шахтёр".



Рис. 3.60. Американская поисковая система Strata CommTrac фирмы Strata Products Worldwide, LLC

Система Strata CommTrac мобильных и фиксированных узлов, позволяет отправлять и получать текущую информацию. Легкое устройство интерфейса (мобильный узел) крепиться к поясу шахтера или жилету. Мобильные узлы передачи места идентификатора шахтера передают и получают каждые 30 секунд сообщения через фиксированные узлы в шахте.

Небольшие, прочной конструкции, фиксированный узлы имеют внутреннюю антенну. Длительный срок службы внутренних батарей позволяет долговременно передавать сообщения и данные о местоположении для мониторинга.

Компанией «Дрэгер Сейфти» (Германия) разработано и предложено поисковое устройство FRT 1000. Оно предназначено для поиска людей в шахтах при различных видах аварий. Это легкий, компактный прибор массой не более 200г, удобен для горноспасателей, а также может применяться любыми пользователями, работающими в зонах риска. Два человека, снабженных таким устройством, могут легко обнаружить друг друга в радиусе 30 м, что существенно снижает время поиска, особенно в зонах ограниченной видимости. Кроме точной ориентировки по направлению, приборы определяют также расстояние. При работе в зонах ограниченной видимости используются также маяки ETR 1000, устанавливаемые в качестве ориентиров. Совместное применение поисковых приборов и маяков может оказать неоценимую помощь в поиске людей, попавших в беду.

### **3.7. Ликвидация последствий аварий**

#### **3.7.1. Ликвидация последствий взрыва метана и угольной пыли**

Ликвидация последствий взрывов метана и угольной пыли характеризуется следующими особенностями: отсутствием информации о газовой обстановке в выработках, нарушением их проветривания из-за выхода из строя вентиляционных сооружений и остановки ВМП; опасностью повторных взрывов, особенно при осложнении взрыва пожаром; наличием завалов в выработках в ряде случаев непроходимых, высокой психоэмоциональной нагрузкой на личный состав горноспасательных отделений при извлечении и транспортировке на поверхность травмированных и погибших шахтеров.

Главной целью ведения аварийно-спасательных работ является установление мест нахождения людей в шахте и их спасение. Для этого перед отделениями, направляемыми в горные выработки, ставят следующие основные оперативно-тактические задачи:

- провести разведку для уточнения места взрыва, характера его развития и размеров зоны поражения;
- определить местонахождение и количество застигнутых аварией людей; оказать медицинскую помощь пострадавшим;

- измерить температуру и газовый состав на маршрутах движения;

- при незначительных разрушениях вентиляционных устройств восстановить проветривание аварийного участка.

Маршруты первым горноспасательным отделениям обычно определяют на командном пункте (КП) на основании первоначальной информации, получаемой от служб шахты о возможных местах нахождения людей, а последующим - по уточненной информации, поступающей из шахты. На КП оценивают возможность появления осложняющих факторов, таких как повторные взрывы, пожары, загазирование смежных участков и разрабатывают мероприятия по их предупреждению и ликвидации, обосновывают необходимые режимы проветривания аварийного участка и шахты, принимают меры по обеспечению устойчивого проветривания и разгазирования выработок.

Для обследования выработок аварийного участка обычно первое отделение следует по выработкам с исходящей струей воздуха, второе – с поступающей. Количество отделений и врачей РПГ, привлекаемых для ликвидации последствий взрыва, должно быть достаточным для оказания помощи и эвакуации всех пострадавших. Оснащение горноспасательных отделений и РПГ должно соответствовать таблице для этого вида аварий, а также необходимому оборудованию для выполнения работ в конкретной обстановке, сложившейся в зоне развития аварии.

Управление вентиляцией должно быть направлено на предотвращение опасности повторных взрывов, на обеспечение пригодной для дыхания состава воздуха на главных путях выхода рабочих из шахты и в выработках, где возможно нахождение большого количества людей. При нормальном режиме проветривания возможно увеличение подачи свежего воздуха. Для сокращения протяженности выработок, по которым распространяются продукты взрыва, применяют закорачивание исходящей вентиляционной струи. В ряде ситуаций возможно проведение общешахтного или местного реверсирования струи на период выхода людей или выполнения определенного вида работ.

При разрушениях вентиляционных устройств незамедлительно принимаются меры по их восстановлению или возведению временных устройств, например парашютных перемычек, кроссингов



из металлических труб. Для снижения газовыделения на аварийном участке усиливают или налаживают дегазацию сближенных угольных пластов и выработанного пространства скважинами, а при суфлярных выделениях производят изолированный отвод газа. При осложнении взрыва пожарами ликвидируют очаги горения в соответствии с оперативными планами, в которых отражаются тактические приемы, применяемое оборудование и пожаротушащие материалы, режим проветривания, вопросы безопасности работающих отделений и т.д.

Если на пути горноспасательных отделений встречен завал, то при наличии прохода, производят его осмотр, установку временной крепи и поочередный переход опасной зоны респираторщиками отделения.

При необходимости включения электроэнергии (для быстрого подъема пострадавших по наклонным и вертикальным выработкам, для механизации разборки завалов и других видов аварийных работ) электроэнергия может быть подана на участок при достоверных данных об исправности электрооборудования и его взрывозащиты и концентрации метана в выработках не более 1 %.

При передвижении отделений по выработкам с поврежденной крепью необходимо производить оборку нависших глыб, установку верхняков и стоек для обеспечения возможности обратного выхода из этих выработок. Горноспасательные работы должны выполняться так, чтобы находящиеся в выработке электрооборудование, аппаратура, светильники и все, что могло стать причиной воспламенения метана, оставались на своих местах до прибытия специальной комиссии по расследованию причин и обстоятельств взрыва. В случае необходимости изменения их положения делается эскиз этого места и описание начального состояния оборудования и его положения.

Эффективность ведения аварийно-спасательных работ в начальный период во многом зависит от достоверности полученной информации о характере аварии и своевременности вызова горноспасателей. Кроме того, эти условия являются определяющими при принятии решения о привлечении дополнительных сил, сверх предусмотренных диспозицией выездов, и технического оснащения, направляемого в первую очередь на аварийный объект.

Ярким примером неправильной информации об аварии и о сложившейся в шахте обстановке является вызов в 19 ч 06 мин 14.02.90 г. второго взвода 3 ВГСО горным диспетчером по роду аварии "пожар" на шахте им.К.И. Поченкова ПО "Макеевуголь". Через 18 мин после вызова на шахту прибыли два отделения. Им было выдано задание следовать в 1-ю западную лаву для спасения людей и ликвидации очагов пожара. Несколько позже директор шахты сообщил, что в забое конвейерного штрека 2 западной лавы пласта L<sub>1</sub> произошел внезапный выброс угля и газа.

К 19 ч 40 мин на шахту прибыло пять отделений и командный состав взводов и штаба отряда. Дополнительно к ранее спустившимся в шахту еще одно отделение немедленно было направлено на вентиляционный штрек 1-й западной лавы и в лаву для обследования горных выработок и вывода людей.

К 19 ч 49 мин от горнорабочих шахты стало известно, что в 1-й западной лаве произошел взрыв, так как был отмечен сильный "толчок" воздуха и по выработкам пошла пыль. Последующие отделения с врачами РПГ были направлены на аварийный участок для вывода людей, оказания им медицинской помощи, восстановления вентиляционных устройств и ликвидации возможных очагов пожара. Состояние выработок свидетельствовало о произошедшем взрыве. В ходе ведения спасательных работ в 21 ч 10 мин произошел взрыв, при котором были травмированы помощник командира взвода и респираторщик. Отделение отвели на свежую вентиляционную струю. Через 2 часа произошел еще один взрыв. Периодически повторяющиеся взрывы свидетельствовали о наличии очагов горения на участке и постоянном притоке метана в выработанное пространство, обуславливающим формирование взрывоопасных концентраций метана в течение 2 ч.

Взрывы вызвали обрушение пород и нарушение проветривания. Высокие температура и задымленность, опасность взрыва и недоступность очагов горения обусловили необходимость изоляции западного крыла с возведением перемычек на безопасных расстояниях и инертризацией среды в выработках газогенератором ГИГ-1500. Для снятия депрессии с аварийного участка возвели три камеры выравнивания давления, в которые подавали воздух вентиляторами ВМЦ-1М и ВП-6. Окончательное подавление очагов горения было достигнуто затоплением участка.

При взрыве, осложненном пожаром, получили смертельные травмы 13 горняков, а 18 человек - отравления оксидом углерода и механические повреждения различной степени тяжести. В спасательных работах принимало участие 40 отделений различных отрядов Донецкой и Луганской областей. Аварийно-спасательные работы до начала затопления проводились в течение 4 суток, длительность затопления - около 10 суток. Дальнейшие горноспасательные работы были направлены на сокращение изолированного объема выработок и разведку участка. Затем работы перевели в разряд технических, они заключались в откачивании воды и контроле газовой обстановки на аварийном участке и в выработках соседних шахт, с которыми возможна аэродинамическая связь через обрушенный массив пород.

К тяжелым последствиям и сложным условиям ведения аварийно-спасательных работ приводят взрывы в подготовительных выработках. Например, на шахте №13 бис ПО "Макеевуголь" взрыв метановоздушной смеси в призабойной части 2-го западного вентиляционного штрека, произошедший 02.05.94 г. был следствием грубых нарушений требований Правил безопасности. Штрек проходил при помощи комбайна ГПКС с незначительным опережением 2-й западной лавы. По этому штреку подавалась свежая струя воздуха в лаву, причем его количество не соответствовало фактической газообильности участка, которая на момент аварии равнялась 0,055 м<sup>3</sup>/с при принятой к расчету 0,03 м<sup>3</sup>/с. По вентиляционному штреку на протяжении около 200 м за вентилятором ВМ-6, подающим воздух в забой штрека, практически не было движения воздуха. Это обусловило образование слоевых скоплений метана, которые до аварии не контролировались и не учитывались. В пробах воздуха, отобранных в ходе ликвидации последствий взрыва в вентиляционном штреке максимальная доля метана была: у окна лавы 8,1 %; в 15 м от лавы у кровли - 46 %, в 20 м от лавы 49 и 73 %. Кроме того, системой автоматического контроля АКМ до аварии неоднократно фиксировались повышенные концентрации метана (0,5...0,7 %) в поступающей в лаву струе. Однако меры по снижению концентрации метана не были приняты. На момент аварии датчик АКМ отставал от лавы на 41 м при допустимых 5 м. Из-за низкой эффективности дегазация на участке была прекращена за 2 мес. до аварии.

По заключению комиссии источником воспламенения и последующего взрыва метановоздушной смеси послужило искрение при соприкосновении оголенных жил кабеля освещения комбайна с металлической оплеткой кабеля. Комбайн находился в 10 м от забоя штрека.

Первоочередные действия горноспасателей были направлены на обнаружение пострадавших и увеличение подачи воздуха на аварийный участок. Через 5 ч все 12 погибших горняков были доставлены на подземную базу. Во время ведения спасательных работ в лаву поступало около  $5 \text{ м}^3/\text{с}$  воздуха, что не позволяло обеспечить допустимую газовую обстановку. Путем возведения трех временных вентиляционных сооружений в ряде выработок была опрокинута вентиляционная струя в лаве и увеличен расход воздуха по ней до  $6,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , что улучшило газовую обстановку на аварийном участке. Дальнейшими работами удалось еще увеличить подачу воздуха в шахту путем возведения четырех капитальных перемычек. Места их установки определены по результатам депрессионной съемки. Аварийно-спасательные работы по ликвидации последствий взрыва были завершены. В работах по ликвидации аварии в соответствии с диспозицией выездов принимали участие оперативные отделения и медицинские работники еще трех отрядов ГВГСС, дислоцированных в Донецкой области.

Следует отметить, что многие пострадавшие были обнаружены без самоспасателей. Техническим надзором шахты своевременно не принимались меры по устранению причин загазования выработок и обеспечению стабильного проветривания всех выработок с расходом воздуха, соответствующим фактическому газовыделению. Допускалась эксплуатация электрооборудования с нарушенной взрывозащитой, а также с загрубленной блокировкой газовой защиты. Выявление нарушения требований безопасности, отмеченные в предписаниях профилактической службы ГВГСС, не всегда оперативно устранялись.

В возникновении наиболее тяжелого по последствиям взрыва 04.04.98 г. на шахте им.А.А.Скочинского ГХК "Донуголь" также определяющими явились неправильные действия производственного персонала, допустившего взрывоопасное загазование зоны бункера на магистральном конвейерном штреке и неисправность

электрооборудования, явившегося причиной воспламенения метановоздушной смеси. Неудовлетворительное состояние средств пылевзрывозащиты выработок обусловило участие во взрыве пыли, поражающие факторы которого распространились по выработкам двух выемочных участков общей протяженностью около 2700 м.

При взрывах в протяженных тупиковых выработках аварийно-спасательные работы обычно проводятся в условиях повышенных температур. На шахте им.Г.М.Димитрова ПО "Красноармейскуголь" взрыв метановоздушной смеси и пыли произошел 03.02.85г. в призабойном пространстве 9-го южного конвейерного штрека в 1380 м от людского ходка. Скопление метана образовалось из-за его интенсивного выделения из отбитого при взрывных работах угля и неудовлетворительного проветривания призабойной части из-за повреждения вентиляционного трубопровода. Источником воспламенения могло послужить выгорание ВВ. Наличие на стенках выработки отложений взрывоопасной пыли и неудовлетворительная сланцевая защита способствовали распространению взрыва на большое расстояние.

Тяжесть аварии была вызвана присутствием восьми человек в тупиковой выработке при ведении взрывных работ, поздним вызовом (через 1 ч после взрыва) горноспасателей и значительной удаленностью аварийного участка - около 6 км от дневной поверхности.

В выработках южного крыла находились 32 человека, половина из них вышла самостоятельно из шахты. Восемь горняков, застигнутых аварией на вышележащем горизонте в 8-м южном конвейерном штреке, были выведены и вынесены на свежую струю членами ВГК. Первыми прибывшими в аварийную выработку горноспасательными отделениями было установлено нарушение проветривания выработок крыла из-за закорачивания струи и высокая загазованность воздуха продуктами взрыва. В разведанной части 9-го южного конвейерного штрека (200 м) крепь была полностью выбита, кровля местами обрушена, заполнив на 1/2...1/3 сечение выработки, температура равнялась 37...38°C, содержание оксида углерода - 3,1 %, метана - 0,7 %, кислорода -14,2 %, сплошная задымленность. Судьба восьми человек была неизвестна. Первоочередные действия горноспасателей заключались в восстановлении проветривания для разгазирования и снижения

температуры воздуха в 9-м южном конвейерном штреке. Для материально-технического обеспечения аварийно-спасательных работ на свежей струе была организована подземная база. В зону повышенных температур (ЗПТ) отделения направлялись экипированными индивидуальными средствами противотепловой защиты – куртками ТК-40, респираторами со снаряженным льдом холодильниками. Для увеличения продолжительности работы отделений в ЗПТ в 500 м от устья штрека установили комплекс бокс-базы горноспасательной КБГ с подачей сжатого воздуха в нее от передвижной компрессорной установки ШВ-5. Это позволило в короткие сроки разгазовать 600 м штрека и разведать следующие 460 м загазованной выработки. Было установлено, что температура воздуха в непроветриваемой части составляла 38 °С, доля оксида углерода достигла 6 %, выработка на 1/3 сечения завалена породой и элементами крепи. Для разведки оставшихся 320 м выработки было произведено разгазование большей ее части и организована вторая, передовая база отдыха КБГ. Пострадавших без признаков жизни обнаружили двумя группами по четыре человека в 110 и 165 м от забоя штрека. Температура у места нахождения пострадавших составляла 38 и 40 °С, содержание метана - 38 %, оксида углерода достигала 6 %, кислорода 7 %. Работы по эвакуации пострадавших продолжались более 20 ч и велись на пределе физических и психологических возможностей респираторного и командного состава горноспасательной службы. Непосредственно в загазированной среде при температуре 37...40 °С отделения работали по 20...30 мин, затем возвращались для кратковременного отдыха (5...10 мин) у выходящей из вентиляционной трубы струи воздуха. При более более длительном отдыхе в КБГ, где температура равнялась 28...30 °С и был свежий воздух, респираторщики восстанавливали силы, снимали нервное перенапряжение, утоляли жажду. Это позволило отделениям находиться в загазованной выработке в течение 3...4 ч и выполнять тяжелую работу в экстремальных условиях. В бокс-базах №1 и 2 и в выработке со свежей струей были оборудованы подземные медицинские базы, в которых постоянно находились медицинские работники службы. Они контролировали физические и психоэмоциональное состояние респираторщиков и командиров перед уходом в загазованную среду и после возвращения из нее. В случае необходимости личному

оперативному составу оказывалась медицинская помощь. Если за время отдыха артериальное давление, температура тела, частота пульса и дыхания не восстанавливались до нормы, то человек не допускался к повторной работе.

В аварийно-спасательных работах принимали участие более 60 отделений, которые в условиях повышенной температуры (32...40°C) отработали в респираторах около 9 тыс.чел.-ч. В ряде случаев к выполнению различного рода работ одновременно привлекались до 40 отделений. В среднем в каждую смену продолжительностью четыре часа работало восемь отделений. В выработку с повышенной температурой и концентраций оксида углерода более 1 % одновременно направляли не менее двух отделений. Работы, как правило, выполнялись в респираторах с панорамными масками. За время ликвидации аварии было использовано более 8 тыс. брикетов льда, замораживаемых в установке "Зима", характеристика которой приведена в разд.5.2.

Несмотря на принимаемые меры по защите личного состава от воздействия повышенной температуры, в ходе разгазирования выработки и эвакуации пострадавших 24 горноспасателя получили поражения от перегревания различной степени тяжести, из них четыре человека были госпитализированы. После недельного пребывания в стационаре они приступили к исполнению своих обязанностей.

В ходе ведения аварийно-спасательных работ связь с КП, подземной и промежуточными базами осуществлялась по телефону, а с работающими в зоне повышенных температур отделениями и между бокс-базами и подземной базой - с помощью аппаратов проводной и высокочастотной связи "Уголек", "Шахтофон" и "Кварц".

Газовый состав в местах ведения работ определяли через каждые 15 мин с помощью химических газоопределителей типа ГХ, дважды в смену отбирались пробы воздуха для лабораторного анализа.

На КП постоянно работала группа специалистов, выполняющих оперативный учет заданий отделениям, разрабатывающих планы передвижения и работы отделений в зонах повышенных температур, графики изменения газовой и температурной обстановки, определяющих необходимую

численность отделений и количество различных материалов для выполнения объема работ, предусмотренных оперативным планом, а также рассчитывающих потребность в средствах противотепловой защиты личного состава и выполняющих другие технические расчеты.

В ходе ведения аварийно-спасательных работ, продолжавшихся около 7 суток, были доставлены и смонтированы более 5500 кг вентиляционных труб, доставлены и использованы 15000 кг пожарных рукавов, 120 контейнеров по 27 кг каждый с охлаждающими элементами для противотепловых курток, более 1,4 тыс. сумок-холодильников с охлаждающими элементами для респираторов, два комплекта КБГ и другое горноспасательное оснащение и оборудование. На заключительной стадии после обследования специальной комиссией выработки в сопровождении двух отделений были выполнены следующие работы: демонтированы и выданы КБГ, на расстоянии 680 м от устья штрека рассоединили вентиляционные трубы, возвели временную чураковую перемычку и разгазировали этот участок выработки. Затем шахта приступила к восстановлению штрека на разгазированном участке.

При организации ликвидации последствий взрыва прежде всего встает задача: установить масштабы аварии и спасти людей. В дальнейшем порядок работ определяется характером аварии, но первоочередными работами являются:

восстановление вентиляции, хотя бы по временной схеме, для решения задачи спасения людей;

разборка завалов и загромождении выработок для решения задачи спасения людей.

Затем восстанавливаются нормальная вентиляция и очищаются выработки.

Восстановление вентиляции по временной схеме - подача свежего воздуха в выработки, где могут быть люди, производится с использованием инвентарных средств ВГСЧ: надувных перемычек, передвижных вентиляторов, вентиляционных труб, мягких перемычек и подручных средств. Эта мера особенно нужна, когда к пострадавшим нет прямого доступа вследствие завала и загромождения выработок при взрыве. Восстановление обрушенных выработок имеет по существу те же цели: получить доступ к



пострадавшим или, по крайней мере, подать им свежий воздух, медикаменты, пищу и воду.

Если взрыв осложнен очагами пожара, то одной из первейших задач является их ликвидация.

При всех взрывах, тем более крупных и с очагами пожаров, решающим условием по облегчению последствий является быстрота действий и немедленное принятие мер. При этом, важное значение имеют психологическая и квалификационная подготовка персонала шахты, и особенно вспомогательной горноспасательной команды (ВГК) и ее бойцов. Своевременные и умелые действия членов ВГК помогают при сложных авариях снизить их тяжелые последствия.

Для облегчения аварийной обстановки организуют проветривание, как правило, по временной схеме путем установки парашютных или надувных перемычек, восстановления кроссингов и т. д. Для подачи свежего воздуха людям, оказавшимся за завалами, используют имеющиеся и уцелевшие трубопроводы любых назначений - воздушные, водопроводы, дегазационные - или пробивают новые трубопроводы через завалы.

По мере разгазирования подводящих выработок вводят в действие вентиляторы местного проветривания для разгазирования тупиковых выработок и участков, оказавшихся за перевалами, или тех, в которых восстановление вентиляционных сооружений - кроссингов, перемычек и т. д. требует длительных работ, а для спасения людей необходима срочная подача свежего воздуха.

### **3.7.2. Ликвидация последствий обрушений**

При ликвидации последствий обрушений горноспасательные отделения следуют к месту аварии с врачами РПГ. Основными задачами являются спасение оказавшихся за завалом людей и восстановление проветривания выработки. Для их выполнения от руководителей ликвидации аварии и горноспасательных работ и привлекаемых отделений требуется:

установить место, характер и размеры зоны обрушения;  
определить число застигнутых аварией людей и предположительные места их нахождения, установить речевую или звуковую кодовую связь с ними;

выбрать технологию и технические средства для разборки завала, проведения поисковых выработок и обеспечения безопасности работающих отделений;

разработать и осуществить мероприятия по первоочередной подаче находящимся за завалом горнякам свежего воздуха, воды, пищи, медикаментов, оказанию им моральной поддержки, а также по обеспечению максимально возможной скорости выполнения работ по извлечению пострадавших, в том числе путем прохождения обходных и поисковых выработок одновременно из нескольких мест.

Для ускорения проведения выработок к работам обычно привлекаются наиболее опытные горнорабочие. При наличии в выработке трубопроводов различного назначения их могут использовать для подачи воздуха, воды и др. Кроме того, могут применять трубопрокладчики ТГ и другое вспомогательное оборудование, бурить специальные скважины. На многих шахтах при ликвидации последствий обрушений успешно применялось горноспасательное оборудование фирмы "Holmatro".

При спасении людей в лавах на крутопадающих пластах, отрабатываемых уступами, в первую очередь проводятся поисковые выработки в кутки уступов (спасательные ниши), где могут находиться люди. Если при обследовании всех возможных мест нахождения людей они не обнаружены, то приступают к проведению выработок в обрушенном массиве. В этом случае обязательно наличие двух независимых выходов в действующую выработку. В поисковых и обходных выработках необходимо устанавливать крепь, исключая повторные обрушения и смещения ранее обрушившихся пород. При ведении работ в наклонных и вертикальных выработках необходимо применять предохранительные пояса и надежно закрепленные подвесные лестницы. Ведение взрывных работ для дробления крупных глыб и обрушения нависающих пород запрещается, если за завалом находятся люди или место их нахождения точно не известно. Применение взрывных работ при проведении поисковых и обходных выработок допускается в исключительных случаях шпуровым методом при допустимой концентрации метана, если после взрывания не произойдет повторное обрушение или смещение пород. Разрешается ведение огневых работ (обычно керосинорезов) при допустимой газовой обстановке, осуществление мер

противопожарной защиты и других мероприятий в соответствии с Инструкцией по ведению огневых работ в подземных выработках и надшахтных зданиях.

Все подземные рабочие и лица технического надзора шахт должны знать правила поведения в случае образования непроходимого завала в выработке. Прежде всего необходимо принять меры по усилению крепи и затем начать подавать сигналы. Первоначально, до получения ответного сигнала, производят многократные удары твердыми предметами (инструментом, породой) по почве, кровле, бокам выработки, по рельсам, трубопроводу, элементам крепи, горно-шахтному оборудованию, периодически включают отбойный молоток. После получения ответного сигнала устанавливают речевую или кодовую связь путем подачи сигналов-ударов в определенной очередности. Приняты две группы сигналов. Первая указывает, сколько человек находится за завалом, при этом удары передают с интервалом 1...2 с. Вторая группа ударов, передаваемых через 10...15 с после первой, информирует о месте нахождения пострадавших, при том каждый удар передают через 5...7 с. Так, в лавах с потолкоуступным забоем количество ударов второй группы соответствует номеру уступа, где находятся люди. В лавах с прямолинейной формой забоя число ударов соответствует ориентировочному расстоянию от места нахождения до откаточного штрека в десятках метров. При обрушениях в тупиковой выработке удары второй группы означают расстояние между забоем и завалом также в десятках метров (или в метрах при завале в призабойном пространстве). Если сигналы, подаваемые застигнутыми обрушением, приняты членами ВГК или горноспасателями, то они передают точно такие же сигналы в подтверждение приема сигнала от пострадавших. Например, кодовый сигнал, услышанный горноспасателями в тупиковой выработке из следующих двух групп ударов: пять быстрых ударов (через 1...2 с), через 10...15 с еще три удара, следующих через 1...2 с означает, что за завалом находятся пять человек, расстояние от забоя до завала 30 м.

Оказание квалифицированной медицинской и психологической помощи пострадавшим, извлеченным из-за или из-под завала, непосредственно у места аварии имеет решающее значение в сохранении жизни, сокращении продолжительности госпитального периода и срока возвращения к труду. Оперативная

медицинская служба, включающая РПГ, за 16 лет своего существования возвратила к жизни многих горняков, оказавшихся в каменном мешке и пользуется заслуженным авторитетом и уважением не только в угольной отрасли, но и среди спасателей различного профиля.

Организация аварийно-спасательных работ при обрушении пород в подготовительной выработке рассмотрена на примере ликвидации последствий аварии на шахте "Центральная" ПО "Красноармейскуголь" 29.05.95г. Звено проходчиков из семи человек работало в забое вентиляционного штрека 4-й южной лавы пласта L<sub>3</sub>. Штрек проводили вприсечку к конвейерному штреку ранее отработанной лавы. Проходку вели комбайном ГПКС с подрывкой пород кровли и почвы. Паспортом крепления штрека предусматривалась металлическая арочная крепь АП-11,2 из спецпрофиля СВП-22 с деревянной затяжкой. При проведении штрека в зоне ПГД в районе целика, оставленного на нижележащем пласте L<sub>1</sub>, отмечались неоднократные обрушения пород кровли на высоту 1,7...2,2 м до сближенного пласта L<sub>3</sub>. Обрушения и вывалы пород вызывали искривление и оседание рам крепи, поломы деревянной затяжки. Паспортом крепления штрека в зоне ПГД предусмотрено увеличение плотности крепи до двух рам на метр.

Обстоятельства аварийного обрушения: после установки рамы крепи звено проходчиков приступило к ее затяжке. Около 7 ч утра произошло внезапное обрушение пород кровли несколько выше пласта L<sub>3</sub>, приведшее к проскальзыванию элементов крепи в замках до упора ножек под верхняками, тип которых не соответствовал паспорту крепления. Обрушившиеся породы засыпали находившихся в забое и у комбайна проходчиков. Звеньевой и один проходчик самостоятельно выбрались из-под завала. Звеньевой сообщил по телефону начальнику участка об аварии в 7 ч 30 мин и подключился к работам по спасению людей, оставшихся за завалом. К 8 ч к месту обрушения прибыли проходчики следующей смены. К 8 ч 04 мин горный диспетчер шахты вызвал подразделение ГВГСС по роду аварии "обрушение". Первые горноспасательные отделения с врачами РПГ прибыли на аварийный участок в 9 ч 06 мин. Врачами была оказана медицинская помощь самостоятельно выбравшимся из-под завала и оба были отправлены на поверхность. Горноспасатели в первую очередь определили местонахождение трех проходчиков за

завалом, установили с ними речевую связь. Пострадавшие засыпаны обрушившейся породой и элементами крепи, находятся в незакрепленном пространстве, к ним нет подхода. Ввиду опасности повторных обрушений произвели установку дополнительной крепи. В 10 ч 30 мин из-под завала был извлечен ученик проходчика и установлена речевая связь с проходчиком, местонахождение которого не было известно. Для транспортирования горной массы в 11 ч 45 мин включили скребковый конвейер. К 14 ч 15 мин трое пострадавших, с которыми установили связь, были извлечены из-под завала. По мере извлечения каждому оказали квалифицированную медицинскую помощь и их транспортировали на поверхность. Последнего из проходчиков извлекли из-под просевших рам крепи без признаков жизни в 15 ч 50 мин. Для отжима крепи применяли пневматические подушки аварийно-спасательного инструмента голландской фирмы "Holmatro". В ликвидации аварии принимали участие шесть горноспасательных отделений, и пять врачей РПГ. Врачи купировали болевой синдром, поддерживали сердечную деятельность, устраняли симптомы возбуждения, улучшали работу почек, восстанавливали нормальное дыхание. Поврежденные конечности обкладывали льдом. Медицинскую помощь оказывали непосредственно в горной выработке, при транспортировке на поверхность и в специализированные отделения лечебных учреждений. Для оказания помощи на догоспитальном этапе применяли аппарат искусственной вентиляции легких ГС-11, горноспасательные носилки НИВ, эластичные бинты Мартенса, гастроэнтеросорбент ВЭСТА и специальные медицинские препараты в зависимости от вида поражения функций организма пострадавшего. Оказанная врачами РПГ квалифицированная помощь позволила избежать осложнений при последующем лечении спасенных проходчиков.

Ради спасения каждого горняка, попавшего в беду, горноспасатели выполняют тяжелейшую и опасную работу, стремясь в кратчайшие сроки пробиться к пострадавшему, особенно если с ним установлена связь. Так, на шахте им.В.И.Ленина ГХК "Макеевуголь" 16 марта 1997 г. в южном ходке №2 пласта  $m_3$  произошло обрушение пород кровли. В забое четыре проходчика производили выемку угля при помощи бурозакладочной машины БЗМ-1. Один проходчик, находившийся под стрелой машины,

оказался под завалом, остальные выбрались самостоятельно. Горноспасатели 3-го Макеевского отряда в течение 7 ч разбирали завал с помощью комплекта спасательного инструмента фирмы "Holmatro" метр, за метром приближаясь к подававшему признаки жизни горнорабочему. Он был извлечен из-под обрушения в удовлетворительном состоянии. Врачи РПГ оказали пострадавшему медицинскую помощь, и горноспасательное отделение транспортировало его на поверхность.

### **3.7.3. Ликвидация последствий внезапных выбросов угля, пород и газов**

При ликвидации последствий внезапных выбросов первоочередные действия горноспасателей должны быть направлены на спасение людей, застигнутых аварией не только на участке или в выработке, где произошел выброс, но и в выработках, которые могли быть заполнены метаном или продуктами взрыва, если после внезапного выброса произошел взрыв метановоздушной смеси.

Прибыв на шахту, руководитель аварийно-спасательных работ совместно с руководителем ликвидации аварии решают следующие тактические задачи: уточняют место внезапного выброса и размеры зоны поражения по информации, полученной из шахты и показаниям приборов системы автоматизированного газового контроля; устанавливают места возможного нахождения людей в сети горных выработок по данным выданных нарядов находящейся в шахте смены и поступавшим из шахты сведениям; устанавливают нарушения в проветривании аварийного и смежных участков предположительно на основании анализа вентиляционной сети или по показаниям системы диспетчерского контроля и управления проветриванием (АТМОС, комплекс КРАУ); устанавливают порядок разгазирования выработок, определяют перечень и необходимое количество технических средств для разгазования аварийной выработки и путей выхода людей на поверхность.

Обычно первое отделение и РПГ направляются к месту аварии по выработкам с исходящей струей воздуха, а второе также с РПГ - с поступающей. В соответствии с табелем минимального оснащения отделения, направляемые для оказания помощи горнякам, застигнутым внезапным выбросом, должны иметь изолирующие

самоспасатели или вспомогательные респираторы в количестве, достаточном для обеспечения всех пострадавших. При спасательных работах принимаются меры по сокращению размеров зоны опасного загазования выработок метаном путем усиления проветривания, восстановления нарушенных вентиляционных устройств, закорачивания вентиляционной струи и других мер.

Для спасения людей, оказавшихся за выброшенными массами угля или породы, производят их выпуск (на крутом падении) или уборку, а также проводят обходные поисково-спасательные выработки с осуществлением всех противовыбросных мероприятий. Количество воздуха, подаваемого на аварийный участок и в проходимые выработки должно быть достаточным для обеспечения концентрации метана в забое и в исходящей струе выработки не более 1 %.

Если в аварийной выработке имеется трубопровод для сжатого воздуха, то он может быть использован для быстрой подачи свежего воздуха людям, оказавшимся за выброшенным углем (породой), перекрывшим все сечение выработки, и для ускорения разгазирования выработки.

Кроме того, для предупреждения возможности взрыва пылегазовоздушной смеси в ходе ведения аварийно-спасательных работ необходимо выполнять следующие дополнительные меры:

- на пластах угля, склонного к самовозгоранию уборку выброшенного угля производить с максимально возможной скоростью, принимать меры по недопущению его самовозгорания путем обработки антипирогенами;

- не допускать интенсивного пылеобразования, убираемый уголь орошать с добавками к воде поверхностно активных веществ (ПАВ), обеспечивающих хорошую смачиваемость угля и пыли;

- исключить возможность искрообразования при работе с механическим оборудованием и инструментом, а также от светильников (не выключать и не включать), телефонного кабеля и телефона (перенести в выработку со свежей струей воздуха). Если в загазованной среде оказался работающий ВМП, то остановить его необходимо отключением электропитания на подстанции, находящейся в выработке со свежей струей воздуха. Подачу электроэнергии на аварийный участок (в выработку) после разгазирования осуществляют только с разрешения ответственного

руководителя работ по ликвидации аварии после получения письменного уведомления главного энергетика шахты о проведенной проверке исправности всего электрооборудования и электросетей, а также аппаратуры их защиты на аварийном участке. На время подачи электроэнергии все люди должны быть выведены в безопасные места.

Подачу воздуха при разгазировании выработки можно осуществлять при помощи кассетного трубопровода горноспасательного вентиляционного (ТГВ), который приспособлен для подсоединения к любому типу ВМП, удовлетворяющему расчетной аэродинамической характеристике сети из необходимого количества секций трубопровода. Аэродинамическое сопротивление сети определяют по формуле

$$R = 0,7 (n + 1) + 0,014 (12n_1 + 6n_2), \quad (3.35)$$

где  $R$  – аэродинамическое сопротивление трубопровода, да Па  $\text{с}^2/\text{м}^6$ ;  $n$  – количество секций трубопровода длиной 50 м для проветривания всей выработки;  $n_1, n_2$  – количество поворотов трубопроводов соответственно на  $90$  и  $45^\circ$ .

Требуемая подача ВМП  $Q_{\text{в}}, \text{ м}^3/\text{с}$ , складывается из необходимого расхода воздуха по выработке  $Q^3, \text{ м}^3/\text{с}$ , принимаемого из паспорта для тупиковой выработки или для выемочного участка, и из суммарных утечек воздуха,  $Q_{\text{ут}}, \text{ м}^3/\text{с}$ , по длине трубопровода

$$Q_{\text{ут}} = 0,033 n$$

Необходимый напор, создаваемый ВМП, определяют из выражения

$$h_{\text{в}} = R Q_{\text{в}}^2 \quad (3.36)$$

По аэродинамическим характеристикам ВМП принимают его тип, обеспечивающий расчетные значения  $Q_{\text{в}}$  и  $h_{\text{в}}$ .

Технология разгазирования выработки с использованием ТГВ определяется ее протяженностью и температурой воздуха. В выработках протяженностью до 1000 м с температурой воздуха не выше  $27^\circ\text{C}$  применяют непрерывное разгазирование с поочередным



присоединением кассет к нагнетательному патрубку ВМП и прокладкой трубопровода каждой кассеты. Если температура в выработке протяженностью до 1000 м превышает 27 °С, то производится поэтапное разгазирование и снижение температуры воздуха до 27 °С участками по 50...100 м, т.е. путем поочередной прокладки одной-двух секций до достижения нормальной газовой обстановки и снижения температуры на каждом участке выработки. При большой протяженности выработки и высокой температуре разгазирование осуществляют путем прокладки двух трубопроводов от одного или двух ВМП, опережение одного трубопровода другим должно составлять 50 или 100 м. И в этом случае процесс разгазирования и снижения температуры может осуществляться непрерывно или поэтапно.

Ход ликвидации последствий внезапного выброса угля и газа рассмотрен на примере шахты им.60-летия Советской Украины ПО "Донецкуголь".

При сотрясательном взрывании в забое флангового ходка 6-й западной лавы пласта  $h_8$  23 апреля 1996 г. произошел внезапный выброс угля и газа, в результате которого погибли горный мастер и мастер-взрывник.

На стойке приема информации диспетчера комплекса "Метан" в 4 ч 20 мин приборы зафиксировали резкий "всплеск" концентрации метана и отключение электроэнергии на контролируемом объекте. Главный инженер в соответствии с планом ликвидации аварий дал команду на выводение людей из угрожаемых выработок, на выключение подачи электроэнергии на западное крыло шахты. По роду аварии "внезапный выброс" в 7 ч 55 мин был вызван взвод ГВГСС, с которым прибыла РПП из трех врачей. К 8 ч 30 мин на шахте было сосредоточено пять горноспасательных отделений, восемь командиров ГВГСС и пять медицинских работников. Подразделения ГВГСС получили задания по выполнению разведки на аварийном и смежных участках, по обнаружению людей, оказанию медицинской помощи пострадавшим и выводу людей на свежую струю. К 9 ч из шахты были выведены 42 человека. Одновременно велись работы по восстановлению проветривания аварийного участка, доля метана в исходящей струе, которого составляла 3,5 %, температура воздуха 27 °С. После включения в

работу вентилятора местного проветривания горноспасатели начали поиск пострадавших на 6-м западном откаточном штреке.

Один из погибших был извлечен из-под угольной массы в 46 м от окна 5-й западной лавы. Через 4 м у места разрыва вентиляционного трубопровода доля метана равнялась 4,0 %. Штрек был заполнен угольной мелочью высотой от 0,3 до 1,7 м. Для поиска второго пострадавшего использовали щупы и производили погрузку угля в вагонетки. От места, где концентрация метана достигла 7 %, работы по уборке отброшенной массы были приостановлены до разгазирования выработки, а поиск пострадавшего щупами продолжался. После налаживания проветривания с помощью ВМП в забой поступало 260 м<sup>3</sup>/мин воздуха, к 15 ч доля метана в выработке снизилась до 2,5 %. Второй погибший был обнаружен в 8 м от первого, извлечен из-под угольной мелочи и выдан на поверхность к 18 ч. Работы по уборке угольной мелочи, креплению и разгазированию 6-го западного откаточного штрека и флангового хода возобновили после снижения концентрации метана у места проведения работ до 1,0 %. Горноспасательные работы проводились в течение 33 ч. Причиной гибели мастера-взрывника и горного мастера явилось несоблюдение безопасного расстояния для укрытия при проведении сотрясательного взрывания.

#### **3.7.4. Ликвидация последствий прорыва воды и пльвунов**

К другим видам подземных аварий, к ликвидации которых привлекаются горноспасательные подразделения, относятся внезапные прорывы воды, заиловочной пульпы и пльвунов, остановка ВГП на срок более 30 мин, приводящая к загазованию выработок шахты, проникновение в горные выработки ядовитых химических веществ, обрывы канатов подъемных установок, обмерзания стволов и другие аварии, ликвидация последствий которых требует применения горноспасательного оснащения.

При ликвидации последствий прорывов воды, пльвунов и заиловочной пульпы задачами подразделений, имеющих, кроме респираторов специальное водолазное оснащение, являются: установление точного места и источника аварии, определение возможных мест нахождения людей и оказание им помощи, принятие мер по предотвращению увеличения размеров зоны затопления,

восстановление нормального проветривания аварийного участка (выработки) и при необходимости проведение разгазования выработок шахты. Прорывы воды из старых выработок обычно сопровождаются выделением больших объемов сероводорода, диоксида углерода, метана. Вследствие нарушения проветривания при затоплениях в газообильных шахтах возможно загазование выработок до взрывоопасных концентраций метана.

На ликвидацию последствий прорывов воды, плывунов и пульпы должны составляться специальные проекты и паспорта, в которых предусматриваются:

маршруты передвижения отделений и порядок их действий;

режим проветривания аварийных выработок;

места и периодичность контроля состава атмосферы и отбора проб воздуха;

меры безопасности при ведении аварийно-спасательных работ.

К выполнению водолазных работ допускаются специально подготовленные и оснащенные респираторщики и командиры отделений. Водолазные мероприятия включают: подготовку и рабочую проверку водолазного снаряжения и средства связи, распределение обязанностей между водолазами, подготовку места спуска и спуска под воду, выполнение работ под водой, подъем водолаза на поверхность, замену водолазной одежды и снаряжения на спецодежду горноспасателя.

Для спуска респираторщика-водолаза в вертикальную выработку, заполненную водой, предварительно должна быть установлена глубина затопленной части, а в горизонтальной - их длина, площадь сечения, состояние крепи, наличие оборудования и др. Спуски респираторщиков-водолазов для спасения людей и выполнения работ должны производиться в присутствии медицинского работника отделения (взвода).

При обнаружении пострадавших за затопленной частью выработки при отсутствии угрозы затопления места нахождения людей и возможности быстрой откачки воды необходимо подать свежий воздух по имеющимся трубопроводам или специальному шлангу, доставить пищу и сухую одежду в герметичных контейнерах. При необходимости быстрого вывода пострадавших через затопленную часть выработки доставляют запасные водолазные аппараты и каждого горнорабочего выводят в сопровождении

респираторщика-водолаза, проверившего правильность включения выводимого в аппарат.

Руководитель по ликвидации аварии, связанной с затоплением выработок, должен принимать незамедлительные меры по предотвращению затопления водоотливных установок, по задержанию воды путем возведения водоупорных перемычек (клинчатых при ожидаемом напоре воды не выше 1 МПа и цилиндрических при более высоком напоре), по перепуску воды в нижележащие выработки, обеспечению бесперебойной работы водоотливных насосов стационарных и специально установленных для откачивания воды из аварийного участка.

Ликвидация горноспасательными подразделениями других видов аварий, предусмотренных и непредусмотренных ПЛА, выполняется по разрабатываемым оперативным планам в соответствии с "Уставом ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ".

## **4. МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

### **4.1. Организация медицинского обеспечения ГВГСС**

#### **4.1.1. Профессиональный отбор и экспертиза трудоспособности горноспасателей**

Личный состав ГВГСС разделяется на военизированный и вольнонаемный. По задачам деятельности военизированный состав может быть оперативным и неоперативным. К оперативному составу относятся работники, участвующие непосредственно в организации и проведении аварийно-спасательных работ или привлекаемые к выполнению таких работ.

Военизированный состав разделяется на рядовой и четыре группы командно-начальствующего состава (высшая, старшая, средняя и младшая с четырьмя категориями в каждой группе).

Военизированный состав принимается на службу по контракту на 3...5-летний период после стажировки или испытательного срока. Оперативный военизированный состав комплектуется из лиц, удовлетворяющих по состоянию здоровья требованиям Инструкции по профессиональному отбору работников горноспасательной службы, а также имеющих квалификацию, соответствующую требованиям занимаемой должности и профессии работников ГВГСС.

На должности командного и рядового состава для выполнения работ с применением средств индивидуальной защиты органов дыхания принимаются лица в возрасте от 20 до 35 лет. Предельный возраст для работников этой категории - 50 лет, за исключением лиц высшего и старшего командного состава.

Требования к вольнонаемному составу определяются законодательством Украины о труде.

Аварийно-спасательные работы связаны с тяжелыми физическими нагрузками и риском. Отсутствие медицинского контроля за состоянием здоровья горноспасателей при выполнении спасательных работ и своевременной медицинской помощи может привести к тяжелым последствиям.

Учитывая специфические особенности труда горноспасателей (работа в условиях высоких температур с большой физической и психологической нагрузкой, с применением изолирующих респираторов и т.д.), лица, поступающие на должности, предусматривающие работу в респираторах и в зонах повышенных температур, проходят медицинский отбор и ежегодное обследование. В медицинском пункте горноспасательного отряда регистрируются показатели их физического развития. В лечебно-профилактическом учреждении проводится врачебная комиссия, после которой помощник командира отряда (отдельного взвода) по медицинской работе определяет физическую работоспособность, тепловую устойчивость и способность организма обследуемого к повышению тепловой устойчивости. После прохождения кандидатом всех этапов освидетельствования помощник командира отряда по медицинской работе выносит окончательное заключение о его пригодности к работе в изолирующем кислородном респираторе, а командир соответствующего подразделения принимает окончательное решение и издает приказ о зачислении на службу.

Лица оперативного состава, по должности и профессии, выполняющие работы в непригодной для дыхания атмосфере, проходят обязательную стажировку при выполнении упражнений в респираторе и получают допуск к несению службы

На должности медицинских работников ГВГСС принимаются мужчины в возрасте от 20 до 45 лет, имеющие высшее или среднее медицинское образование по специальности "лечебное дело". Для работы в реанимационно-противошоковых группах допускаются врачи анестезиологи-реаниматологи, хирурги, травматологи и врачи скорой помощи, имеющие стаж практической работы не менее трех лет.

С целью приобретения знаний по основам горного и горноспасательного дела, получения навыков работы в респираторах и в условиях высоких температур, а также овладения тактическими приемами по оказанию медицинской помощи пострадавшим непосредственно в горных выработках, врачи и фельдшеры, принятые на замещение должностей помощников командиров подразделений ГВГСС по медицинской работе, проходят предварительное двухмесячное обучение (стажировку) по специальной программе. Если в период обучения при выполнении

комплекса упражнений стажер не сможет выполнять физическую работу в респираторе в условиях высокой температуры, принимается решение о его непригодности.

В период прохождения службы медицинские работники ГВГСС с высшим и средним образованием должны не реже 1 раза в 5 лет повышать свою квалификацию по вопросам реанимации и интенсивной терапии в медицинских учебных заведениях. Не реже одного раза в 3 года по актуальным проблемам горноспасательной медицины в Учебно-оперативном отряде – Центре подготовки горноспасателей ГВГСС (г. Донецк).

По достижению 45-летнего возраста медицинским работникам может быть разрешено дальнейшее прохождение службы (по специальному приказу руководства ГВГСС), если медицинским освидетельствованием подтверждено, что они пригодны для работы в изолирующих регенеративных респираторах.

Медицинские работники подразделений ГВГСС входят в военизированный респираторный состав и, на них распространяется действие положений, уставов и других нормативно-правовых документов, регламентирующих деятельность ГВГСС.

Врач в подразделении занимает должность помощника командира отряда (взвода) по медицинской работе, фельдшер - помощника командира взвода по медицинской работе.

В горноспасательном взводе может быть организована реанимационно-противошоковая группа, входящие в ее состав медицинские работники (врачи, фельдшеры) занимают должности помощников командира взвода по медицинской работе. Они оказывают медицинскую помощь не только при авариях, но и при несчастных случаях в шахтах, на которые не выезжают горноспасательные подразделения.

#### **4.1.2. Организация медицинского обеспечения аварийно-спасательных работ и основные задачи оперативно-медицинской службы ГВГСС**

Целью медицинского обеспечения при ликвидации аварии является оказание врачебной помощи людям, пострадавшим при аварии или выполнении горноспасательных работ.

Значительная протяженность подземных выработок и сложные горно-геологические условия, особенно при авариях с обрушением, выбросом породы или загазированием, приводят к увеличению времени до прибытия медицинских сил и доставки средств к очагу поражения, осложняют оказание медицинской помощи пострадавшим, увеличивают сроки их эвакуации в лечебные учреждения. В связи с этим процесс оказания помощи в подземных условиях разделен на отдельные этапы. Такими этапами, обеспечивающими максимальное приближение интенсивной терапии и реанимации к пострадавшим, а также преемственность в лечебном процессе, являются: догоспитальный (место несчастного случая или обнаружения пострадавшего, подземная медицинская база, шахтный здравпункт) и госпитальный (отделения реанимации, травматологии, хирургии и др.).

В зависимости от условий травмирования, вида повреждений, количества и состояния пострадавших, наличия медицинских сил и средств, количество этапов, виды помощи (первая медицинская, доврачебная, первая врачебная и др.) и их объем на догоспитальных этапах могут меняться.

### *Догоспитальный этап*

Мероприятия первой медицинской помощи раньше всех проводят члены вспомогательных горноспасательных команд шахт, работающие постоянно на всех участках горных выработок, а после прибытия горноспасательных подразделений - респираторщики и командиры ГВГСС.

Доврачебная медицинская помощь оказывается обычно на месте происшествия фельдшерами ГВГСС. Фельдшеры подземных здравпунктов шахт могут быть привлечены для оказания помощи пострадавшим при авариях, если это не связано с пребыванием их в опасной зоне.

На подземной медицинской базе (ПМБ) и путях эвакуации в лечебное учреждение врачи, работающие в подразделениях ГВГСС, оказывают первую врачебную помощь, а в случае наличия специалистов реанимационно-противошоковых групп (РПГ) - квалифицированную помощь. При необходимости и наличии условий такая помощь может быть оказана уже на месте происшествия. На поверхности для оказания помощи пострадавшим и последующей эвакуации могут быть привлечены медицинские



работники здравпункта, медсанчасти шахты, бригад скорой медицинской помощи Государственной службы медицины катастроф и медицинских учреждений Минздрава Украины.

### ***Госпитальный этап***

В лечебных учреждениях шахтерских городов и в областных центрах созданы анестезиолого-реанимационные отделения, куда госпитализируются пострадавшие с критическими нарушениями в жизненно важных органах и системах. Остальные травмированные, в зависимости от вида повреждений, госпитализируются в травматологические, хирургические, ожоговые, нейрохирургические или токсикологические отделения.

Организация медицинского обеспечения при ведении горноспасательных работ возлагается на директора шахты, местные органы здравоохранения и представителя медицинской службы ГВГСС.

При ликвидации сложных аварий затяжного характера, а также при спасении людей, на подземной базе должно быть организовано постоянное дежурство медицинского персонала ГВГСС или шахты.

При ликвидации аварий и их последствий перед медицинскими работниками ГВГСС стоят следующие основные задачи:

- выезд по сигналу "тревога" для оказания медицинской помощи пострадавшим непосредственно на месте аварии (или несчастного случая) и на этапах их эвакуации в лечебно-профилактическое учреждение;

- оказание медицинской помощи личному составу ГВГСС и членам вспомогательных горноспасательных команд шахт при выполнении горноспасательных работ;

- контроль за состоянием здоровья, соблюдением режимов работы, отдыха и питания респираторного состава во время ликвидации аварии, за санитарным состоянием помещений, отведенных для отдыха горноспасателей и развертывания специальных служб ГВГСС.

Для оказания помощи пострадавшим при аварии можно привлекать подразделения Государственной службы медицины катастроф. Работники этой службы оказывают помощь на поверхности и при эвакуации пострадавших в лечебные учреждения.

### **4.1.3. Оперативные действия медицинской службы ГВГСС при ликвидации последствий аварий.**

#### ***Организация и тактика медицинского обеспечения***

В шахте на месте происшествия и на этапах эвакуации пострадавшим оказывается первая медицинская (члены ВГК, респираторщики, командиры ГВГСС), доврачебная (фельдшера ГВГСС), первая врачебная и квалифицированная (врачи ГВГСС) медицинская помощь. Объем медицинской помощи на этапах эвакуации определяется медработником ГВГСС, находящимся у пострадавшего.

К моменту эвакуации пострадавших на свежую струю воздуха, организуется подземная медицинская база (ПМБ).

ПМБ развертывается медицинскими работниками ГВГСС в безопасной необводненной выработке на свежей струе воздуха в непосредственной близости к зоне ведения горноспасательных работ и на путях эвакуации пострадавших. Обычно ПМБ входит в состав подземной горноспасательной базы, но может быть расположена и на некотором удалении от нее.

На ПМБ и на этапах эвакуации пострадавших в лечебное учреждение врачи ГВГСС оказывают первую врачебную помощь, а при наличии специалистов РПГ - квалифицированную помощь.

При наличии нескольких пострадавших производится их медицинская сортировка с целью выявления лиц в состоянии шока, определяется очередность эвакуации пострадавших.

Все люди, вышедшие из загазированных выработок, должны быть осмотрены в здравпункте шахты и в случае подозрения на отравление - госпитализированы в терапевтическое отделение для окончательной диагностики поражения.

При ведении аварийно-спасательных работ в сложных условиях, перед спуском в шахту, горноспасатели, за исключением первых отделений, направляемых в разведку, должны быть обследованы медицинским работником, идущим с отделением или дежурящим в здравпункте шахты. Медицинский контроль на ПМБ должен проводиться перед уходом горноспасателей в загазированные выработки с повышенной температурой и после их возвращения.

Во время дежурств на ПМБ помощник командира отряда (взвода) по медицинской работе должен постоянно контролировать

соблюдение режима труда и отдыха горноспасателей. Обо всех случаях ухудшения состояния горноспасателей, нарушениях режима труда и отдыха следует докладывать руководителям горноспасательных работ и медицинского обеспечения.

Если аварийно-спасательные работы продолжаются более 6 часов, руководитель аварийно-спасательных работ назначает ответственного за организацию питания - помощника командира отряда (взвода) по медицинской работе.

Другие вопросы медицинского обеспечения, возникающие в ходе ликвидации аварий и их последствий, решаются в соответствии с "Руководством по медицинскому обеспечению ликвидации аварий и их последствий на угольных шахтах".

### ***Порядок выезда медицинских работников на шахты при авариях***

Для быстрой ликвидации аварии и оказания помощи пострадавшим, большое значение имеет диспозиция выездов подразделений ГВГСС - план взаимопомощи взводов (отрядов). Для своевременного обеспечения аварийно-спасательных работ медицинскими силами и средствами заместитель начальника ГВГСС и помощники командиров отрядов по медицинской работе, учитывая диспозиции выездов подразделений, должны заранее разрабатывать план медицинской взаимопомощи. В плане медицинской взаимопомощи ГВГСО указывается число медицинских работников, санитарных автомобилей, барокамер от каждого взвода, которые должны немедленно выехать на аварию.

После получения в подразделении извещения об аварии и включения дежурным у телефона сигнала "тревога" оперативные медицинские работники вместе с личным составом дежурных отделений и командирами подразделений по команде старшего командира в течение 60с днем и 120с ночью должны выехать на шахту. Помощник командира взвода по медицинской работе выезжает на автобусе дежурного отделения. Помощник командира отряда по медицинской работе и дежурные медицинские работники РПГ - на оборудованных санитарных автомобилях, находящихся в постоянной готовности к выезду.

Если врачи РПГ приняли сигнал "тревога" во время выезда для оказания помощи на шахте при несчастном случае, они должны немедленно отправиться к месту аварии, а дежурный у телефона

должен передать вызов на станцию скорой помощи и сообщить об этом диспетчеру шахты. Если информация об аварии поступила в момент оказания помощи, врачи РПГ обеспечивают ее до передачи пострадавшего другим медицинским работникам, которые могут продолжить адекватную терапию, а после этого срочно выезжают к месту аварии.

В пути следования помощники командиров взводов по медицинской работе и врачи РПГ переодеваются в спецодежду и по прибытии на шахту являются на командный пункт с командирами взводов и дежурных отделений, где знакомятся с обстановкой и получают от руководителя горноспасательных работ или руководителя медицинского обеспечения оперативное задание.

Медицинские работники ГВГСС, находящиеся в соответствии с графиком сменности на отдыхе, узнав об аварии, должны явиться в подразделение и сообщить командиру о прибытии. При необходимости они (или вызванные в подразделение другие медицинские работники) могут быть привлечены к ликвидации аварии или переведены в положение "на службе".

#### ***Руководство медицинским обеспечением ликвидации аварии***

При ведении аварийно-спасательных работ и оказании помощи пострадавшим медицинским персоналом ГВГСС руководителем медицинского обеспечения является помощник командира по медицинской работе того отряда, в районе обслуживания которого произошла авария, или старший по должности оперативный медицинский работник.

Важнейшим элементом деятельности руководителя медицинского обеспечения является учет и оценка складывающейся обстановки, на основании чего возможно грамотное и обоснованное принятие решений. По прибытии на шахту он выясняет у руководителя аварийно-спасательных работ место возникновения аварии, количество застигнутых аварией горнорабочих, виды и тяжесть их поражения, ближайший подход к ним, какие отделения идут на вывод пострадавших, их оснащение, количество медицинских работников, прибывших на шахту и идущих с отделениями для оказания медицинской помощи пострадавшим, количество санитарных автомобилей.

Одной из первых задач, стоящих перед руководителем медицинского обеспечения, является сосредоточение необходимого

количества медицинских сил и средств на шахте и в подземных выработках с целью сокращения сроков начала медицинской помощи всем пострадавшим. При недостаточном количестве медицинских сил и средств руководитель медицинского обеспечения немедленно докладывает руководителю аварийно-спасательных работ о необходимости дополнительного вызова медицинских работников с соответствующим оснащением из других подразделений (согласно плану медицинской взаимопомощи ГВГСС) или системы здравоохранения.

По ходу ликвидации аварии руководитель медицинского обеспечения выполняет следующие функции:

- анализирует медицинскую информацию, поступающую из шахты;

- координирует действия всех медицинских работников по оказанию помощи пострадавшим согласно изменяющейся обстановке;

- совместно с руководителем горноспасательных работ выбирает место для размещения подземной медицинской базы и организует ее оснащение и функционирование;

- назначает и дает задания медицинским работникам для участия в дежурстве на подземной медицинской базе и на поверхности;

- устанавливает связь с местными и областными органами здравоохранения с целью обеспечения оказания помощи пострадавшим на поверхности, определения мест и средств их эвакуации;

- организует контроль за состоянием здоровья и соблюдением рациональных режимов труда, отдыха и питания горноспасателей.

При необходимости руководитель медицинского обеспечения немедленно опускается в шахту для руководства и непосредственного участия в оказании медицинской помощи пострадавшим, ставя об этом в известность руководителя аварийно-спасательных работ.

При ведении аварийно-спасательных работ в сложных условиях (в зоне высоких температур, в загазированных выработках), а также при авариях, связанных с групповым травмированием или большим количеством привлекаемых сил ГВГСС, руководитель медицинского обеспечения разрабатывает план медицинского обеспечения,

который утверждается руководителем горноспасательных работ. План должен включать медико-тактическую обстановку в шахте на момент его составления, мероприятия, средства и силы медицинской службы, необходимые для успешной ликвидации аварии. При необходимости к нему прилагаются перечни медицинского оснащения подземной медицинской базы, графики дежурств медицинских работников, списки телефонов учреждений здравоохранения. Дополнительно могут быть разработаны специальные мероприятия по профилактике инфекционных заболеваний личного состава, меню питания горноспасателей и пострадавших, находящихся в шахте, и др.

После изменения аварийной обстановки в шахте или после выполнения намеченных мероприятий план может уточняться или составляться заново.

Планы медицинского обеспечения доводятся до сведения (под роспись) медицинских работников, ответственных за их выполнение.

В случае привлечения на ликвидацию аварии врачей лечебных учреждений района или области руководство медицинским оказанием помощи пострадавшим на поверхности шахты осуществляется наиболее опытным медицинским работником, назначенным органами здравоохранения.

#### ***Оказание медицинской помощи пострадавшим в разведке.***

Поиск застигнутых аварией людей и оказание им медицинской помощи является главной задачей первых отделений ГВГСС, прибывших на шахту. В состав этих отделений по решению руководителя горноспасательных работ, как правило, включаются помощники командиров взводов по медицинской работе (фельдшеры, врачи, врачи РПГ). Медицинский работник после получения на командном пункте задания на участие в разведке поступает в распоряжение командира, возглавляющего отделение или группу отделений.

При наличии нескольких медицинских работников и отсутствии на командном пункте информации о местонахождении застигнутых аварией людей рационально одного из медицинских работников оставить в резерве.

В шахте при встрече выходящих с аварийного участка горнорабочих медицинский работник определяет их состояние и, при необходимости, оказывает медицинскую помощь.

Если состояние пострадавшего, обнаруженного в выработках со свежей воздуха, не требует длительного оказания помощи по жизненным показаниям, а в загазированных выработках еще могут находиться люди, медицинский работник должен продолжить движение с отделением и при первой возможности сообщить по телефону об оставленном работнике на командный пункт. Руководитель аварийно-спасательных работ, используя резервные силы и средства, обеспечивает оказание медицинской помощи пострадавшему и эвакуацию его на поверхность.

Исходя из сложившихся условий, перед уходом отделений в загазированную атмосферу, руководитель разведки может принять решение оставить медицинского работника на подземной базе для организации приема пострадавших и в качестве дежурного. Например, если отделения уходят с базы для поиска пострадавших и спасения их в разных направлениях и не известно, откуда они будут эвакуированы.

При обнаружении в загазированной атмосфере людей горноспасатели устраняют воздействие на них поражающих факторов аварии – осуществляют включение в респираторы (самоспасатели, аппараты ГС-11с, 10 или СУ "Доза"), тушение горячей или тлеющей одежды и др. Медицинский работник, с участием бойцов-респираторщиков, проводит обследование пострадавших и в сокращенном объеме, по жизненным показаниям оказывает первую врачебную (доврачебную) помощь:

- восстановление проходимости дыхательных путей;
- искусственную вентиляцию легких;
- сердечно-легочную реанимацию;
- временную остановку кровотечения;
- наложение окклюзионной повязки при проникающем ранении грудной клетки;
- иммобилизацию конечностей при переломах и обширных повреждениях тканей.

По показаниям проводится обезболивание, вводятся аналептики, сердечные средства. Медицинский работник совместно с командиром отделения принимает решение о прекращении разведки и организует эвакуацию пострадавшего на свежую струю воздуха, сообщая об этом на подземную базу.

Перед эвакуацией командир отделения набирает пробу воздуха или определяет его состав газоопределителем, оставляет опознавательный жетон (обычно на стене выработки). Дубликат жетона прикрепляется на кисть пострадавшего. Это помогает идентифицировать личность пострадавшего и косвенно судить о возможной степени его отравления.

В непригодной для дыхания атмосфере в первую очередь оказывают помощь лицам с явными признаками жизни (наличие дыхания, сердечной деятельности), на свежей струе воздуха - пострадавшим в состоянии клинической смерти.

При обнаружении нескольких пострадавших для их эвакуации на подземную базу делают запрос о направлении дополнительных отделений. Если прибытие резервных отделений задерживается, а запас кислорода в респираторах не позволяет дальнейшего ожидания, отделение транспортирует на свежую струю максимально возможное число пострадавших (в зависимости от расстояния и физического состояния личного состава отделения). Остальные пострадавшие укладываются в удобном положении, у них проверяется правильность включения во вспомогательные респираторы, расположение шлем-маски или надежность закрепления мундштука респиратора (самоспасателя). При отсутствии сознания с целью поддержания проходимости дыхательных путей пострадавших располагают на почве (носилках) с запрокинутой головой и введенным воздуховодом в случае использования маски. Для предупреждения самопроизвольного выключения из дыхательного аппарата руки связывают.

К моменту эвакуации пострадавших на свежую струю воздуха, организуется подземная медицинская база.

### ***Оказание помощи пострадавшим на подземной медицинской базе***

Подземная медицинская база (ПМБ) организуется при ликвидации аварий для создания условий оказания медицинской помощи в шахте, обеспечения безопасности последующей эвакуации пострадавшего на поверхность. ПМБ развертывается медицинскими работниками ГВГСС в безопасной сухой выработке, на свежей струе воздуха в непосредственной близости к зоне ведения горноспасательных работ и на путях эвакуации пострадавших. Обычно она входит в состав подземной горноспасательной базы, а



может быть расположена и на расстоянии от нее. Выбор места ПМБ определяется руководителем медицинского обеспечения по согласованию с руководителем горноспасательных работ.

На ПМБ постоянно находятся один или несколько медицинских работников ГВГСС в соответствии с графиком дежурства. Здесь сосредотачивается и подготавливается к работе запас медицинского оснащения (медицинские сумки врачей (фельдшеров), аппараты ИВЛ, запасные баллоны с кислородом, охлаждающие элементы, средства иммобилизации и транспортирования, импровизированные столы, одеяла, одежда и др.). Если при групповой травме, инфузионных растворов, медикаментов и перевязочных средств, находящихся в сумках медработников, может быть недостаточно, на ПМБ дополнительно доставляется запас необходимых средств, которые могут быть размещены в контейнере "подземная медицинская база". Медицинское оснащение ПМБ контейнера может изменяться исходя из конкретной обстановки (количество и вид поражения пострадавших, условия ведения горноспасательных работ).

При необходимости оказания медицинской помощи горноспасателям или нескольким пострадавшим в загазированных выработках, медицинский работник, находящийся на ПМБ, немедленно отправляется с резервным отделением на помощь, предварительно сообщив об этом на командный пункт и запросив дополнительного направления медицинских сил и средств.

После поступления пострадавших на ПМБ производится их обследование, оценивается тяжесть состояния, определяется характер поражений.

При одновременном прибытии нескольких пострадавших производится медицинская сортировка с целью выявления, прежде всего, лиц в состоянии шока, определяется очередность дальнейшей эвакуации.

Целесообразно разделить пострадавших на три сортировочные группы в соответствии с тяжестью их состояния.

К первой группе относятся ходячие - это легко пострадавшие, состояние здоровья которых не вызывает сомнения (ушибы, раны, переломы мелких костей, легкая степень отравления) и не препятствует движению.

Вторую группу составляют носилочные пострадавшие, не нуждающиеся в помощи по жизненным показаниям на ПМБ.

Третья группа - это тяжело травмированные пострадавшие, нуждающиеся в проведении противошоковой терапии.

В зависимости от вида и тяжести травм, может быть выделено большее количество сортировочных групп, особенно среди тяжело пострадавших.

Пострадавшим первой и второй сортировочных групп исправляют или накладывают повязки, шины, контролируют остановку кровотечения, по показаниям вводят анальгетики, аналептики и седативные средства.

При наличии на ПМБ тяжело травмированных помощь пострадавшим первых двух групп может быть отсрочена или поручена медицинским работникам и горноспасателям, эвакуирующим их на поверхность.

При проведении интенсивной терапии пострадавшим третьей сортировочной группы следует руководствоваться посиндромной диагностикой критических состояний, а в дальнейшем и эффективностью лечения. Воздействие повреждающих факторов подземных аварий приводит к возникновению трех основных синдромов, отражающих нарушения жизненно важных функций организма: синдром неврологических расстройств, синдром дыхательных нарушений, синдром гемодинамических расстройств. В тяжелых случаях поражения отмечается синдром эндогенной интоксикации. Степень выраженности каждого из них зависит от условий травмирования, и в частности от экологической среды, в которой находился пострадавший. Один из синдромов, как правило, является ведущим и в значительной степени определяет тяжесть состояния и объем оказания помощи.

В первую очередь помощь оказывают лицам, находящимся в терминальном состоянии. Проводятся реанимационные мероприятия, параллельно осуществляется контроль остановки кровотечения, наложения бинтовых и окклюзионных повязок, иммобилизации переломов. При необходимости проводятся мероприятия по сохранению и эвакуации оторванных сегментов конечности.

Объем оказания медицинской помощи на ПМБ непостоянен и может быть расширен или сужен, в зависимости от конкретной

обстановки (количество и тяжесть состояния пострадавших, наличие медицинских сил и средств, изменение аварийной обстановки).

При поступлении на ПМБ нескольких тяжело пострадавших после выполнения неотложных мероприятий и поднятия их артериального давления до допустимого значения организуется эвакуация пострадавших на поверхность шахты. Остальные мероприятия противошоковой терапии проводят при транспортировании и на последующих этапах медицинской помощи. В первую очередь эвакуируют нуждающихся в хирургическом лечении по жизненным показаниям и пострадавших первых двух сортировочных групп.

На всех пострадавших, перед их эвакуацией на поверхность, медицинский работник, оказывающий помощь, заполняет эвакуационную карточку или сопроводительный талон.

#### ***Эвакуация пострадавших в подземных выработках шахт***

После оказания медицинской помощи на ПМБ ходячие пострадавшие (первая сортировочная группа) могут быть направлены на поверхность в сопровождении членов ВГК или лиц технического надзора.

Пострадавшие второй сортировочной группы эвакуируются отделениями горноспасателей в сопровождении фельдшера подземного здравпункта или медицинского работника ГВГСС. Один медицинский работник может сопровождать двух-трех пострадавших и в случае необходимости оказать им неотложную помощь. При занятости всех медработников на ПМБ контроль за состоянием здоровья эвакуируемых и оказание им первой медицинской помощи возлагается на командира отделения.

Наибольшее внимание должно быть уделено транспортированию тяжело пострадавших (третья сортировочная группа).

Сложные условия эвакуации по подземным выработкам ввиду наличия препятствий, неровностей почвы, различного наклона выработок могут привести к дополнительному травмированию пострадавших и утяжелению их состояния. Поэтому эвакуация должна быть, по возможности, щадящей, безопасной, быстрой и проводиться под прикрытием обезболивания и инфузионной терапии.

Пострадавших чаще переносят на жестких носилках, которые обеспечивают хорошую иммобилизацию и имеются на всех участках шахты. Наиболее щадящие условия эвакуации в шахте создают

иммобилизирующие вакуумные носилки (НИВ). Для обеспечения свободного доступа к пострадавшему в НИВ в момент иммобилизации края носилок стягивают, но не зашнуровывают, так, что пострадавший находится в своеобразном "челноке".

Врач или фельдшер при эвакуации контролируют состояние пострадавшего, скорость инфузии, положение иглы (катетера) в вене. По мере надобности эвакуация приостанавливается для измерения артериального давления и проведения мероприятий медицинской помощи с отметкой в эвакуационной карточке (сопроводительном листе РПГ).

Перерыв в переливании делается лишь в самых необходимых случаях и на максимально короткий срок. При этом, не извлекая иглу (катетер) из сосуда, пережимают систему, поддерживая капельницу в вертикальном положении.

В случае удаленности ПМБ от ствола, эвакуацию проводят на рудничном транспорте. Для снижения возникающих при движении транспорта инерционных перегрузок скорость его должна быть ограничена, в грузовых вагонетках желательно использовать амортизирующие устройства.

### ***Организация медицинской помощи на поверхности шахты***

Во время эвакуации пострадавших на поверхность шахты здесь сосредотачиваются медицинские работники учреждений здравоохранения, ГВГСС с оснащением, санитарный транспорт, поверхностный здравпункт шахты подготавливается к приему тяжело пострадавших. При возможности поступления значительного количества пострадавших и трудности их эвакуации подготавливаются дополнительные помещения для временного их размещения.

Медицинские работники осматривают пострадавших и на основании информации, полученной от сопровождающих врачей (фельдшеров, командиров отделений), ознакомления с содержанием сопроводительных талонов (эвакуационных карт), объективной оценки состояния пострадавших определяют необходимый объем помощи и порядок дальнейшей эвакуации.

Пострадавшие могут быть разделены на следующие основные группы:

- тяжело пострадавшие, нуждающиеся в хирургическом лечении по жизненным показаниям, направляются в хирургические отделения

близлежащих больниц в машинах реанимационно-анестезиологических бригад скорой медицинской помощи или РПП;

- тяжело пострадавшие, которым проводилась противошоковая инфузионная терапия, при снижении артериального давления, нарастании дыхательной недостаточности на здравпункте шахты выводятся из критического состояния с последующей эвакуацией в реанимационные и ожоговые отделения (при устойчивом артериальном давлении пострадавшие сразу эвакуируются по назначению);

- носилочные пострадавшие, не нуждающиеся в проведении интенсивной терапии, эвакуируются линейными бригадами скорой помощи в травматологические, хирургические и терапевтические отделения ближайших больниц;

- ходячие, легко пострадавшие эвакуируются линейными бригадами скорой помощи по следующим направлениям: травмированные - в травматологический пункт, отравленные - в терапевтические отделения;

Тяжело пострадавшим по пути движения в стационар в санитарной машине продолжают проводить внутривенные инфузии, ингаляции кислорода, при необходимости - ингаляционный наркоз аппаратами "Наркон-2" (АН-8) и другие диктуемые обстоятельствами лечебные мероприятия.

В случае выраженной интоксикации рудничными газами, окисью углерода уже на шахтном дворе и в процессе транспортирования пострадавших в отделение реанимации рационально использование гипербарической оксигенации в переносной барокамере "Иртыш-МТ" и сорбентов.

В Луганском медицинском институте разработан и внедрен во время шахтных аварий реанимобиль "Горноспасатель", предназначенный для оказания помощи на шахтном дворе и при эвакуации в реанимационные отделения 4-6 пострадавших с критическими состояниями. Реанимобиль оснащен наркозно-дыхательной аппаратурой, дефибриллятором, электроотсосом, кардиомониторными системами, устройством гемосорбции, барокамерой "Иртыш".

Все горнорабочие, вышедшие из загазированных выработок, должны быть осмотрены на здравпункте шахты и в случае подозрения на отравление превентивно госпитализированы в

терапевтические отделения для окончательной диагностики поражения.

Пострадавших при аварии рационально сосредотачивать в одном лечебном учреждении, куда в экстренном порядке привлекаются необходимые специалисты. Если расстояние от шахты допускает одномоментную эвакуацию, тяжело пострадавших госпитализируют сразу в специализированные центры (отделения).

### ***Правила эвакуации погибших пострадавших***

При обнаружении в шахте пострадавшего в состоянии клинической смерти сердечно-легочная реанимация проводится до восстановления жизненных функций или до появления признаков биологической смерти (трупные пятна и др.). Если клиническая смерть пострадавшего возникла на поверхности при эвакуации в лечебное учреждение, реанимацию проводят вплоть до приемного покоя реанимационного (хирургического, травматологического) отделения, где ее продолжают без перерывов совместно с врачами больницы.

В случае неэффективности непрямого массажа сердца, ИВЛ, меди-каментозной терапии, электродефибрилляции или электростимуляции в течение 30 мин и повторной регистрации изолинии на ЭКГ (даже при обычной температуре тела) прогноз реанимации, как правило, безнадежен и она может быть прекращена.

При гибели пострадавшего в салоне санитарного автомобиля медицинские работники ВГСЧ, получив направление в отделении милиции или в прокуратуре, доставляют его в судебно-медицинский морг.

Горноспасательные отделения, обнаружившие в среде, непригодной для дыхания, или в обстановке опасной для жизни, трупы людей, умерших в шахте, должны эвакуировать их в безопасный участок со свежей струей воздуха, а затем, по команде руководителя горноспасательных работ - на поверхность. Медицинские работники констатируют смерть пострадавшего на месте несчастного случая или на свежей струе воздуха. На поверхности шахты доставку трупов в судебно-медицинский морг обеспечивают представители органов милиции или прокуратуры. Транспортные средства для перевозки трупов выделяет администрация шахты. Запрещено для этой цели задействовать санитарные автомобили ГВГСС.

Сложная аварийная обстановка иногда не позволяет вовремя извлечь останки погибших людей, длительное пребывание которых в подземных выработках, особенно в условиях высоких температур и влажности, приводит к быстрому гнилостному разложению. Это обусловлено жизнедеятельностью различных микроорганизмов и сопровождается появлением специфического запаха.

Поэтому эвакуация трупа должна выполняться с соблюдением нижеследующих санитарных правил.

Для извлечения, транспортирования останков погибших людей, подвергшихся гнилостному разложению, допускается личный состав отделений, не имеющих нарушений целостности кожи на кистях и предплечьях. Мелкие ссадины, царапины, остатки фурункулов на туловище и нижних конечностях, не являясь препятствием для работы, должны быть предварительно обработаны настойкой йода или бриллиантовой зелени и заклеены пластырем или коллодием.

Работы должны проводиться в неповрежденной спецодежде.

При обнаружении трупа необходимо:

- лицам, которые плохо переносят запах, включиться в изолирующий респиратор или другой аппарат, защищающий обоняние;

- извлекать труп в толстостенных резиновых перчатках или брезентовых рукавицах;

- уложить останки в специально подготовленный водонепроницаемый мешок или отрезок резиновой вентиляционной трубы, плотно завязать, прикрепив опознавательный жетон на стенке выработки, а его дубликат - к трупу или мешку;

- после укладывания мешка с пострадавшим на носилки аккуратно снять рукавицы (перчатки), уложить их на носилки и 2-3 раза обработать руки 0,5 - процентным раствором хлоргексидина (или спиртом). Затем руки насухо вытереть и надеть вторую пару рукавиц для предохранения травмирования кожи кистей при транспортировании.

После окончания работ брезентовая спецодежда, загрязненная останками трупов, должна подвергаться 30-40-минутному пропариванию и стирке в шахтной прачечной. Резиновые перчатки и сапоги обмывают теплой водой, обрабатывают 5 - процентным раствором хлорамина, прополаскивают холодной водой и

высушивают при обычной температуре. Это надежно дезинфицирует одежду и ликвидирует абсорбированный ею трупный запах.

Если условия шахты не позволяют осуществить вышеуказанную санитарную обработку загрязненной останками спецодежды, допускается ее сжигание.

Респиратор, применявшийся при извлечении и транспортировке разложившихся останков погибших людей, подвергается чистке и дезинфекции по общепринятой методике.

Каждый горноспасатель по окончании работ должен пройти санобработку - теплый душ с мылом в течение 10-15 мин. Затем медицинский работник тщательно осматривает респираторщиков и обрабатывает все царапины, ссадины, пиодермические очаги на теле настойкой йода, бриллиантовой зелени или другими дезинфицирующими растворами.

***Тактика медицинской помощи при отрывах сегментов конечностей, подлежащих реплантации***

Для реплантации отчлененных в результате травмы сегментов конечностей в ряде городов созданы специальные центры микрохирургии.

Успеху реплантации способствует правильное проведение медицинской помощи на догоспитальном этапе, выполнение необходимых условий хранения и транспортирования оторванных частей конечностей и сокращения времени от момента травмы до поступления пострадавшего в стационар.

Наиболее благоприятные исходы отмечены при восстановительных операциях на верхней конечности в случаях отрыва и тяжелых размозжений на уровне плеча, предплечья и кисти, а также при реплантации пяточно-подошвенного лоскута, включающего пяточную кость, с целью создания опороспособной культы голени или бедра.

Отрывы и размозжения сегментов конечностей являются тяжелой травмой и требуют активной профилактики и лечения травматического шока.

Остановку кровотечения из магистральных сосудов культы конечности лучше производить без жгута мягкими кровоостанавливающими зажимами или наложением давящей повязки (если кровотечение из крупных артериальных стволов прекращается в результате их скручивания при разрыве). В



противном случае лучше использовать в качестве кровоостанавливающего жгута тонкие резиновые бинты, что уменьшает повреждение мягких тканей.

При неполных отрывах конечности, если диотальная часть ее связана кожным мостиком, особенно размозженным, целесообразно пересечь его и отделить конечность. Если имеется жизнеспособный кожно-мышечный лоскут, необходима тщательная иммобилизация всей конечности.

Раневую поверхность оторванной части конечности необходимо укрыть стерильной салфеткой, сегмент конечности вложить в чистый полиэтиленовый мешок, который герметично завязывают и помещают в другой полиэтиленовый мешок, заполненный снегом (льдом, холодной водой или физиологическим раствором). Для дополнительного охлаждения можно использовать охлаждающую однократную смесь или охлаждающие элементы от теплозащитных курток.

Пострадавший с оторванной частью конечности должен быть срочно доставлен в специализированное учреждение, т.к. максимальное допустимое время аноксии пальцев, кисти и ткани, не имеющей в своем составе поперечно-полосатой мускулатуры (кожа, ушная раковина и др.), составляет 10-15 часов, а при отрыве конечности выше лучезапястного сустава - 5-6 часов. Скальпированная кожа может быть реплантирована после специальной обработки и при соблюдении надлежащих условий сохранения даже через неделю.

В сопроводительном листе (эвакуационной карточке) необходимо указать точное время травмы и оказания помощи, время наложения кровоостанавливающего жгута. Следует немедленно сообщить о случившемся в центр восстановительной микрососудистой хирургии, чтобы он подготовился к проведению операции.

### ***Взаимодействие медицинских работников ГВГСС и органов здравоохранения***

Одним из основных принципов медицинского обеспечения ликвидации аварии является взаимодействие в оказании помощи между медицинскими работниками ГВГСС и органами здравоохранения.

При возникновении аварии диспетчер шахты должен немедленно известить о происшедшем ряд должностных лиц и учреждений согласно обязательному списку, в том числе главного врача больницы, обслуживающей шахту, здравпункт, станцию скорой помощи.

Это позволит подготовить здравпункт и отделения больницы к приему пострадавших, сосредоточить на шахте выездные бригады скорой помощи (преимущественно специализированного профиля - реанимационные, токсикологические, интенсивной терапии).

В случае отсутствия специализированных бригад скорой помощи и при угрозе возникновения тяжелых поражений у нескольких пострадавших, помощник командира отряда по медицинской работе срочно вызывает через санитарную авиацию или руководителя областного реанимационного (ожогового) центра бригаду специалистов.

При создании в области формирований Государственной службы медицины катастроф в чрезвычайных ситуациях на шахтный здравпункт или в местные лечебные учреждения могут быть вызваны бригады постоянной готовности областных медицинских учреждений.

Организацией оказания медицинской помощи на поверхности шахты и эвакуацией пострадавших вначале руководит врач прибывшей первой выездной бригады скорой помощи, а в дальнейшем наиболее опытный специалист, назначенный органами здравоохранения, или непосредственно один из его руководителей.

Основные медицинские силы ГВГСС должны быть направлены на аварийно-спасательные работы в горных выработках. Не занятые в шахте медицинские работники подразделений участвуют в оказании помощи пострадавшим на здравпункте и, при необходимости, эвакуируют их в лечебные учреждения.

Преимуществом в оказании помощи между медицинскими работниками ГВГСС и органами здравоохранения при эвакуации пострадавших на поверхность шахты или больницу достигается наличием сопроводительного документа (эвакуационная карточка, сопроводительный талон РПГ). Благодаря этому ранее выполненные лечебные мероприятия на последующем этапе помощи не дублируются (при отсутствии к тому медицинских показаний), а последовательно расширяются.

### ***Медицинский контроль за состоянием здоровья, режимами труда и отдыха горноспасателей.***

Работа горноспасателей при ликвидации подземных аварий, особенно в условиях загазированных выработок и в зонах высоких температур, относится к категории опасных и тяжелых. Поэтому, одной из основных задач медицинских работников ГВГСС является контроль за состоянием здоровья, режимами труда и отдыха личного состава подразделений.

Контроль за состоянием здоровья горноспасателей начинается в подразделении во время приема дежурства и включает опрос заступающих на дежурство, измерение пульса, температуры, артериального давления, при необходимости - определение наличия паров алкоголя в выдыхаемом воздухе. Если жалобы на плохое состояние здоровья подкрепляются объективными данными медицинского освидетельствования, горноспасатели не допускаются на дежурство. Окончательное решение о допуске к дежурству принимает командир подразделения или лицо его заменяющее.

Медицинское обследование горноспасателей проводится также в случае выезда на ликвидацию аварий на шахты, обслуживаемые другими отрядами в соответствии с диспозицией выездов на аварии подразделений ГВГСС.

При ведении аварийно-спасательных работ в сложных условиях перед спуском в шахту горноспасатели, за исключением первых отделений, направляемых в разведку, должны быть обследованы медицинским работником ГВГСС, идущим с отделением или дежурящим на здравпункте шахты. Проводится опрос о самочувствии, измеряется частота пульса, дыхания, при необходимости - артериальное давление, температура тела. С целью профилактики эндогенной интоксикации вследствие гипертермии, гипоксии, стресса, отравления рудничными газами полезен прием горноспасателями энтеросорбентов. Медицинский контроль проводится медицинским работником ГВГСС также на подземной базе перед уходом горноспасателей в загазированные выработки с высокой температурой и после возвращения. Данные обследования заносятся в рабочую тетрадь (блокнот). Наряду с этим медицинский работник проводит инструктаж горноспасателей о признаках и профилактике перегревания, особенностях оказания первой помощи,

контролирует наличие фляг с водой и охлаждающих элементов, время работы в зоне высокой температуры.

В период длительных и сложных аварий, по согласованию с органами здравоохранения, для обследования горноспасателей перед спуском в шахту и после возвращения на поверхность может быть организована комиссия из медицинских работников лечебных учреждений.

Для ведения аварийно-спасательных работ в зоне высоких температур и в загазированной атмосфере необходимо привлекать респираторщиков и командиров с высокими уровнями физической работоспособности, тепловой устойчивости и психоэмоционального состояния. Это удастся сделать благодаря тому, что сведения о функциональном состоянии личного состава содержатся в списках, сдаваемых на командный пункт командирами отделений при получении заданий. Списки должны постоянно храниться в сумках командиров отделений (взводов).

При планировании аварийно-спасательных работ помощник командира отряда по медицинской работе, участвуя в подготовке суточного графика очередности работ ГВГСС, аварийного графика работ отделений и графика дежурств медицинских работников на ПМБ, должен исходить из следующих требований к режимам труда и отдыха горноспасателей:

- продолжительность непрерывной смены на подземных работах для работников ГВГСС, занятых на аварийно-спасательных работах, не должна превышать 6 часов;

- общая продолжительность непрерывной работы, включая время следования на аварийный объект и обратно, время переоснащения и приведения в порядок респираторов и технических средств не должно превышать 12 часов в сутки;

- продолжительность ежедневного отдыха может быть уменьшена, но должна быть не менее 12 часов;

- при ликвидации длительных и сложных аварий горноспасателям, участвующим в выполнении аварийно-спасательных работ, после каждых трех дней работы предоставляется один день отдыха (при невозможности соблюдения такого режима - не менее одного дня за календарную неделю).

Продолжительность работы отделений при температуре воздуха в горных выработках 27 °С и выше не должна превышать значений,

приведенных в Уставе. Если респираторщики находились в зоне высокой температуры полное допустимое время, им должен быть предоставлен отдых на свежей струе воздуха или на поверхности шахты не менее 4 часов. После двухчасового отдыха отделение может быть направлено для повторной работы в зоне высокой температуры еще только один раз в течение суток, в случае, если у всех реопираторщиков показатели пульса, дыхания, температура тела и артериальное давление вернулись к норме.

При ведении аварийно-спасательных работ (в загазированной среде, зоне высокой температуры) медицинский работник подразделения может регулировать напряженность труда горноспасателей по данным частоты пульса. При учащении пульса выше допустимых величин (табл. 4.1) горноспасателю необходимо предоставить отдых и, если частота пульса не уменьшается или появляются признаки плохого самочувствия, его эвакуируют в составе отделения на свежую струю воздуха.

Таблица 4.1 – Допустимая частота пульса при выполнении тяжелых работ в условиях высоких температур

| Возраст, лет | Частота пульса, уд/мин | Возраст, лет | Частота пульса, уд/мин |
|--------------|------------------------|--------------|------------------------|
| 20           | 155                    | 40           | 135                    |
| 25           | 150                    | 45           | 130                    |
| 30           | 145                    | 50           | 125                    |
| 35           | 140                    |              |                        |

При тяжелой физической работе вблизи бокс-базы или не загазированных выработок следует через каждые 10-15 мин организовывать отдых в нормальных условиях, так как отдых в зоне высоких температур облегчения не приносит.

Продолжительность рабочей смены в подземных выработках может быть увеличена при спасении людей и в других экстремальных случаях лишь по распоряжению руководителя ликвидации аварии.

Помощники командира отряда (взвода) по медицинской работе должны постоянно контролировать соблюдение режимов труда и отдыха горноспасателей во время дежурств на ПМБ или по информации, получаемой на командном пункте из шахты, по данным

оперативного журнала и журнала учета работы отделений. Обо всех случаях нарушения режимов труда и отдыха, ухудшения состояния здоровья горноспасателей следует докладывать руководителям медицинского обеспечения и горноспасательных работ.

С целью восстановления работоспособности горноспасателей в период сложных аварий, необходимо активно используют медико-биологические средства, включающие витаминизацию, медикаментозные средства, кислородные коктейли, физиотерапевтические процедуры, рациональное питание и другие мероприятия.

В случае привлечения для ликвидации аварии подразделений, удаленных на значительное расстояние от шахты, необходимо обеспечить размещение горноспасателей в междусменный период. Вопрос выделения помещений решается руководителем ликвидации аварии совместно с заместителем директора шахты по быту. Обычно для этой цели используются общежития, профилактории, интернаты.

Руководитель медицинского обеспечения аварии должен организовать контроль за санитарно-гигиеническим содержанием комнат отдыха, сушки одежды и обуви, туалетов, душевых, порядком дезинфекции кислородно-дыхательной аппаратуры, наличием туалетных принадлежностей. Медицинские работники размещаемых подразделений принимают в этом непосредственное участие.

Контролируется также санитарное состояние помещений, в которых размещаются на шахте специальные наземные службы ГВГСС (газоаналитическая лаборатория и др.).

### ***Организация питания респираторщиков и командиров ГВГСС при ведении аварийно-спасательных работ***

Личный состав ГВГСС, непосредственно занятый выполнением горноспасательных работ, обеспечивается питанием по нормам и рациону, согласованным с Министерством здравоохранения, за счет средств шахты.

Если аварийно-спасательные работы затягиваются свыше 6 часов, руководитель АСР назначает ответственного за организацию питания медицинского работника - помощника командира отряда (взвода) по медицинской работе.

Ответственный за организацию питания горноспасателей решает с заместителем директора шахты по быту вопрос о месте питания, с главным бухгалтером - порядке расчета. Назначает дежурного по

пищевую (чаще это медицинские работники, чередующие дежурство в столовой с дежурством на подземной базе). Совместно с дежурным по пищевой:

- принимает участие в разработке меню суточного рациона, который согласовывает ежедневно с заведующим производством столовой;

- обеспечивает своевременную доставку контейнеров (термосов) с питанием и сифонов (емкостей) с газированной водой работающим в подземных выработках респираторщикам;

- контролирует соблюдение гигиенических норм, качество приготовления пищи.

Заместитель директора шахты по быту совместно с руководством предприятий общественного питания обязаны организовать круглосуточный режим работы столовой и своевременную доставку продуктов.

Дежурный по пищевой перед приемом пищи заполняет талоны на разовое питание личного состава отделений работающих по ликвидации аварии. В конце каждой смены он на основании оформленных талонов составляет общий список, который утверждается руководителем работ по ликвидации аварии и главным бухгалтером шахты (документ остается на шахте). Талоны на разовое питание личного состава ГВГСС хранятся в течение года в бухгалтерии ГВГСО и являются документом строгой отчетности.

Для возмещения энергетических затрат организма респираторщиков при ведении аварийных работ в подземных выработках шахт суточный рацион питания должен содержать 3900-4300 ккал или 16318-17991 кДж. Для ускоренного восстановления работоспособности, калорийность пищевого рациона в период выполнения сложных аварийных работ и в ближайшие дни после их завершения рекомендуется увеличить до 4900-5300 ккал. Это обеспечивается за счет приема питательных смесей, восстанавливающих и тонизирующих напитков, поливитаминов. Распределение калорийности (энергетической насыщенности) рациона должно быть следующим: в первый прием пищи перед спуском в шахту - 25-30 %, во второй прием, который может осуществляться во время кратковременного отдыха в подземных выработках, - 20-25 %, в третий прием, после подъема на поверхность - 40-45 %.

Если горноспасателям предстоит работа в респираторах в зоне высоких температур, рекомендуется перед спуском в шахту уменьшать прием пищи на 10-15 %, давать менее калорийные продукты. После работы и подъема на поверхность прием пищи соответственно должен быть увеличен за счет более калорийных продуктов (в основном жиров).

При разработке суточного рациона питания и в технологии приготовления блюд следует учитывать некоторые особенности.

Перед работой в респираторах необходимо исключать из пищи продукты, вызывающие изжогу, жажду, тошноту, вздутие живота и другие диспепсические явления. Не рекомендуется использовать кислые (квашеная капуста, консервированные помидоры, огурцы и др.), соленые (сельдь, соленые овощи), острые (фаршированный перец, рыба в томатном соусе и др.), бобовые (горох, фасоль) продукты, редис, свеклу, продукты, жареные в растительном масле, пряности. Категорически запрещается прием алкогольных напитков всех видов, в том числе пива.

Перед работой в условиях высоких температур пища должна включать жидкие блюда (первые, третьи), вторые блюда лучше подавать в полужидком виде.

В случае увеличения непрерывных работ в подземных выработках более 6 часов второй прием пищи осуществляется во время кратковременного отдыха на подземной базе. Пища при этом требует специальной кулинарной обработки. Бутерброды должны быть закрытыми - запеченные в тесте мясные и рыбные изделия, пирожки, бульоны, протертые супы и др. Пища доставляется в контейнерах или термосах.

После окончания работ прием пищи должен включать первое, второе блюдо и десерт. Разрешается использовать ранее не рекомендованные продукты.

Большое значение при интенсивных физических нагрузках в условиях нагревающего микроклимата, сопровождающихся большой потерей воды и солей, имеет режим питья. Перед работой целесообразно выпить стакан воды (200 мл). Жажда во время смены, если горноспасатели не работают в респираторах, рекомендуется утолять небольшими порциями воды или другого напитка (по 100 мл) через 25-30 мин. При больших потерях влаги интервал может быть меньше или количество выпитой воды за один раз увеличено до 150-



200 мл. При выполнении аварийно-спасательных работ в зимне-весенний период, а также в дни тяжелых работ в респираторах с большими влагопотерями организма, следует принимать витаминизированный напиток (на 1 л воды - чая черного сухого 0,5 г, сахара 10г, кислоты лимонной 0,3 г, аскорбиновой кислоты 100 мг, тиамин, рибофлавин, пиридоксин по 2 мг, ниацин 10 мг).

Медицинские работники ГВГСС должны проконтролировать, чтобы перед спуском в шахту респираторщики наполнили газированной водой (витаминизированным чаем) фляги и дополнительные емкости (сифоны, термосы), которые необходимо доставить на подземную базу или непосредственно к месту работы.

Для утоления жажды на поверхности шахты целесообразно использовать хлебный квас, молочную сыворотку, сквашенное обезжиренное молоко, фруктовые соки.

#### **4.1.4. Медицинское оснащение подразделений ГВГСС для оказания помощи пострадавшим в шахтах**

Для оперативного выезда на шахты с целью оказания помощи пострадавшим помощники командиров отрядов по медицинской работе и дежурные бригады РПП должны быть обеспечены санитарными автомобилями.

Санитарные автомобили ГВГСС оснащаются рациями (радиотелефонами или мобильными телефонами), лечебно-диагностической аппаратурой, медикаментами, медицинскими инструментами, перевязочным материалом, средствами транспортировки, санитарным имуществом. Часть медицинского оснащения комплектуется в виде наборов.

Медицинские работники и отделения ГВГСС должны иметь портативные медицинские сумки со средствами оказания помощи в горных выработках. В медицинских сумках и транспортных средствах должны находиться перечни их оснащения, в санитарных автомобилях - карты (схемы) расположения обслуживаемых шахт.

Наборы медицинского оснащения, хранящиеся в санитарных автомобилях, могут быть использованы также при оказании помощи пострадавшим на ПМБ. Медицинское оснащение горноспасательного отделения размещается на оперативном автобусе ГВГСС.

Особое внимание следует уделять оснащению аппаратами для дыхательной реанимации. Для этой цели оптимальными в настоящее время являются аппараты "Горноспасатель-11с" в "Горноспасатель-11р". Они, в отличие от аппарата ГС-10, позволяют проводить также вспомогательную вентиляцию легких и аспирацию жидкости из дыхательных путей. Аппарат ГС-11с предназначен для оснащения отделений ГВГСС. Более совершенный аппарат ГС-11р, обеспечивающий дополнительно регулировку параметров вентиляции и сохранение положительного давления в конце выдоха (ПДКВ), рекомендуется для оснащения санитарных автомобилей ГВГСС.

Реанимационно-противошоковые группы могут быть оснащены портативными барокамерами типа "Иртыш-Г" и другой медицинской аппаратурой и оборудованием, которые доставляются на шахту специальными транспортными средствами, или санитарными автомобилями ГВГСС.

Учет, хранение, назначение и использование наркотических лекарственных средств медицинскими работниками ГВГСС должны выполняться в соответствии с требованиями Минздрава. Наркотические вещества в подразделениях должны храниться в сейфах, имеющих охранную сигнализацию, в количествах, не превышающих пятидневный запас. В сумках дежурных медицинских работников РПГ допустимо иметь суточный запас наркотических средств с обязательной отметкой в перечне оснащения и в книге учета наркотических лекарственных средств.

Назначение и использование наркотических средств оформляются в первичной медицинской документации (карта вызова реанимационно-противошоковой группы, журнал учета медицинской помощи пострадавшим при авариях).

Использованные ампулы из-под наркотических средств дежурными врачами РПГ должны сдаваться в день применения, за исключением выходных и праздничных дней, помощнику командира отряда по медицинской работе, а в его отсутствие - лицу, назначенному приказом командира отряда. В праздничные и выходные дни ампулы следует передавать дежурным врачам РПГ, принимающим смену, с обязательным подтверждением подписями факта приема-передачи в книге учета наркотических лекарственных средств. Один раз в десять дней использованные ампулы уничтожаются комиссией под председательством помощника

командира отряда по медицинской работе с составлением соответствующего акта. При отсутствии в отряде РПГ и значительной удаленности взвода от штаба отряда, допускается наличие наркотических лекарственных средств в медицинской сумке фельдшера. Приказом начальника ГВГСС бассейна (области) утверждается список взводов и лиц, которым разрешается иметь две ампулы (шприца-тюбика) промедола. Сумку помощника командира взвода по медицинской работе хранят опломбированной в сейфе в помещении коммутатора. Персонал, дежурящий у коммутатора, приказом командира отряда обязуется вести ежедневный контроль за сохранностью медицинской сумки с обязательной отметкой в журнале приема-сдачи смен.

Если в сумке помощника командира взвода по медицинской работе наркотические средства отсутствуют, она хранится с его спецодеждой и респиратором в автобусе дежурного отделения

В подразделениях должен быть налажен строгий учет расходования спирта в соответствии с установленными нормами. Списание спирта проводится ежемесячно на основании учета записей в первичной медицинской документации и оформляется специальным актом комиссией, назначенной командиром подразделения. Приказы командира отряда о создании комиссии по списанию спирта и уничтожению ампул из-под наркотических веществ обновляются ежегодно с 1 января.

Для обеспечения медицинской помощи при авариях с большим количеством пострадавших штаб ГВГСС должен иметь постоянный неснижаемый запас перевязочных материалов, основных медикаментов (включая инфузионные средства), средств иммобилизации и др. По мере приближения окончания срока годности лекарственных средств они должны передаваться на использование в подразделения и заменяться новыми.

## **4.2. Первая и неотложная медицинская помощь**

*Первая помощь* - комплекс срочных мероприятий, направленных на устранение опасного для здоровья, а иногда и жизнь человека состояния при несчастных случаях, отравлениях и внезапных заболеваниях. Первая помощь оказывается до момента

доставки пострадавшего в медицинское учреждение или прибытия медицинских работников.

От качества оказанной первой помощи зависит ход следующего лечения, а иногда и самая жизнь потерпевшего, поэтому чрезвычайно важно предоставить первую помощь верно и качественно.

Среди случаев нарушения состояния здоровья, требующих срочной помощи, наибольшее распространение имеют ранения, сопровождающиеся кровотечением, вывихи, переломы костей, удары, растяжения и разрывы связок, травмы головы, глаз, термические и химические ожоги, тепловые удары, отравления, утопления, обмороживания, электрические удары и др.

#### **4.2.1. Критические состояния: шок, клиническая смерть**

В особенности опасные для жизни человека ситуации возникают в случае остановки дыхания и сердечной деятельности (возникновения так называемой клинической смерти). Такое состояние может возникнуть в результате поражения человека электрическим током, отравления, утопления и т.п. В этих случаях необходимая срочная (на протяжении первых 3-5 минут) помощь пострадавшему для восстановления дыхания и сердечной деятельности (реанимация). В противном случае, через 6-7 минут в коре головного мозга человека возникают необратимые изменения и клиническая смерть переходит в биологическую.

При тяжелых повреждениях, а также в случае травм, особенно чувствительных частей тела, которые сопровождаются сильными болями, может возникать *травматический шок*.

Травматический шок может возникать, как непосредственно в случае травмирования, так и спустя некоторое время после травмы вследствие переохлаждения, голода, жажды, переутомления, потери крови, некачественной иммобилизации, сотрясения в момент транспортирования и т.п.

Признаки шока. Потерпевший равнодушный ко всему окружающему, но сознание сохраняется. Кожные покровы бледные, с синюшным оттенком, покрыты холодным и липким потом. Запавшие с расширенными зрачками глаза, слабый пульс, учащенное, неравномерное и поверхностное дыхание. Наблюдается

ощущения жажды, тошнота и рвота. Часто шок сопровождается потерей крови.

**Первая помощь.** Пострадавшему и поврежденным частям тела необходимо обеспечить полный покой. В случае значительных повреждений мягких тканей, переломах костей, необходимо путем наложения шин обеспечить неподвижность поврежденных частей тела. Не следует раздевать потерпевшего и охлаждать его, а наоборот, необходимо его согреть, уложить в теплом помещении, приложить к конечностям грелки, в случае если потерпевший в состоянии глотать - дать горячие напитки. Нельзя давать пить, если есть подозрение на удар живота и повреждение органов брюшной полости.

Потерпевшего в состоянии травматического шока транспортировать недопустимо, первая медицинская помощь должна предоставляться на месте травмирования.

#### **4.2.2. Интенсивная терапия и реанимация**

**Искусственное дыхание** пострадавшему необходимо применять в тех случаях, когда естественное дыхание у него отсутствует, прекращается или очень ослаблено (пострадавший делает вдохи крайне редко и судорожно, с всхлипываниями или стонущими звуками). Такие явления наблюдаются в отравившихся или удушенных газом, утонувших, пораженных электрическим током, засыпанных углем или породой, получивших тепловой удар и в иных случаях, когда в результате травмирования наступает состояние так называемой мнимой смерти (организм еще жив, но уже прекращаются или прекратились функции дыхания).

Искусственное дыхание необходимо начинать немедленно после обнаружения такого пострадавшего и продолжать до возвращения сознания или прибытия врача. Известны случаи, когда пострадавшие приходили в сознание после нескольких часов искусственного дыхания.

Перед началом искусственного дыхания необходимо:

- осмотреть пострадавшего, установить, не травмированы ли у него грудная клетка и руки, которые могут быть задействованы в процессе искусственного дыхания, освободить его от стесняющей одежды;

- под область плечевого пояса подложить валик;

- очистить полость рта и носоглотки от посторонних предметов (зубные протезы, слизь, рвотные массы, порода);

- при стиснутых зубах ввести (между коренными зубами) роторасширитель, извлечь запавший язык и закрепить его языкодержателем.

Самый простой и лучший способ искусственного дыхания - “изо рта в рот” или “изо рта в нос” (рис. 4.1.). Этот метод искусственного дыхания - вдувание воздуха изо рта, оказывающего помощь, в рот или в нос пострадавшего, обеспечивает большую вентиляцию легких и позволяет быстрее восстановить дыхание. Кроме того, повышенное содержание углекислого газа в воздухе, вдуваемом пострадавшему, стимулирует процесс дыхания.

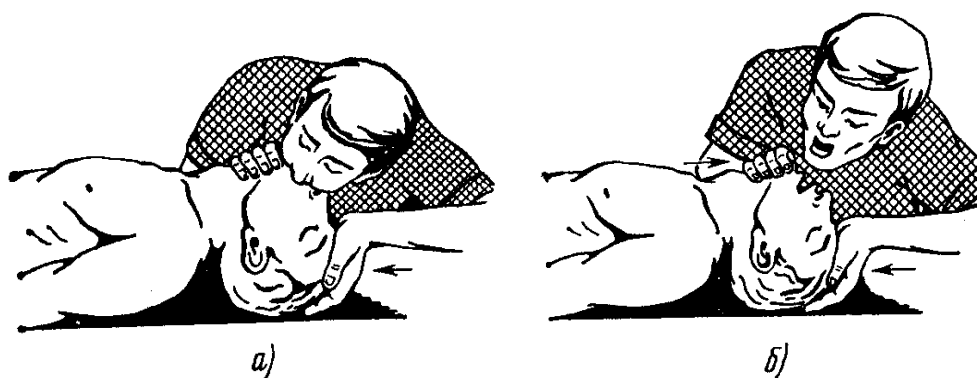


Рис. 4.1. Искусственное дыхание способом “изо рта в рот”:

а - вдох; б – выдох

Пострадавшего укладывают спиной на жесткую поверхность. Оказывающий помощь запрокидывает голову пострадавшего резко назад (под плечи подкладывают валик, сверток одежды, свернутое одеяло и т.п.) и удерживает ее в таком положении. Затем оказывающий помощь делает глубокий вдох, приближает свой рот ко рту пострадавшего и, плотно прижав свои губы (через марлю от бинта или индивидуального пакета) ко рту пострадавшего, вдувает набранный воздух в его легкие. Если имеется резиновая трубка или воздуховод, то вдувание воздуха производят через них. При вдувании воздуха через рот, нос пострадавшего зажимают, чтобы вдуваемый воздух не выходил наружу. При вдувании воздуха в легкие пострадавшего наблюдается расширение его грудной клетки. После этого, оказывающий помощь, откидывается назад. В это время грудная клетка пострадавшего спадает и наступает выдох. Такие вдувания воздуха производят от 10 до 15 раз в минуту, что

соответствует ритму нормального дыхания. Лучше проводить дыхание в менее частом ритме, но при большей глубине вдоха (это не так утомительно и лучше обеспечивает вентиляцию легочного воздуха у пострадавшего).

Эффективность искусственного дыхания проверяется по расширению грудной клетки у пострадавшего при каждом вдувании воздуха в рот. Если это не происходит, необходимо обеспечить более полную герметичность отверстий рта и носа при вдохе и проверить положение головы пострадавшего.

Искусственное дыхание следует проводить до тех пор, пока у пострадавшего не восстановится собственное глубокое и ритмичное дыхание. Появление первых слабых вдохов не дает основания для прекращения искусственного дыхания. Следует только приурочивать проведение искусственного вдоха к моменту начала самостоятельного вдоха.

### ***Непрямой (наружный) массаж сердца***

При отсутствии работы сердца даже своевременно начатое и правильно проведенное искусственное дыхание само по себе не может привести к оживлению организма. В таких случаях необходимо, наряду с искусственным дыханием, принимать меры для восстановления работы сердца.

Современная медицина располагает рядом эффективных мероприятий по восстановлению работы сердца в случае внезапной его остановки от различных причин.

Наибольший интерес представляет наружный массаж сердца, с помощью которого можно поддерживать кровообращение в организме и сохранить его жизнеспособность в течение длительного времени. Это достигается с помощью ритмичных сжатий сердца, имитирующих самостоятельные сокращения, путем надавливания через грудину на переднюю его стенку.

Непрямой массаж сердца не требует никакой аппаратуры, помимо рук оказывающего помощь. Его можно начать немедленно, как только устанавливают факт прекращения работы сердца по отсутствию пульса у пострадавшего. Для этого его необходимо положить спиной на твердую поверхность, освободить грудную клетку от одежды, расстегнуть пояс, воротник и произвести

закрытый массаж сердца в режиме 50 - 70 толчков в минуту. Место надавливания - на два пальца выше нижнего края грудины (рис. 4.2).

На место надавливания положить ладонную часть левой руки, также правую - сверху под прямым углом к левой руке. Резко надавливать обеими руками на нижнюю часть грудины, не сгибая руки в локтевых суставах, добиваясь прогиба ребер на 4 - 5 см по направлению к позвоночнику. Сердце при этом сдавливается между грудиной и позвоночником и кровь из его полостей выталкивается в сосуды большого и малого круга кровообращения. При последующем быстром прекращении давления на грудину, грудная клетка расправляется, что способствует поступлению крови из вен в сердце и его наполнению. С помощью непрямого массажа сердца можно длительное время поддерживать артериальное давление на достаточно высоком уровне и таким образом сохранять жизнь организма до самостоятельного восстановления работы сердца.

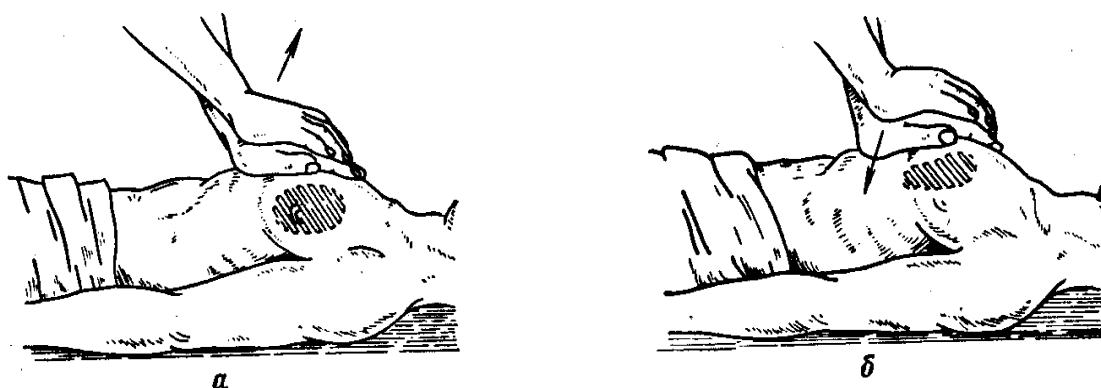


Рис. 4.2. Наружный массаж сердца: а - положение сердца во время поднимания рук; в - положение сердца во время надавливания руками на грудную клетку в области сердца.

Если помощь оказывает один человек, то через каждые 15 надавливаний на грудь следует делать два сильных вдоха по способу "изо рта в рот". Если массаж выполняют два человека, то после каждых пяти надавливаний на грудь необходимо производить один вдох пострадавшему. По этому способу за минуту успевают производить 48 - 50 нажатий на грудину при частоте искусственного дыхания 10 - 12 в минуту. Следует остерегаться надавливать на грудину во время вдоха, это препятствует дыханию, и массаж сердца теряет свою эффективность.



Следует помнить, что нажатие на верхнюю часть грудной клетки может привести к полому ребер; нажимая ниже грудной клетки, можно повредить печень.

Для повышения эффективности массажа следует поднять ноги пострадавшего. Этим обеспечивают лучший приток крови к сердцу из вен. Следует также время от времени проверять эффективность искусственного дыхания, следить за расширением грудной клетки при каждом вдувании воздуха в рот (или в нос) пострадавшему.

Мероприятия по оживлению следует продолжать до появления самостоятельного дыхания и работы сердца у пострадавшего. Восстановление деятельности сердца узнается по появлению собственного пульса, независимого от массажа сердца. Убедиться в этом можно, прерывая массаж на несколько секунд, если пульс при этом сохраняется, это указывает на восстановление самостоятельной работы сердца. При отсутствии же пульса во время перерыва следует немедленно возобновить массаж.

В период закрытого массажа необходимо контролировать его эффективность. Если при каждом толчке на сонных артериях прощупывается пульс, а зрачки сужаются, значит, закрытый массаж достигает цели.

### ***Искусственное дыхание аппаратным способом***

Для спасения пострадавших горноспасательными подразделениями и медицинскими учреждениями, в том числе пунктами скорой медицинской помощи, применяются аппараты искусственного дыхания ГС-10 и ГС-11.

Аппараты искусственной вентиляции легких предназначены для проведения искусственной вентиляции легких (ИВЛ) пострадавшим при авариях и несчастных случаях в шахте.

ИВЛ может проводиться в пригодной (автономная работа аппарата) и в непригодной для дыхания атмосфере. В непригодной для дыхания атмосфере аппарат применяется совместно с любыми газо-защитными аппаратами, используемыми в горноспасательной практике.

Показания к применению аппарата: расстройство дыхания, приводящее к недостаточной вентиляции легких; прекращение дыхания в результате слабой сердечной деятельности; отсутствие дыхания, сопровождающееся прекращением сердечной деятельности, т.е. клиническая смерть.

С помощью аппарата возможно проведение ингаляции чистым кислородом.

Для осуществления вдоха используется энергия сжатого кислорода, содержащегося в баллоне, и способность инжектора подсасывать атмосферный воздух (или другой дыхательный газ) и направлять образовавшуюся кислородно-воздушную смесь в легкие пострадавшего.

Выдох осуществляется пассивно за счет упругих сил грудной клетки и легких человека.

**Работа в режиме ИВЛ.** При автономном применении аппарат работает по схеме, представленной на рис. 4.3.

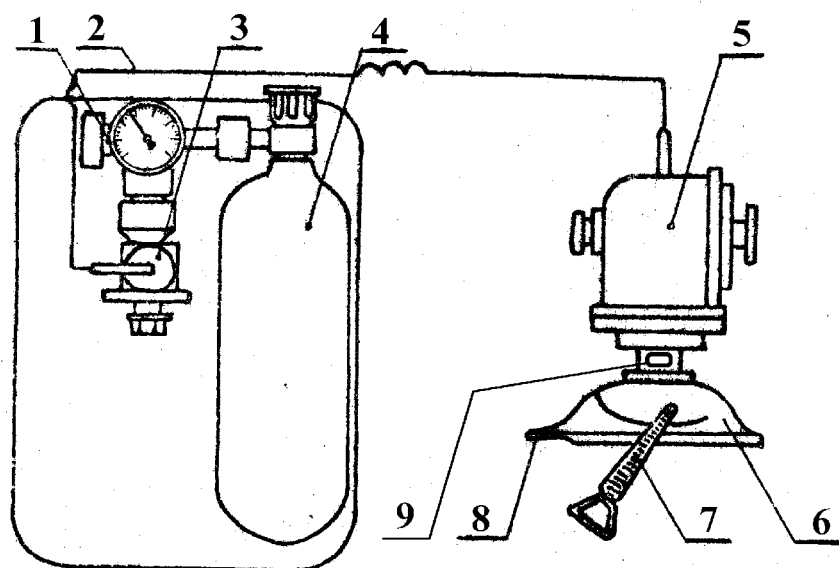


Рис. 4.3. Схема работы аппарата в режиме ИВЛ: 1 - тройник; 2 - трубка гибкая; 3 - редуктор; 4 - баллон; 5 - устройство переключающее; 6 - маска дыхательная; 7 - маскодержатель; 8 - пробка; 9 - фланец овальный

Кислород из баллона 4 поступает через тройник 1, редуктор 3 и гибкую трубку 2 в переключающее устройство 5, которое одновременно является генератором вдоха, так как содержит инжектор, создающий поток кислородно-воздушной смеси и направляющий его через дыхательную маску 6 в легкие пострадавшего.

При работе в непригодной для дыхания атмосфере (при совместном применении с изолирующими дыхательными аппаратами) аппарат работает по схеме, представленной на рис. 4.4.

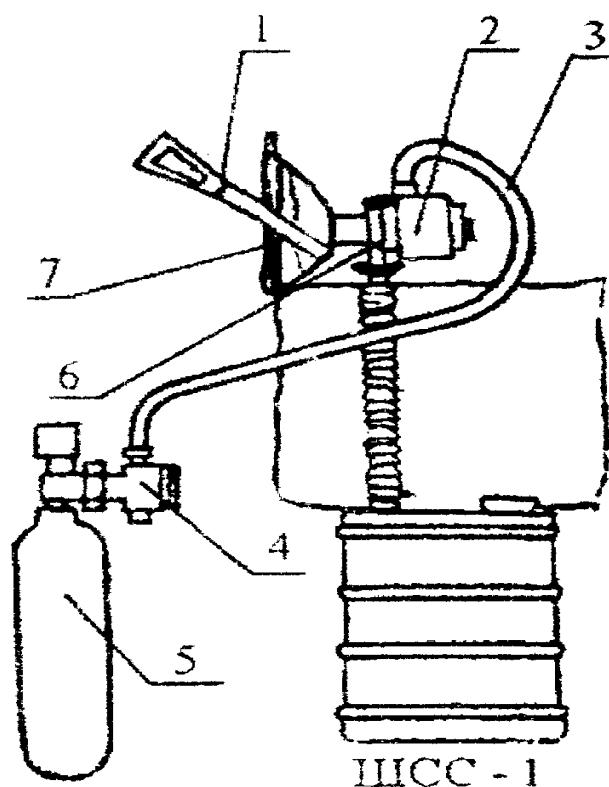


Рис.4.4. Схема работы аппарата при совместном применении с изолирующими самоспасателями: 1 - маскодержатель; 2 - устройство переключающее; 3 - трубка гибкая; 4 - редуктор; 5 - баллон; 6 - фланец овальный; 7 - маска дыхательная

**Работа в режиме ингаляции.** Ингаляция осуществляется чистым кислородом (рис. 4.5).

При вдохе кислород из баллона 3 поступает через тройник 1 редуктор 2, гибкую трубку 4 и ингаляционное устройство 8. Ингаляционное устройство обеспечивает необходимый поток кислорода в зависимости от глубины вдоха пострадавшего и направляет его через дыхательную маску 7 в легкие. Выдох осуществляется через клапан 5 ингаляционного устройства 8 в атмосферу.

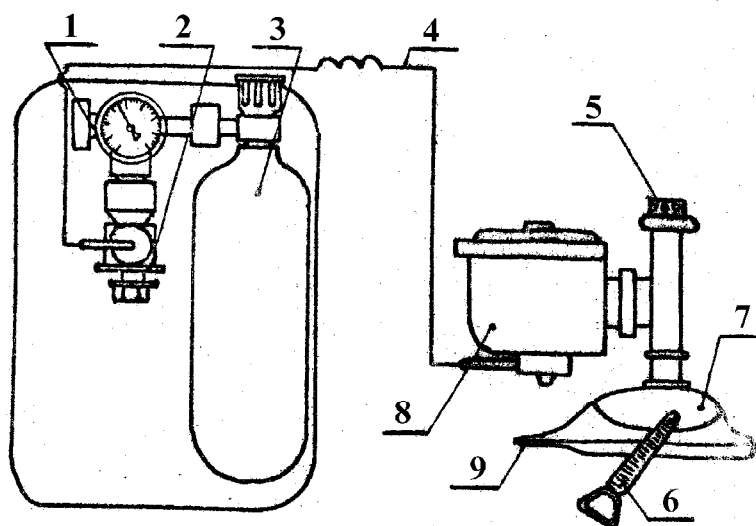


Рис. 4.5. Схема работы аппарата в режиме ингаляции: 1 - тройник; 2 - редуктор; 3 - баллон; 4 - трубка гибкая; 5 - клапан; 6 - маскодержатель; 7 - маска дыхательная; 8 - устройство ингаляционное; 9 - пробка

### 4.2.3. Травма верхних и нижних конечностей

Исследованиями причин несчастных случаев в угольных шахтах установлено, что основными из них при механических травмах являются:

- обрушение породы и угля в очистных и подготовительных выработках;
- взрывные работы;
- падение людей;
- движущиеся машины и транспортное оборудование;
- травмирование инструментом и другими предметами.

#### *Оказание первой помощи при переломах*

Полное или частичное нарушение целостности кости в результате травмы без повреждения кожи называется закрытым переломом, а с повреждением кожи - открытым. При полных переломах отдельные части кости отделены друг от друга, а при неполных - имеют место надломы и трещины.

Общие признаки переломов: резкая боль, припухлость, изменение формы участков тела (конечности) в области перелома, кровоподтеки.

Первая помощь при переломах состоит в обеспечении полного покоя поврежденной части тела и неподвижности костей в месте

перелома. Для этого необходимо иммобилизовать пострадавшую часть тела, т.е. сделать ее неподвижной, что достигается наложением на поврежденную конечность стандартных готовых транспортных деревянных шин Дитерихса или проволочных лестничных шин Крамера.

Как правило, шина должна захватывать не менее двух суставов, соседних с местом перелома (выше и ниже перелома), а при переломах бедренной или плечевой кости - три сустава (рис. 4.6).

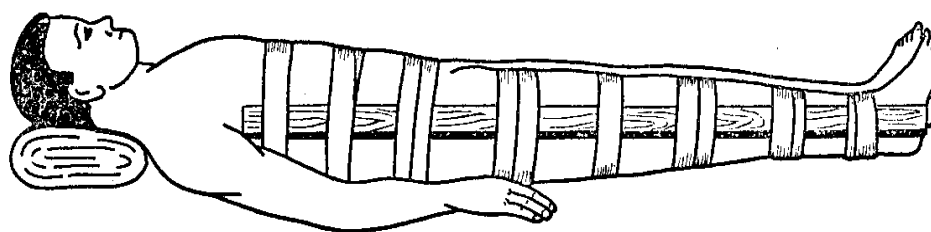


Рис. 4.6. Иммобилизация в случае перелома бедра

При переломе плечевой кости шина должна захватывать плечевой, локтевой и лучезапястный суставы; при переломе бедренной кости - бедренный, коленный и голеностопный суставы. Концы пальцев стопы или кисти остаются свободными для контроля за кровообращением конечности.

При закрытом переломе и отсутствии повреждения кожи шину накладывают поверх одежды.

При открытом переломе пострадавшего освобождают от одежды и обуви и затем накладывают шину. Если шина накладывается на обнаженную часть тела, то ее необходимо обернуть ватой, платком, особенно в местах прилегания к костным выступам.

Шина, обернутая ватой, должна быть плотно приложена к поврежденной части тела, образуя с ней как бы одно целое. Это достигается применением марлевых бинтов, косынок, платков, полотенец, веревок и т.п. Указанный способ применяется при иммобилизации открытого перелома плечевой кости шиной Крамера.

Если при переломе имеется рана (открытый перелом), то края раны необходимо обработать раствором йода, затем наложить стерильную повязку и транспортную шину. При обильном кровотечении необходимо сначала наложить жгут. При небольшом кровотечении жгут не накладывается.

**Переломы бедренной кости** могут происходить от травмирования падающими предметами или движущимися механизмами. Такие переломы относятся к тяжелым повреждениям и нередко приводят организм в очень тяжелое состояние (шок).

Переломы в верхнем конце бедренной кости (шейки бедра) встречаются преимущественно у пожилых и старых людей. Чаще происходят переломы в среднем отделе бедренной кости. Реже бывают переломы в нижнем отделе кости в области коленного сустава.

**Признаки.** При переломах бедренной кости наблюдаются боли, изменение формы конечности (искривление), невозможность двигать конечностью и резкие боли при таких попытках. При переломах в верхнем отделе, стопа и вся конечность бывают повернуты наружу. Искривление бедра бывает очень заметным при переломах в средней трети бедра. При переломах в области коленного сустава отмечается значительная припухлость и невозможность разгибания голени.

**Первая помощь.** При всех переломах бедренной кости очень важно придать всей ноге абсолютную неподвижность. Для этого пользуются прочными шинами (проволочными, деревянными и т.п.).

Наложение и закрепление шины Дитерихса на поврежденную конечность заключается в следующем:

- раздвинуть деревянные планки так, чтобы наружная планка упиралась в подмышечную впадину, а внутренняя - в промежность. Нижние концы планок должны выступать за края подошвы на 15 - 20 см;

- деревянную подошву прибинтовать к стопе, нижние концы шины вставить в металлические скобы у деревянной подошвы;

- соединив свободными ходами обе шины, создать гамачок, планки плотно прибинтовать к туловищу, шину к ноге пока не прибинтовывать;

- двойной шнур, укрепленный на деревянной подошве, пропустить через отверстие в поперечной дощечке, соединяющей наружную и внутреннюю планки, и закрутить с помощью закрутки. Шнур вытягивать до тех пор, пока поперечные перекладки шины не упрутся в подмышечную впадину и промежность;

- шину плотно прибинтовать к ноге.

При иммобилизации переломанной бедренной кости шинами Крамера одна шина укладывается от подмышечной впадины до

голеностопного сустава. Вторую шину уложить по внутренней поверхности бедра, конец согнуть в виде подковы для охвата стопы. Обе шины прибинтовать.

### ***Переломы костей голени.***

*Признаки:* боль в области перелома, изменение формы голени, невозможность пользоваться конечностью. Открытые переломы опасны, так как возможно попадание инфекции.

*Первая помощь:* обеспечение полной неподвижности конечности; для этих целей используют стандартные шины Крамера или импровизированные. Первую шину уложить на внутреннюю поверхность конечности. Вторую шину - на наружную поверхность конечности, начиная от верхней трети бедра до края стопы (с захватом коленного и голеностопного суставов). Обе шины прибинтовать. Нижние концы шин согнуть подковой для охвата стопы. Для надежности следует наложить заднюю шину до стопы.

### ***Переломы костей стопы.***

*Признаки:* припухлость и болезненность в месте перелома и болезненность при потягивании за палец.

*Первая помощь:* поврежденная стопа фиксируется шиной Крамера или доской; шину сгибают по контуру конечности в виде желоба и накладывают от верхней трети голени, заходя за концы пальцев; шину выстилают мягкой подкладкой, после чего прибинтовывают к поврежденной конечности

***Переломы плечевой кости*** бывают в средней ее части, в верхнем или нижнем ее конце

*Признаки:* болевые ощущения в местах перелома, болевые точки при ощупывании, припухлость, ограничение движения конечности.

*Первая помощь* заключается в полной иммобилизации (неподвижности) поврежденной руки.

Для этого стандартную шину Крамера изогнуть по контурам руки и наложить от плечевого сустава здоровой руки через спину и заднюю поверхность плеча и предплечья поврежденной руки до основания пальцев, которые должны оставаться свободными. Рука должна быть отведена от груди в плечевом суставе и согнута в локте, ладонь - обращена к животу, кисть несколько разгибают, а пальцы остаются полусогнутыми. В подмышечную впадину вкладывают

плотный ватный валик и укрепляют его бинтованием через здоровое надплечье. По углам верхнего конца шины прикрепляют два бинта, каждый длиной около 1 м, которые после наложения шины опускают впереди и позади здорового плечевого сустава и привязывают к нижнему концу шины, затем подвешивают на косынке или прибинтовывают к туловищу.

**Переломы костей предплечья** происходят от непосредственного удара или падения на согнутую в локте или вытянутую руку. Они могут быть в верхнем, среднем и в нижнем отделах предплечья.

**Признаки:** на всех участках травмированных костей предплечья отмечается боль и болезненность при ощупывании места перелома, ограниченная или полная невозможность двигать конечностью. При переломах верхней части предплечья - значительная припухлость, кровоизлияние в области локтевого сустава, при переломах в средней трети - искривление предплечья, а при ощупывании - боль, хруст и ненормальная подвижность костей. При переломе лучевой кости (нижняя треть предплечья) в месте у лучезапястного сустава - отмечается искривление, кисть и прилегающий к ней конец предплечья как бы сдвинуты.

**Первая помощь:** шину Крамера изогнуть по контурам поврежденной руки, выстелить ватой или мягкой тканью, наложить на заднюю поверхность предплечья, прибинтовать. Руку подвесить на косынке.

При переломах нижней трети предплечья шину длиной от локтевого сустава до конца пальцев накладывают в виде желоба на ладонную поверхность предплечья и кисти, которой пострадавший зажимает плотный ватно-марлевый ком.

### **Переломы пястных костей.**

**Признаки:** припухлость на тыловой части кисти и болезненность в области перелома, боль в месте перелома при сжимании кисти в кулак, а также при потягивании за соответствующий палец.

### **Переломы фаланг пальцев.**

**Признаки:** движения поврежденного пальца ограничены, припухлость и болезненность в месте перелома и при потягивании за палец.

**Первая помощь:** при переломах пястных костей и фаланг пальцев шины накладывают так же, как и при переломах в нижней трети предплечья.



**Переломы ключицы** возникают от удара, падения вперед или на вытянутую руку.

**Признаки:** болезненность в области перелома, ключица становится как бы короче, плечо и вся рука опущены книзу, движения верхней конечности ограничены.

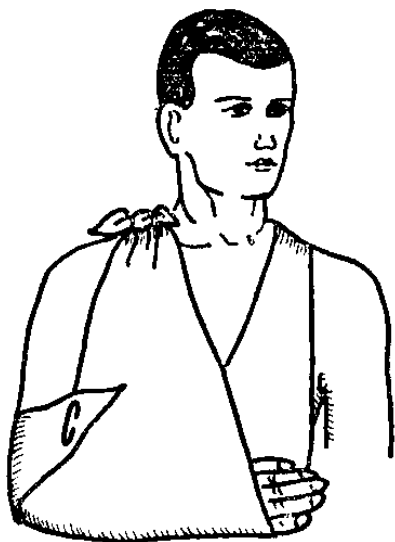


Рис. 4.7. Иммобилизация в случае перелома ключицы локтях руками. Кисти заложить за пояс. В таком виде пострадавший транспортируется.

**Первая помощь:** положив в подмышечную впадину пострадавшего плотно сжатый валик из ваты, руку, согнутую в локте, плотно прибинтовывают к туловищу (рис. 4.7), предплечье подвешивают на косынке или при помощи бинта.

Кроме того, исключение всяких движений при переломах ключицы можно произвести следующим образом: палку длиной 1 м заложить за спину пострадавшего, чтобы он мог удержать ее обеими согнутыми в

локтях руками. Кисти заложить за пояс. В таком виде пострадавший транспортируется.

### **Имобилизация конечностей с использованием подручных средств.**

При отсутствии готовых стандартных шин, необходимых для транспортной иммобилизации пострадавших, приходится пользоваться самодельными, которые можно изготовить из любых материалов или предметов, найденных на месте несчастного случая, - палки, доски, планки, лопаты и т.п.

### **Оказание первой помощи при вывихах**

**Вывихом** называется ненормальное смещение концов костей в суставе. При вывихе суставный конец кости выскакивает из суставной сумки. Вывих может произойти при падении на скользкой почве во время переноски тяжестей, падения с высоты на вытянутую конечность, в результате удара в область сустава куском породы или

угля. Вывихи чаще всего бывают в плечевом, локтевом тазобедренном и голеностопном суставах и нередко сочетаются с переломами.

*Признаки.* Пострадавший при вывихе жалуется на острую боль в суставе. Распознать вывих можно по изменившейся форме конечности в месте сустава и полному отсутствию его подвижности.

*Первая помощь* пострадавшему заключается в том, чтобы, не меняя положения вывихнутой конечности, создать спокойное положение для нее. Перед направлением пострадавшего в лечебное учреждение на поврежденную конечность накладывают транспортную шину или надежно фиксирующую бинтовую повязку. При вывихе руки в плечевом суставе руку подвешивают на косынку и прибинтовывают к туловищу, под подмышку вкладывают мягкий комок из бинта и ваты. При вывихе бедра пострадавшего укладывают на носилки, подложив под коленный сустав вывихнутой ноги валик из одежды. При вывихах в голеностопном и локтевом суставах необходимо наложить шину на поврежденный сустав так, как это делается при переломах.

Основным лечением вывиха является выправление поврежденной конечности в медицинском учреждении.

Ни в коем случае не пытаться вправлять вывих!

### **Оказание первой помощи при ушибах и растяжении связок**

*Ушибы* при работе в шахте происходят вследствие падения кусков породы или угля. При этом целостность кожи не нарушается, а лежащие под ней мягкие ткани и кровеносные сосуды повреждаются. Специфика работы в подземных условиях угольных шахт чаще всего связана с ушибами головы и конечностей

*Признаки ушиба мягких тканей:* несильные боли в области ушиба, ушибленное место припухает, становится сине-багрового цвета.

Вследствие разрыва кровеносных сосудов происходит подкожное кровоизлияние.

*Первая помощь.* При ушибах мягких тканей - прикладывание холодного компресса к ушибленному месту. Если ушиблена рука, ее надо положить в повязку. При ушибе ноги пострадавшего необходимо положить и приподнять ушибленную ногу немного выше туловища, подложив под нее одежду или что-либо другое.

При ушибе головы или туловища пострадавшего положить в безопасное место и затем оказывать первую помощь.

**Растяжение и разрывы связок** чаще всего бывают на ноге в голеностопном или коленном суставах и реже в бедренном или на руке в кистевом, локтевом и еще реже, в плечевом суставах.

Растяжение связок происходит при падении, особенно, если в это время человек переносит тяжесть или идет по загрязненной, мокрой выработке. Оно возникает при резких чрезмерных движениях в области суставов.

*Признаки:* болезненные ощущения, припухлость, движения в области сустава ограничены.

*Первая помощь* при растяжении связок та же что и при ушибах. На растянутые связки сустава положить холодный компресс и сделать тугую повязку, а при сильной опухоли следует наложить транспортные шины.

#### **4.2.4. Повреждение груди и брюшной полости**

**Переломы ребер** происходят от непосредственного удара или сдавливания грудной клетки. Чаще всего встречаются переломы в области 4-10 ребер, при которых возможно повреждение внутренних органов (плевры, легких и т.п.).

*Признаки.* В месте перелома резкая боль, усиливающаяся при вдохе, кашле, чихании и движениях грудной клетки. Если при переломе ребер повреждены плевра или легкое, то под кожей может скапливаться воздух (подкожная эмфизема), потрескивание пузырьков которого под кожей ощущается при ощупывании. Сильное повреждение внутренних органов может сопровождаться кровохарканьем.

*Первая помощь.* С целью ограничения дыхательных движений при закрытых переломах ребер, нижнюю половину грудной клетки туго забинтовывают или накладывают круговую повязку из полотенца, лейкопластыря.

**Сильные ушибы живота и грудной клетки** могут способствовать повреждению внутренних органов брюшной и грудной полости.

При ушибах живота с повреждением органов брюшной полости бывают сильные боли, рвота. При повреждении печени, селезенки появляются признаки внутреннего кровотечения (бледность кожных покровов и слизистых оболочек, головокружение, потеря сознания, общая резко выраженная слабость).

При ушибах живота с подозрениями на повреждение органов брюшной полости пострадавший подлежит немедленной отправке в медицинское учреждение. Давать пострадавшему воду и пищу запрещается.

При ушибах груди, сопровождающихся кровохарканием, требуется также направление пострадавшего в медицинский пункт.

#### **4.2.5. Переломы костей таза**

*Переломы костей таза* возникают при сильном сдавливании таза, например, между стенкой выработки и движущимся транспортом, между буферами вагонеток, при падении с высоты и т.п.

Переломы нередко сопровождаются повреждением тазовых органов, мочевого пузыря, прямой кишки и мочеиспускательного канала.

*Признаки.* Пострадавший не может стоять, ходить, лежать на спине, не может поднять вытянутую ногу. В области перелома появляется припухлость и значительные болевые ощущения, кровоизлияния бывают в паховой области и промежности.

Пострадавший обычно лежит в позе "лягушки", т.е. на спине с разведенными ногами, полусогнутыми в тазобедренном и коленном суставах. Повреждение внутренних органов при переломах костей таза может вызвать общее тяжелое состояние пострадавшего - шок.

*Первая помощь.* Пострадавшего уложить лицом вверх на носилки с жесткой подстилкой (доска, фанера), ногам придать полусогнутое и слегка разведенное положение, подложив под колени толстый валик. Широким полотенцем или простыней необходимо стянуть таз и верхние части бедер.

#### 4.2.6. Черепно-мозговая и позвоночная травма

##### **Повреждения головы.**

Среди повреждений головы следует выделить повреждения мягких тканей головы, переломи костей черепа та повреждения головного мозга.

*Переломы нижней челюсти и костей носа* происходят от непосредственного удара в область лица или падения лицом на твердые предметы,

*Признаки:* движения поврежденного лица ограничены, припухлость и болезненность в местах перелома.

*Первая помощь* заключается в наложении плащевидной повязки на травмированную лицевую часть головы.

В случае повреждения мягких тканей головы, наблюдаются припухлость, кровоизлияния (гематома) и боли в месте удара. Следует помнить, что сильные удары способные вызвать закрытые повреждения головного мозга. Ранение мягких тканей на голове сопровождается сильными и продолжительными кровотечениями.

*Первая помощь* - холод на место удара, а в случае сильного кровотечения следует наложить резиновый жгут или бинт вокруг головы.

Повреждение головного мозга (сотрясение, удар и сдавливание мозга) наиболее опасное. Наиболее частое оно бывает закрытым. Возникает во время падения, от ударов по голове и т.п. Бывает, что такие повреждения сочетаются с переломом костей черепа.

*Признаки повреждения мозга* - потеря сознания, которое наступило вслед за травмой, рвота, потеря памяти, шум и звон в ушах, головные боли. В случае средней степени сотрясения мозга, потеря сознания может длиться несколько часов, а значительное сотрясение может вызвать потерю сознания на несколько дней. Характерные также бледность лица, замедление пульса, поверхностное, а иногда и неправильное, дыхание. Удары и сдавливание мозга могут привести также к нарушению чувствительности, потери языка, паралича, судорог и других тяжелых последствий.

*Первая помощь*, в случае повреждения головного мозга, должна предоставляться очень осторожно, чтобы не ухудшить состояния пострадавшего. Поднимать его нужно в лежачем положении,

поддерживая голову. Не нужно его беспокоить, стараться вывести его из бессознательного состояния (давать нюхать пар нашатырного спирта). Пострадавший требует полного покоя. В случае рвоты, голову потерпевшего следует повернуть на сторону, после окончания рвоты - очистить полость рта. Если есть картон, то следует осторожно наложить картонную шину (обмотанную ватой) от лба через темя, затылок к лопаткам и надежно ее закрепить. В случае перелома костей черепа помощь аналогичная.

Потерпевшего с любой травмой черепа, которая сопровождается общим разладом, необходимо осторожно доставить в медицинское учреждение. Бессознательное состояние пострадавшего не является препятствием для транспортирования. Наилучшее средство для транспортирования - специализированная скорая медицинская помощь. При ее отсутствии, во время транспортирования необходимо внимательно следить за потерпевшим, чтобы он не задохнулся вследствие попадания рвотных масс в дыхательные пути.

***Переломы позвоночника*** происходят при обрушении породы и угля в горных выработках, а также в результате падения с высоты, сдавливания тяжестью. Переломы позвоночника становятся особенно опасными и тяжелыми, если они сопровождаются повреждениями спинного мозга.

***Признаки.*** Резкая болезненность, часто невозможность движений в области позвоночника, может быть выпячивание (горб) выступающих сзади остистых отростков позвонков.

Если при переломах сдавлен спинной мозг, то могут появиться параличи конечностей и потеря чувствительности тела, ниже места перелома, расстройство функций тазовых органов (задержка мочи и кала).

***Первая помощь.*** При оказании первой помощи необходимо соблюдать особую осторожность при поднимании и переноске пострадавшего. Сгибание позвоночника исключено, в виду того, что при этом может пострадать неповрежденный спинной мозг или сдавливание его может усилиться.

Для обеспечения полной неподвижности позвоночника пострадавшего укладывают на носилки с жестким ложем. Укладывание на носилки производят не менее двух человек, не допуская при этом ни малейшего сгибания позвоночника. Транспортировать пострадавшего необходимо на носилках с твердым

покрытием (доска, фанера) на спине, при отсутствии твердого покрытия - на животе (рис. 4.8).

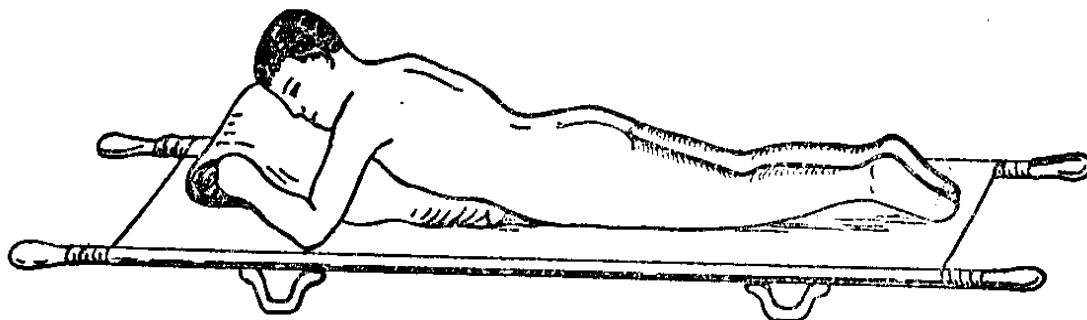


Рис. 4.8. Иммобилизация при переломах позвоночника

#### 4.2.7. Синдром продолжительного раздавливания

*Длительное сдавливание мягких тканей конечности* происходит при обвалах породы в горных выработках и может стать причиной развития общего тяжелого состояния пострадавшего

*Признаки.* Конечность, освобожденная от сдавливания, бледная, холоднее здоровой конечности. Пульс в нижних отделах конечности не прощупывается. Общее состояние пострадавшего удовлетворительное, однако, через 6 - 8 ч наступает резкое ухудшение общего состояния, повышается температура тела (38 - 39°), наступают расстройства дыхания и сердечной деятельности, жажда, рвота. Конечность становится холодной, отечной, багрово-синюшной окраски, на коже появляются точечные кровоизлияния, пузыри. Поврежденная конечность не чувствительна.

*Первая помощь* должна быть оказана на месте. Работы по освобождению пострадавшего из-под завала должны производиться под контролем медицинского работника для оказания ему своевременной медикаментозной помощи еще до окончания извлечения. Перед освобождением прижатой конечности наложить жгут выше места прижатия. Освобожденную пострадавшую конечность туго забинтовать от пальцев кверху и накладывать транспортные шины, если даже нет переломов.

При нарушении дыхания и сердечной деятельности сделать искусственное дыхание. Произвести ингаляцию 60 % кислородом.

Пострадавшему давать обильное питье, двууглекислую соду по 2 г. Незамедлительно до появления общего тяжелого состояния в первые часы, доставить пострадавшего в медицинское учреждение.

#### 4.2.8. Термические поражения

**Ожоги** - повреждение мягких тканей в результате воздействия высокой температуры, химических веществ или электрического тока.

Ожог в шахте или в руднике может быть получен при пожаре, при взрыве газа метана или угольной пыли, при производстве электросварочных работ, а также кислотами и щелочами.

**Термические ожоги** возникают от прямого воздействия на кожу и ткани высокой температуры (пламя, раскаленные предметы, пар, горячие жидкости). Чем больше обожженная поверхность и глубже поражение тканей, тем тяжелее ожог. Ожоги 1/3 - 1/2 поверхности тела могут стать опасными для жизни пострадавшего.

**Признаки.** Ожоги всегда сопровождаются сильными болями в области обожженной части тела. При обширных ожогах состояние пострадавшего становится тяжелым (шок).

В зависимости от глубины повреждения тканей различают четыре степени ожогов

1 степень - покраснение, припухлость и болезненность кожи;

2 степень - кроме указанных признаков, характеризуется образованием на обожженном месте пузырей, наполненных прозрачной жидкостью и более сильной болью;

3 степень - характеризуется изменением цвета кожи; кожа на месте ожога становится грязно-желтого или коричневого, а иногда и черного цвета и теряет чувствительность (омертвление кожи и подлежащих тканей);

4 степень - обугливание тканей.

**Первая помощь.** Прежде всего, необходимо потушить горящую или тлеющую одежду пострадавшего. Одежду с пострадавшего не следует снимать, а нужно только обнажить обожженный участок тела, не сдирая присохшей к обожженному участку тела одежды. После этого на обожженное место надо наложить сухую повязку из индивидуального пакета так, чтобы не лопнули образовавшиеся на коже пузырьки. Не следует ничем смазывать обожженное место.



Пострадавшим с обширными ожогами и тяжелым общим состоянием необходимо давать обильное горячее питье и принимать меры против охлаждения тела. Они так же, как и пострадавшие с ожогами 2-4 степени любой локализации подлежат немедленному направлению в медпункт, а при отсутствии его в шахте - на поверхность

**Химические ожоги.** Химические ожоги кожи и слизистых оболочек возникают от действия на них различных химических веществ: сильных кислот, щелочей и т.п.

*Признаки те же*, что и при термических ожогах. При ожогах сильными кислотами образуется сухой струп. При ожогах азотной кислотой он светло-желтой окраски, серной кислотой серо-белого, а затем коричнево-черного цвета. При ожогах щелочами участки омертвения беловатого цвета.

*Первая помощь.* При ожогах кислотой или щелочью (за исключением ожога серной кислотой) лучшим средством первой помощи является обильное немедленное промывание 5-10 минут обожженного места тела водой. Если одежда облита кислотой или щелочью, ее необходимо снять; если облиты только рукав, штаны или полы, их необходимо отделить от тела, не снимая всей одежды. После этого на обожженное место следует наложить сухую повязку из индивидуального пакета.

При ожогах кислотой или щелочью в электровозном депо или в ламповой вслед за промыванием водой могут быть применены нейтрализаторы, которые всегда должны иметься в помещениях, где производятся работы с кислотами и щелочами.

При ожогах кислотой в качестве нейтрализатора применяется двухпроцентный раствор соды, а при ожогах щелочью - двухпроцентный раствор уксусной или борной кислоты.

Если кислота попадет в глаза, производится промывание их однопроцентным раствором соды, а при ожоге щелочью - двухпроцентным раствором борной кислоты. После промывания следует закапывать 1 - 2 капли вазелинового масла.

При ожоге серной кислотой обожженное место следует присыпать содой, не промывая его водой, после чего наложить повязку из индивидуального пакета.

При химических ожогах пищевода и желудка дают внутрь молоко или подсолнечное масло.

Пострадавшие с химическими ожогами подлежат срочному направлению в медицинские учреждения.

### **При обморожениях**

Местное (ограниченное) повреждение тканей при воздействии низких температур называется обморожением.

**Обморожение** может быть получено в шахтах и рудниках северных районов в зимнее время, где воздух, поступающий в шахту, имеет низкую температуру и не подогревается, а также, где разработки ведутся в условиях многолетней мерзлоты. Обморожение может быть получено при ремонтах в стволах шахт с поступающей струей воздуха, а также на поверхности шахт и рудников и в разрезах.

В зависимости от силы охлаждения и длительности его действия может быть обморожение различной степени:

1 степень - побеление и похолодание кожи, потеря чувствительности;

2 степень - кожа становится багрово-синей, появление пузырей, заполненных прозрачной жидкостью;

3 степень - омертвление кожи и глубже лежащих тканей; обмороженный участок становится черным.

При обнаружении обморожения пострадавшего нужно внести в теплое помещение, снять или разрезать одежду.

Обмороженное место следует осторожно растирать чистой и сухой шерстяной перчаткой, шарфом или суконкой, если представляется возможным, то их надо слегка смочить спиртом, водкой или водой.

Пострадавшего надо напоить горячим чаем. На обмороженное место следует наложить сухую стерильную повязку из индивидуального пакета.

Нельзя растирать обмороженный участок тела снегом. Нельзя растирать пораженный участок при появлении на нем пузырей и отека; следует протереть тампоном увлажненным спиртом, наложить сухую стерильную повязку.

При обморожении второй и третьей степени, а также в случае неясности степени обморожения пострадавшего необходимо немедленно отправить в больницу.

#### 4.2.9. Ранения и кровотечения

*Раной* называется нарушение целостности тканей тела с разрывом кожного покрова и кровотечением. Различают раны резаные (рубленые), ушибленные, рваные, колотые и т.п. В условиях угольных шахт и рудников чаще всего бывают ранения: ушибленные и рваные, реже резаные и колотые, причем ранятся чаще всего руки и голова, реже ноги и туловище.

Раны бывают поверхностными, когда повреждаются только кожа или слизистая оболочка, и глубокими. Глубокие ранения могут проникать в полости (грудную, брюшную и т.п.) и сопровождаться повреждениями внутренних органов.

*Признаки.* Всякое ранение сопровождается болью. Степень и характер болевых ощущений зависит от величины, характера и места ранения. Иногда боли бывают настолько сильными, что вызывают тяжелое состояние пострадавшего (шок).

Важнейшим признаком ранения является кровотечение, сила и характер которого зависят от вида поврежденных кровеносных сосудов.

*Первая помощь при ранениях* состоит: в остановке кровотечения и защите раны от вторичного загрязнения.

Рана, особенно полученная в шахте, способна быстро загрязняться, вследствие чего в организм проникают микробы, осложняющие лечение и могущие вызвать более тяжелые последствия.

Оказывая себе или раненому товарищу первую доврачебную помощь, надо соблюдать следующие требования:

- не промывать и не очищать рану от попавшей в нее угольной пыли и грязи;
- не перевязывать рану грязными лоскутами из одежды, не засыпать угольной пылью и т.п.;
- не прикасаться к ране руками во время перевязки и не загрязнять перевязочный материал.

### ***Способы остановки кровотечения***

Всякая рана в большей или меньшей степени сопровождается кровотечением. Различают *артериальное, венозное, капиллярное и паренхиматозное* кровотечения.

*Артериальное кровотечение* наиболее опасно, кровь алого цвета вытекает из раны сильной струёй толчками. При *венозном кровотечении* кровь темно-красного цвета, течет из раны непрерывно, медленно. Когда повреждаются мелкие сосуды (капилляры), кровь сочится из всей поверхности раны. *Паренхиматозное кровотечение* бывает при повреждениях таких органов как печень, селезенка и т.п.

При *наружном кровотечении* кровь выделяется наружу через рану кожи и слизистой оболочки, а при внутреннем кровотечении - изливается в полости и ткани. При ранениях главная задача состоит в том, чтобы как можно быстрее, хотя бы временно, остановить кровотечение. Окончательно кровотечение останавливает врач.

При *кровотечениях из мелких сосудов* (капилляров, небольших вен) достаточно наложить на рану давящую повязку и поднять вверх поврежденную конечность.

Хорошее кровоостанавливающее действие оказывает на рану биологический антисептический тампон (БАТ). Перед наложением давящей повязки кожу вокруг раны смачивают йодной настойкой, накладывают марлю и вату (индивидуальный пакет) и туго прибинтовывают. Давящую повязку нельзя накладывать, если в ране имеется инородное тело (осколок стекла, металла и т.п.).

Для наложения повязок применяются индивидуальные пакеты. При вскрытии пакета - потянуть за нитку на бумажной оболочке, наложить на рану подушечку бинта, не касаясь пальцами той стороны ее, которая накладывается на поверхность раны.

Для временной остановки артериального кровотечения применяют прижатие артерии к кости выше места ранения, где артерия расположена близко к поверхности тела и прощупывается по пульсации крови. Прижатие производится, как правило, четырьмя пальцами, а на бедре двумя пальцами обеих рук.

В шахтах чаще всего ранятся конечности, поэтому необходимо знать места прижатия артерий на руках и ногах.

На рис. 4.9 показаны типичные места прижатия артерии.

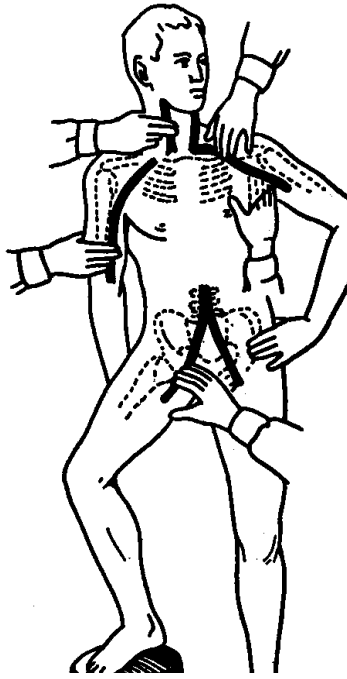


Рис. 4.9. Типовые места прижатия артерий

Артериальное кровотечение можно также остановить путем сильного сгибания конечностей в суставах, расположенных выше раны, как это показано на рис. 4.10, 4.11.

Прижатие артерии пальцами - надежный прием временной остановки кровотечения, но пальцы быстро утомляются, поэтому необходимо сразу же позвать на помощь товарищей и наложить жгут.

При отсутствии специального резинового жгута, можно использовать для прижатия ремень, носовой платок или тесьму от одежды.

Веревку, шпагат или проволоку применять в качестве жгута нельзя, так как они врезаются в тело и наносят повреждение. Жгут накладывают вокруг раненой конечности узлом выше раны (рис. 4.12, 4.13) вставляют под него закрутку (короткую палку) и закручивают до остановки кровотечения. Затем конец закрутки привязывается к конечности, чтобы жгут не раскрутился.

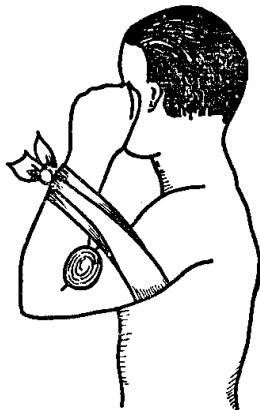


Рис. 4.10. Временная остановка кровотечения сгибанием руки в локтевом суставе

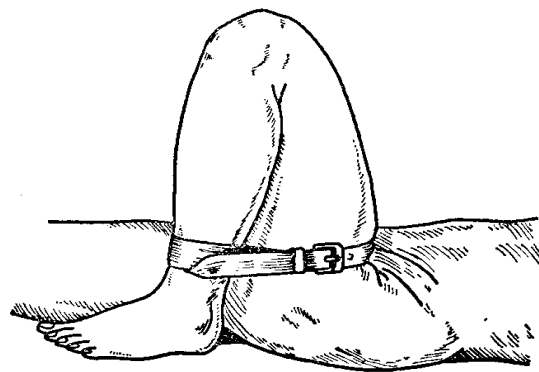


Рис. 4.11. Временная остановка кровотечения сгибанием ноги в коленном суставе

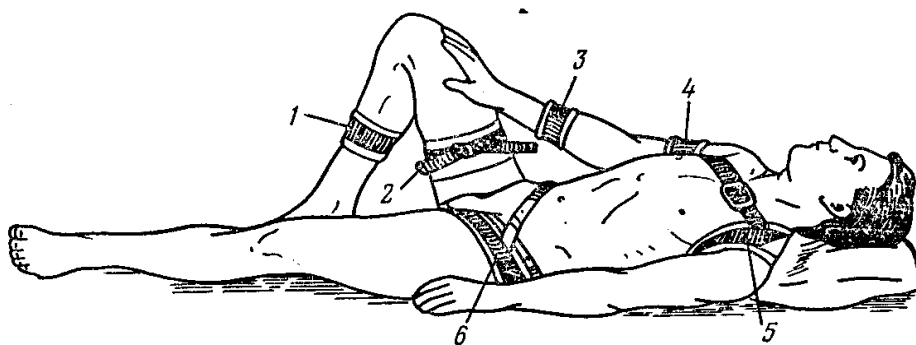


Рис. 4.12. Наложение жгута: 1 - на голень, 2 - на бедро, 3 - на предплечье, 4 - на плечо, 5 - на плечо (высокое) с закреплением к туловищу, 6 - на бедро (высокое) с закреплением к туловищу

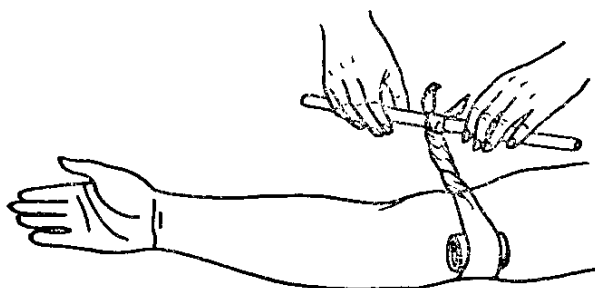


Рис. 4.13. Наложение закрутки

Резиновый жгут накладывают на конечность поверх прокладки (полотенце, несколько слоев бинта или ваты, одежда). Конечность приподнимают, жгут растягивают и делают 2-3 оборота вокруг конечности. Концы жгута закрепляют с помощью цепочки и крючка, а при их отсутствии - завязывают узлом. При правильном наложении жгута пульс ниже места ранения исчезает.

Наложение жгута может привести к неприятным последствиям, поэтому необходимо соблюдать следующие правила:

- употребляется только при сильном кровотечении;
- накладывается только на плечо и бедро не более чем на 2 - 2,5 часа;
- накладывается на одежду или мягкую подкладку;
- обороты жгута кладут один на другой или рядом, не оставляя между ними промежутков;
- при артериальном кровотечении жгут накладывается выше раны.

Пострадавшего необходимо сопровождать в больницу и сообщить медицинскому персоналу время наложения жгута.

В случае невозможности сразу отправить пострадавшего в больницу жгут через 1,5-2 часа следует расслабить на 2 - 3 минуты, предварительно прижав артерию в соответствующем месте. В дальнейшем жгут следует расслаблять через каждые 30 минут.

После остановки артериального кровотечения, дезинфицирования раны, а также в случае венозного кровотечения на рану накладывают давящую повязку (на несколько слоев марли укладывается вата и плотно прибинтовывается)

Чтобы предупредить заражение столбняком, немедленно после доставки пострадавшего в здравпункт ему вводят противостолбнячную сыворотку

### **Наложение повязок**

Повязки при оказании первой помощи при несчастных случаях применяют для надежного закрытия раны, остановки кровотечения, для придания какому-либо участку тела (конечности) неподвижного положения, а также для прочного закрепления наложенной шины при ушибах переломах и т.п.

Для указанных целей пользуются индивидуальным пакетом и бинтами различной ширины, в некоторых случаях для укрепления перевязочного материала на ране применяют лейкопластырь.

**При повреждении головы** применяются косыночная повязка, повязка чепцом, плащевидная повязка темени. Последовательность наложения повязки чепцом следующая. Кусок бинта 0,5 м положить серединой на область темени, опустив концы спереди ушей и туго затянуть их. Повязку накладывать круговыми ходами: бинт через лоб и затылок довести до правой завязки обернуть вокруг нее, затем через лоб и темя довести до левой завязки перекинуть бинт через нее покрыв часть затылка. Такими ходами покрыть всю голову.

**При ранениях пальцев рук** применяют спиральную повязку, для укрепления перевязочного материала на ране можно использовать лейкопластырь. Повязка начинается с кругового хода в области запястья, затем бинт ведут косо через тыл кисти к концу бинтуемого пальца, после чего начинается спиральная повязка, увивающая палец с конца до основания, после чего бинт спускается по тылу кисти к запястью, где его закрепляют.

**На поврежденную кисть руки** накладывают крестообразную повязку. Повязка начинается с кругового хода выше запястья, затем бинт ведут косо по тылу кисти на ладонь, обводят вокруг нее и поднимают вверх по тылу, перекрещивая второй ход. Ходы чередуют.

**Повязку на предплечье** начинают с кругового хода. Каждый оборот бинта прикрывают предыдущий на одну треть или половину его ширины.

**При повреждении области надплечья и плечевого сустава** можно наложить косыночную повязку или колосовидную повязку. Повязку начинают от здоровой подмышки, переходя по передней и задней поверхности больной стороны в подмышечную область, а оттуда вокруг плеча на спину с перекрестом предыдущего хода на наружной поверхности плеча. По спине ход идет в подмышечную область здоровой стороны. Ходы повторяются.

**При ранениях груди, переломах ребер** применяют спиральную повязку. Через грудь и плечо в косом направлении кладут кусок бинта длиной 0,5 м. Поверх него накладывают до подмышечной области спиральную повязку, состоящую из ходов бинта снизу вверх. Концы оторванного бинта перекидывают через другое плечо и завязывают.

**Повязка на поврежденную стопу** состоит из ходов вдоль стопы от пятки к концам пальцев и по боковым ее поверхностям.

Первый ход повязки на **область пятки** идет через наиболее выступающую часть пятки, затем один ход выше, а другой ниже предыдущего. Эти ходы укрепляются косыми ходами с той и с другой стороны пятки. После этого идут ходы, закрывающие область лодыжек и верхнюю часть стопы с перекрестом ее на изгибе.

При повреждении **голеностопного сустава** применяют восьмиобразные повязки. Повязка начинается с кругового хода над лодыжками, затем бинт спускают по тылу стопы на подошву, ведут вокруг стопы, поднимая по тылу и перекрещивая второй ход. Обойдя вокруг лодыжек, повторяют предыдущие ходы, делая перекресты выше и ниже предыдущих.

**Повязка на бедро и голень** начинается с кругового хода через подколенную ямку, затем ходы идут ниже и выше, прикрывая частично предыдущие и перекрещиваясь в подколенной ямке.



*При повязке на область живота и таза* бинт укрепляют круговыми ходами в нижней части живота, затем ведут его по боковой и передней поверхности в паховую область. Переходя на внутреннюю поверхность бедра, бинт обходит его заднюю полуокружность, в паховой области, поднимается по передней поверхности живота и обходит заднюю полуокружность туловища. В дальнейшем ходы повторяют, располагая их выше и ниже.

*На область промежности* накладывается простая Т - образная повязка.

#### **4.2.10. Отравление рудничными газами и продуктами горения в шахте**

##### ***Общие сведения***

Отравляющими или ядовитыми газами принято называть такие газы, которые, проникая в организм человека, вызывают нарушение нормальной жизнедеятельности организма, сопровождающееся временным или стойким болезненным состоянием.

Стойкое болезненное состояние организма, вызванное действием ядовитых газов, принято называть отравлением.

В рудничном воздухе отдельных выработок, а при пожаре, взрыве или внезапном выделении метана на участке, горизонте или крыле шахты может появиться ядовитый или удушающий газ. При вдыхании такого воздуха может наступить отравление, и даже смерть.

Действие ядовитых и удушающих газов на организм человека различно, а поэтому и способы оказания неотложной помощи при отравлениях различными газами неодинаковы. Для того чтобы правильно оказывать неотложную помощь, необходимо уметь определять по симптомам отравления каким газом отравился человек и какой способ оказания неотложной помощи надлежит применить в данном случае. Кроме того, необходимо знать физиологическое воздействие этих газов на организм человека при различных концентрациях их в шахтном воздухе.

Для предупреждения случаев отравления необходимо помнить, что не следует заходить в выработки, в которых не производятся работы, в тупиковые выработки, в выработанные пространства, в

камеры, в водосборники, в печи, в тупики штреков и во все другие места, где могут скопиться ядовитые или удушающие газы.

Во всех случаях отравлений ядовитыми или удушающими газами необходимо немедленно вывести (вынести) пострадавшего из загазированной выработки в ближайшую выработку со свежей струей воздуха. Если пострадавший сам почувствовал отравление по головной боли или сильному запаху газа, то он должен быстро выйти из опасного места.

При обнаружении пострадавшего, отравленного газом и потерявшего сознание в какой-либо выработке, нельзя без защитных средств, входить в эту выработку (находиться в ней), так как при этом не только не окажешь ему помощь, но и сам можешь погибнуть. При обнаружении пострадавшего, отравленного газом, необходимо позвать на помощь товарищей и сразу же сообщить о случившемся диспетчеру шахты для вызова к месту происшествия дежурных респираторщиков вспомогательных горноспасательных команд (ВГК), созданных при угледобывающих предприятиях.

До прибытия респираторщиков горнорабочие должны попытаться по характерным признакам отравления или запаху, определить какой ядовитый или удушающий газ появился в выработке, где обнаружен пострадавший.

Делать это следует очень осторожно, одному или двоим, а не всем сразу, включившись в самоспасатель и привязавшись веревкой, чтобы быстрее вынести пострадавшего и обезопасить себя.

Содержание ядовитых газов в рудничном воздухе не должно быть больше предельно допустимой концентрации, указанной в табл. 4.2.

Вынесенного пострадавшего нельзя укладывать на почву выработки во избежание охлаждения. Следует положить доски или стойки, на них расстелить спецодежду, уложить пострадавшего и накрыть его сверху спецодеждой.

Если при извлечении пострадавшего не было установлено, каким газом он отравился, следует попытаться это сделать по признакам отравления.

Отравления могут быть легкие, средней тяжести и тяжелые и каждый случай может сопровождаться различными признаками.

Таблица 4.2 – Предельно допустимая концентрация ядовитых газов в выработках шахт

| Наименование ядовитых газов                   | Химическая формула газа | Предельно допустимая концентрация газа в действующих выработках шахт |                   |
|---|-------------------------|--|-------------------|
|   |                         | % по объему  | мг/м <sup>3</sup> |
| Оксид углерода                                | CO                      | 0,00170  | 20                |
| Оксиды азота в пересчете на NO <sub>2</sub> , |                         | 0,00025  | 5                 |
| Сернистый ангидрид                            | SO <sub>2</sub>         | 0.00038  | 10                |
| Сероводород                                   | H <sub>2</sub> S        | 0,00071  | 10                |
| Диоксид азота                                 | NO <sub>2</sub>         | 0,00010  | 2                 |

***Действия спасателей при обнаружении пострадавшего:***

- быстро осмотреть пострадавшего, включить его в запасной респиратор и уложить на носилки;

- командир отделения должен набрать пробу воздуха на месте обнаружения пострадавшего и дать распоряжение вынести пострадавшего из загазованной атмосферы.

***Действия спасателей после выноса пострадавшего из загазированной атмосферы на свежую струю:***

- выключить пострадавшего из респиратора;

- тепло укрыть пострадавшего, при нарушении дыхания и сердечной деятельности подготовить пострадавшего к искусственному дыханию.

Ниже приводится физико-химическая характеристика отравляющих, раздражающих и удушающих газов, появляющихся в шахтах, а также их действие на организм человека при различных концентрациях в шахтном воздухе.

***При отравлении оксидом углерода***

Оксид углерода (CO), или угарный газ, не имеет цвета, запаха, вкуса, слабо растворяется в воде, относительная плотность 0,97. Горит синим пламенем и взрывается при концентрации в воздухе от 12,5 до 75%, наиболее сильный взрыв возникает при концентрации 30%, температура воспламенения газозвушной смеси в этом случае 630 - 810°C.

Главными источниками образования СО в шахтах являются рудничные пожары, взрывы метана или угольной пыли (при взрыве 1 кг угольной пыли образуется 1,5 м<sup>3</sup> СО). Оксид углерода образуется также при взрывных работах.

Концентрацию оксида углерода определяют химическими и термическими газоопределителями.

Отравление оксидом углерода может произойти в тупиковом забое или на исходящей струе воздуха после ведения взрывных работ, у вентиляционных перемычек, а также в случае пожара или взрыва в шахте.

Отравление оксидом углерода можно распознать по следующим признакам:

- ярко-розовая окраска слизистых оболочек губ и глаз, а иногда и кожи;
- боль в висках, сопровождаемая как бы "стучком" крови в височных артериях;
- нарушение двигательных функций - пострадавший пытается бежать из загазированной атмосферы, но сделать этого не может;
- возбуждение с произвольными беспорядочными движениями конечностей.

Данные о физиологическом воздействии на человека различных концентраций оксида углерода приведены в табл. 4.3.

Оксид углерода дает при реакции с гемоглобином крови нестойкое соединение, поэтому легкие отравления после вдыхания чистого кислорода или свежего воздуха обычно проходят бесследно. Тяжелые отравления оксидом углерода могут потребовать многих дней для излечения.

Обнаружив пострадавшего, отравившегося оксидом углерода, нужно включиться в самоспасатель, быстро вынести его из загазированной выработки в выработку со свежей струей воздуха, уложить пострадавшего на спину, подложив доски и сухую спецодежду. Одновременно по телефону нужно сообщить о несчастном случае диспетчеру шахты. После этого необходимо расстегнуть ворот одежды и пояс, чтобы пострадавший мог свободнее дышать. Укрыть пострадавшего ватной фуфайкой и растереть ему руки и ноги. При отсутствии дыхания производить искусственное дыхание до прихода врача или горноспасателей.

Таблица 4.3 – Физиологическое воздействие на человека оксида углерода

| Содержание оксида углерода, % | Время воздействия        | Признаки отравления и последствия  |
|-------------------------------|--------------------------|--|
| 0,01                          | До 8 ч                   | Слабая головная боль.  |
| 0,05                          | До 1 ч                   | Слабая головная боль, усиленное сердцебиение.  |
|                               | Больше часа              | Головная боль, тошнота, головокружение, усиленное сердцебиение.                          |
| 0,1                           | 1 ч                      | Головная боль, тошнота, рвота, недомогание, одышка и раздражительность, потеря сознания. |
| 0,5                           | 3-5 мин                  | Головная боль, тошнота, сердцебиение.  |
|                               | 20 - 30 мин              | Потеря сознания. Смертельное отравление.   |
| 1,0                           | Несколько вдохов (3 - 5) | Потеря сознания.   |
|                               | До 1 мин                 | Смертельное отравление.  |

*Первая помощь* горноспасателей при отравлении оксидом углерода заключается в следующем:

- при нарушении дыхания и сердечной деятельности - искусственное дыхание любым способом;

- при сохранении дыхания производить ингаляцию кислородом.

Выработку, где был обнаружен пострадавший, следует зашить решетчатой перегородкой.

### ***При отравлении сероводородом***

Сероводород ( $H_2S$ ) - газ без цвета, с характерным запахом тухлых яиц и сладковатым привкусом, относительная плотность его 1,19. Обладает сильными ядовитыми свойствами.

По характерному запаху сероводород легко обнаружить даже тогда, когда содержание его в воздухе весьма мало и не угрожает здоровью человека. При больших концентрациях  $H_2S$  в воздухе его запах не ощущается, что увеличивает его опасность.

Сероводород образуется при разложении органических веществ (крепежного леса) без доступа воздуха, при взрывных работах, особенно в случаях неполного сгорания взрывчатых веществ, при горении угля, содержащего пирит, а также выделяется из трещин угольных пластов и пород, иногда совместно с метаном.

Сероводород горит и при концентрации в воздухе 6% взрывается, температура воспламенения 290 - 487°C.

Сероводород хорошо растворяется в воде. Так, при нормальном атмосферном давлении и температуре +15°C в 1 л воды растворяется 3,23л сероводорода.

Особую опасность представляет сероводород, растворившийся в застойной воде в непроветриваемой выработке. При движении по воде возможно выделение сероводорода в опасной концентрации. Поэтому в выработки, где есть скопления воды и чувствуется запах сероводорода, не следует заходить без респиратора.

*Признаками отравления* сероводородом являются насморк, кашель, металлический вкус во рту, жжение и боль в глазах, слезотечение, тошнота и головная боль. При сильном отравлении у пострадавшего синеют губы, появляется рвота и понос, болезненные позывы на мочеиспускание, сердцебиение, возбуждение или сонливость, затем потеря сознания, судороги и смерть от паралича дыхания.

Данные о физиологическом воздействии на человека воздуха с содержанием сероводорода приведены в табл. 4.4.

Симптомы легкого и среднего отравления сероводородом при прекращении его вдыхания и соответствующей медицинской помощи быстро проходят.

Таблица 4.4 – Физиологическое воздействие на человека сероводорода

| Содержание сероводорода в воздухе, % | Время воздействия | Признаки отравления и последствия  |
|--------------------------------------|-------------------|--|
| 0.01 - 0.015                         | Несколько часов   | Слабое раздражение глаз, носа, горла. Головная боль                                  |
| 0,02                                 | 5-8 мин           | Сильное раздражение глаз, носа и горла. Головокружение и тошнота                     |
| 0,05 - 0,07                          | 2 - 5 мин         | Сильное раздражение глаз, носа и горла. Тошнота и рвота. Опасно для здоровья и жизни |
| 0.1 - 0,3                            | 2-3 мин           | Смертельное отравление   |

При обнаружении пострадавшего, отравившегося сероводородом, следует позвать на помощь товарищей, включиться в самоспасатель и, привязавшись веревкой, вынести пострадавшего из загазированной атмосферы в выработку со свежей струей, где положить его на спину на сухое место или доски, укрыть теплой спецодеждой и, если он без сознания, производить ему искусственное дыхание. О несчастном случае сообщить диспетчеру шахты и не оставлять пострадавшего без присмотра до прихода врача или горноспасателей для оказания квалифицированной медицинской помощи методом проведения ингаляции дыхательных путей 60 % кислородом, в крайнем случае - искусственное дыхание любым способом. Вход в загазованную выработку, где был обнаружен пострадавший, закрыть решетчатой перегородкой.

### ***При отравлении сернистым газом***

Сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ) бесцветен, имеет резкий удушающий запах и кислый вкус; хорошо растворяется в воде, образуя сернистую кислоту; не горит и не поддерживает горения; относительная плотность его 2,2.

В шахте сернистый газ выделяется при горении угольных пластов, содержащих серу, при взрывных работах, а также может выделяться из пластов угля и пород в смеси с другими газами, чаще всего с водородом, иногда с метаном. Сернистый газ обладает острым запахом, поэтому его легко обнаружить при очень малых концентрациях, не опасных для здоровья, что дает возможность своевременно принять предупредительные меры.

Вследствие того, что сернистый газ в два с лишним раза тяжелее воздуха, он обычно скапливается в нижерасположенных и плохо проветриваемых выработках. Скопление сернистого газа возможно и в тех случаях, когда в шахте на вышележащих отработанных горизонтах имеется заперемыченный действующий подземный пожар или проходит самонагревание угля, поэтому в шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к самовозгоранию, опасность появления сернистого газа, как и других ядовитых и удушающих газов, значительно больше.

Сернистый газ является одним из наиболее сильно действующих раздражающих газов. При соприкосновении с влажной поверхностью слизистых оболочек дыхательных путей и глаз он превращается в

серную кислоту, разрушающую ткань. В случаях тяжелых раздражений сернистым газом наблюдается воспаление бронхов, отек гортани и легких.

Данные о физиологическом воздействии на человека сернистого газа приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5 – Физиологическое воздействие на человека сернистого газа

| Содержание сернистого газа в воздухе, % | Время воздействия                           | Признаки отравления и последствия  |
|---|---|--|
| 0,0005                                  | В течение нескольких часов (до 8 ч)         | Ощутимый запах, слабо действует на глаза. Безопасно для здоровья   |
| 0,001 - 0,002                           | При длительном воздействии (2-3 ч)          | Раздражение глаз и горла, кашель. Не опасно для здоровья   |
| 0,005 - 0,01                            | При воздействии менее 1 ч                   | Раздражение глаз и горла, кашель. Не представляет непосредственной опасности, хотя вызывает заметное отравление. |
|   | При более длительном воздействии (1-2ч)     | Тяжелое отравление. Опасно для здоровья  |
| 0,05                                    | При кратковременном воздействии (2 - 5 мин) | Опасно для жизни. Смертельное отравление   |

*Признаками отравления сернистым газом* являются: раздражение глаз, слезотечение, покраснение глаз, судорожный кашель, рвота.

Почувствовав наличие сернистого газа в выработке, необходимо немедленно покинуть ее и заявить об этом горному мастеру или другому лицу надзора.

Обнаружив пострадавшего и определив по запалу или признакам отравление сернистым газом, необходимо немедленно позвать на помощь товарищей, привязаться веревкой и, включившись в самоспасатель вынести пострадавшего в выработку со свежей струей



воздуха, положить на сухое место, укрыть теплой спецодеждой, расстегнуть ему ворот спецодежды и пояс.

При отравлении сернистым газом нельзя производить пострадавшему искусственное дыхание, так как это может привести к отеку легких. О несчастном случае необходимо немедленно сообщить по телефону диспетчеру шахты, а выработку, где был обнаружен пострадавший, защитить решетчатой перегородкой.

*Первая помощь* горноспасателей при отравлении сернистым газом, сероводородом, окислами азота заключается в следующем:

- при сохранении дыхания произвести ингаляцию 60% кислородом;

- в крайнем случае - искусственное дыхание по методу Сильвестра-Лаборда без нажатия на грудную клетку;

- при отравлении сероводородом - искусственное дыхание любым способом.

#### ***При отравлении окислами азота***

Окислы азота ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ) образуются при взрывных работах в результате неполной детонации взрывчатого вещества и за короткое время, соединяясь с кислородом воздуха переходят в наиболее стойкую двуокись азота ( $\text{NO}_2$ ).

Двуокись азота - газ бурого цвета, с чесночным запахом, раздражающе действует на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, вызывая отек легких.

Особенность окислов азота - проявление их отравляющего действия через некоторое время (от 20 мин до 6 ч и более).

Двуокись азота имеет удельный вес 1,57 поэтому она может встретиться в любом месте выработки по пути вентиляционной струи.

Окислы азота хорошо растворяются в воде, поэтому в сырых выработках они поглощаются влагой воздуха. В качестве эффективной меры борьбы с ними применяют орошение.

При отравлении окислами азота появляются кашель, одышка, боли в груди, затем синюха губ и кончика носа, повышение температуры тела, пострадавший проявляет беспокойство, но сознание у него всегда сохраняется.

Данные о физиологическом воздействии на человека окислов азота приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Физиологическое воздействие на человека окислов азота

| Содержание окислов азота в воздухе, % | Время воздействия  | Признаки отравления и последствия  |
|---------------------------------------|--|--|
| 0,004                                 | В течение нескольких часов (до 8 ч)                              | Незаметно признаков отравления   |
| 0,006                                 | При кратковременном воздействии                                  | Раздражение в горле.<br>Пощипывание глаз.<br>Легкое отравление                           |
| 0,01                                  | При кратковременном воздействии при более длительном воздействии | Раздражение бронхов, кашель.<br>Заметное отравление Тяжелое отравление. Опасно для жизни |
| 0,025                                 | При кратковременном воздействии (несколько вдохов)               | Смертельное отравление   |

Характерной особенностью отравления окислами азота является их замедленное действие; отравившийся человек может себя чувствовать вполне нормально, возвратиться домой и через некоторое время почувствовать симптомы тяжелого отравления и отека легких. Поэтому, если имеются подозрения на наличие окислов азота в забое, необходимо соблюдать все меры предосторожности и лучше всего включиться в изолирующий самоспасатель.

Обнаружив отравившегося окислами азота, необходимо немедленно вызвать дежурного ВГК или ГВГСС, а при наличии изолирующих самоспасателей, приняв меры предосторожности, включиться в самоспасатель и с помощью товарищей вынести пострадавшего в выработку со свежей струёй воздуха, а у опасного забоя поставить постового и до проверки и разрешения лица надзора никого туда не пускать. О несчастном случае немедленно сообщить диспетчеру.

Если по признакам отравления видно, что пострадавший отравился окислами азота, не следует делать искусственное дыхание, так как оно в этом случае способствует отеку легких. Пострадавшего нужно положить на сухое место, расстегнуть ему ворот и пояс и,

укрыв теплой спецодеждой, не давать ему подниматься до прихода врача или горноспасателей.

По прибытии горноспасателей пострадавшему при сохранении дыхания производят ингаляцию 60% кислородом, в крайнем случае - искусственное дыхание по методу Сильвестра-Лаборда без нажатия на грудную клетку.

### ***При отравлении углекислым газом***

Углекислый газ (диоксид углерода,  $\text{CO}_2$ ) - в обычных условиях бесцветный газ, обладающий слегка кисловатым запахом и вкусом, хорошо растворим в воде, не горит. Удельный вес  $\text{CO}_2$  равен 1.53, т.е. в полтора раза тяжелее воздуха, поэтому он может появиться не только в выработках, где произошел пожар но и в выработках, расположенных ниже, а также по пути движения вентиляционной струи.

Сам по себе этот газ слабо ядовит, в небольших количествах (0,1 - 0.2%) он необходим для стимулирования дыхания.

При содержании  $\text{CO}_2$  3% дыхание человека учащается в два раза. при 5% - учащается в три раза и становится тяжелым, при 6% - проявляются сильная одышка и слабость, при 10% - наступает обморочное состояние, при 15 - 20% - возможно смертельное отравление.

По правилам безопасности содержание  $\text{CO}_2$  в действующих выработках не должно превышать 0,5% в исходящей струе шахты - 0,75%, при проведении и восстановлении выработок по завалам - 1%.

Концентрация  $\text{CO}_2$  измеряется шахтными интерферометрами (ШИ) различных модификаций для суммарного и отдельного (ШИ-б) определения метана и углекислого газа.

Углекислый газ в шахте обычно образуется при гниении крепежного леса, в результате медленного окисления угля; кроме того, он выделяется непосредственно из горных пород и угля. Второстепенным источником образования  $\text{CO}_2$  являются дыхание людей и взрывные работы. Большое количество  $\text{CO}_2$  образуется после взрывов рудничного газа и пыли, а также при пожарах.

Обнаружив в выработке повышенное содержание углекислого газа приборами или по увеличению частоты или глубины дыхания, по шуму в ушах или по пульсации крови в висках, необходимо немедленно выйти из этой выработки, предупредить об опасности

товарищей и поставить в известность горного мастера или другое лицо надзора.

Увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  до 1-2% не вызывает физиологического воздействия на человека. Данные о физиологическом воздействии на человека различных концентраций углекислого газа приведены в табл. 4.7.

Обнаружив пострадавшего, потерявшего сознание в выработке, заполненной углекислым газом, при наличии изолирующих самоспасателей, необходимо с помощью товарищей, приняв меры предосторожности, вынести его в выработку со свежей струей воздуха. Если пострадавший потерял сознание, необходимо уложить его на спину на сухое место, расстегнуть воротник и пояс и производить искусственное дыхание до прихода врача или горноспасателей.

Таблица 4.7 – Физиологическое воздействие на человека углекислого газа

| Содержание углекислого газа в воздухе, % | Время воздействия                   | Признаки отравления и последствия   |
|--|-------------------------------------|---|
| До 2                                     | В течение нескольких часов (до 8 ч) | Учащается дыхание.<br>Без заметных последствий  |
| До 5                                     | До 20 мин<br>Свыше 20 мин           | Увеличивает частоту и глубину дыхания, вызывает шум в ушах, ощутимую пульсацию крови в висках. Одышка и слабость. |
| 8  | 5-10 мин<br>Свыше 15 мин            | Сильные головные боли, головокружение, общее недомогание.<br>Обморок, потеря сознания                             |
| Свыше 10                                 | 1 - 2 мин                           | Потеря сознания, смерть   |

За исключением тяжелых случаев, отравление углекислым газом обычно проходит без последствий, как только пострадавший начинает дышать нормальным атмосферным воздухом.

### ***При отравлении метаном***

Из выделяющихся в шахте газов самым опасным является метан ( $\text{CH}_4$ ) - газ без цвета, запаха и вкуса, слабо растворим в воде. Относительная плотность метана 0,554, т.е. почти в 2 раза меньше плотности воздуха, поэтому, выделяясь из угольного пласта и нередко из окружающих пород, при недостаточном проветривании он скапливается в верхней части выработок, в кутках, в забоях восстающих выработок.

Основную опасность метан представляет как газ, способный гореть при достаточном притоке кислорода и образовывать при концентрации от 5 до 15% взрывчатую метано-воздушную смесь. Наиболее полное сгорание метана и кислорода и, естественно, наиболее сильный взрыв происходит при концентрации метана 9,5%.

Предельно допустимое содержание метана в воздухе в исходящей из шахты или крыла вентиляционной струе -  $< 0,75\%$ , в исходящей из участка, очистной и подготовительной выработке струе - до 1%. в поступающей в очистные выработки, к подготовительным забоям струе - до 0,5%. Концентрация местных скоплений метана в очистных и подготовительных выработках кратковременно не должна достигать 2%.

Заполнение выработок метаном при внезапных выбросах угля и газа резко снижает содержание кислорода в рудничном воздухе и делает его непригодным для дыхания. Поэтому метан принято считать газом удушающим. Так при наличии его в воздухе в количестве 24% дыхание заметно затрудняется, а при 43% содержание кислорода доходит до 12%. Вдыхание воздуха, содержащего 50 - 80% метана при нормальном количестве кислорода, вызывает сильную головную боль и сонливость.

Измерение и контроль содержания метана осуществляется шахтными интерферометрами и сигнализаторами метана.

Появление в воздухе выработок высоких концентраций метана сопровождается ощущением холода, так как метан значительно более теплопроводен, чем атмосферный воздух.

При загазировании выработки метаном он вытесняет кислород, вследствие этого может наступить удушье от недостатка кислорода в воздухе. *Признаками такого удушья* является учащение пульса, углубление дыхания, появление слабости. Почувствовав такие признаки, нужно немедленно выйти в выработку со свежей струей

воздуха, предупредить об опасности товарищей и горного мастера или другое лицо надзора.

Обнаружив в выработке, заполненной метаном (или азотом), пострадавшего, задохнувшегося от недостатка кислорода, при наличии изолирующих самоспасателей, следует с помощью товарищей, приняв меры предосторожности, вынести его в выработку со свежей струей и немедленно сообщить о несчастном случае диспетчеру. Пострадавшего надо положить на сухое место, укрыть теплой спецодеждой, растирать ему руки и ноги и если у него нет дыхания то производить искусственное дыхание до прихода врача или горноспасателей.

### ***Кислород и его действие на организм человека***

Кислород ( $O_2$ ) - газ, являющийся важнейшей составной частью воздуха необходимой для дыхания, не имеет цвета, запаха и вкуса и представляет исключительно активный элемент, так как быстро и легко входит в соединение со многими простыми и сложными газами. Количество кислорода, необходимое человеку, в среднем составляет во время отдыха 0,25 л в минуту, а во время движения и работы от 1 до 3 л в минуту

Наиболее легко кислород усваивается организмом человека при содержании его в воздухе около 21%.

Понижение содержания кислорода в рудничном воздухе может произойти при пожаре, при взрыве газа и особенно пыли, а также при выделении метана, углекислого газа и азота.

Следует помнить, что концентрация кислорода 14% является нижней границей, при которой возможно вдыхание воздуха без функциональных расстройств. Физиологическое воздействие на человека воздуха с пониженной концентрацией кислорода приведено в табл. 4.8.

Своевременная помощь при кислородном голодании заключается в немедленной подаче дыхательным органам пострадавшего свежего воздуха или кислорода. Такая помощь обычно быстро возвращает пострадавшему нормальное самочувствие и признаки аноксемии могут исчезнуть без всяких последствий.

Знание всеми работающими в шахте свойств перечисленных ядовитых и удушающих рудничных газов является обязательным и

необходимым в целях быстрого и своевременного распознавания их, для принятия мер к самоспасению.

Таблица 4.8 – Физиологическое воздействие на человека воздуха с пониженной концентрацией кислорода

| Содержание кислорода в воздухе, % | Время воздействия | Признаки отравления и последствия  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| 16 - 15                           | В течение 2 - 4 ч | Без заметных последствий   |
| 14 - 12                           | Через 3 - 5 мин   | Дыхание и пульс учащаются, понижается способность мышления   |
| 12 - 10                           | Через 1 - 3 мин   | Дыхание и пульс учащенные. Состояние сходное с опьянением, произвольные безрассудные движения, потеря рассудка |
| 10 - 8                            | Через 1 мин       | Потеря сознания, судороги  |
| 6                                 | До 1 мин          | Судороги, прекращение дыхания и смерть   |

#### 4.2.11. Поражение электрическим током

Несоблюдение правил техники безопасности при обращении с электрическим оборудованием и кабелями может быть причиной поражения электротоком.

Поражение электротоком происходит при прикосновении к голому электропроводу, находящемуся под напряжением, рукой или инструментом, при этом человек может получить ожог, потерять сознание, впасть в состояние мнимой смерти или быть убитым на месте.

При проходе электрического тока через тело человека мышцы приходят в судорожное состояние, вследствие чего пострадавший уже не может отнять руку от провода.

При поражении электротоком необходимо, прежде всего, освободить пострадавшего от действия тока. Это легче и безопаснее всего можно сделать, выключив электрический ток. При наличии резиновых перчаток можно оторвать пострадавшего от провода. Голыми руками нельзя хватать пострадавшего, так как током может поразить и того, кто оказывает помощь. После освобождения

пострадавшего от действия тока ему необходимо оказать доврачебную помощь. Если пострадавший в сознании, необходимо уложить его на сухое место, расстегнуть ворот и пояс, укрыть теплой спецодеждой, вызвать через диспетчера дежурного медпункта и сохранить пострадавшему полный покой до прихода врача. При отсутствии признаков жизни, при ослаблении дыхания, при упадке сердечной деятельности - произвести искусственное дыхание аппаратным способом и массаж сердца.

При бессознательном состоянии, но с сохранившимся дыханием расстегнуть пострадавшему одежду и дать понюхать нашатырный спирт.

Эффективность искусственного дыхания зависит от того, как скоро его начали проводить после поражения (табл. 4.9). В таблице приведены данные 55 случаев электротравм; все они были вызваны током высокого напряжения 2000 - 8000 В.

Таблица 4.9 – Зависимость эффективности искусственного дыхания от времени, прошедшего с момента поражения током до начала искусственного дыхания

| Время, прошедшее с момента поражения током до начала искусственного дыхания, мин | Общее число пострадавших | Число оживленных |
|--|--------------------------|------------------|
| 0,5  | 28                       | 13               |
| 1,2  | 12                       | 4                |
| 3  | 15                       | 0                |

Как известно, при поражении током наиболее вероятной причиной смерти является остановка дыхания, поэтому применение искусственного дыхания является особенно важным, но его следует проводить в течение первых 2 минут после поражения. В случае же запаздывания до 3 минут проведение одного только искусственного дыхания недостаточно для оживления пострадавшего.

#### **4.2.12. Оказание первой помощи при утоплении**

Утонуть в шахте можно только во время прорыва в шахту (в действующие выработки) воды или заиловки. Очень редко могут быть случаи, когда человек упадет в водосборник или забой наклонной или вертикальной выработки, заполненной водой.



При извлечении пострадавшего из воды необходимо соблюдать все меры предосторожности. Обнаружив пострадавшего в воде, необходимо немедленно позвать на помощь товарищей, одновременно сообщив о несчастном случае диспетчеру. Перед тем как спускаться к утонувшему, необходимо убедиться (по запаху) в отсутствии у поверхности воды ядовитых (сероводорода) или удушающих (углекислого газа) газов. После этого, обязательно привязавшись веревкой, спуститься в водосборник или забой и извлечь пострадавшего из воды.

Кожа пострадавших после извлечения из воды может быть, бледной (в дыхательных путях жидкости нет) или синюшной (в дыхательных путях имеется жидкость). В последнем случае изо рта и носа утонувших выделяется много воды или пенистой жидкости. Пострадавшего сразу же надо вынести в выработку со свежей струей воздуха и снять с него всю мокрую одежду и обувь. Осмотрев рот пострадавшего и очистив его от ила, угля и т.п., необходимо пальцами выправить язык в нормальное его положение. Необходимо также убедиться, нет ли у пострадавшего ран или других повреждений, которые могут препятствовать производству искусственного дыхания.

Первая помощь должна быть оказана незамедлительно и быстро. Сначала необходимо освободить дыхательные пути от воды. Для этого оказывающий помощь кладет пострадавшего на свое колено лицом вниз и толчкообразно нажимает на нижние ребра, в результате чего вода вытекает через рот и нос. Отсасывание жидкости из верхних дыхательных путей (аспирация) можно произвести аппаратом ГС-8м.

После этого немедленно приступают к искусственному дыханию, а при остановке сердца (нет пульса, сердцебиения) одновременно к наружному массажу сердца. Пострадавшего постепенно согревают, растирают кожные покровы, массируют по направлению к сердцу верхние и нижние конечности, укрывают сухими одеялами.

После восстановления правильного дыхания и сердечной деятельности пострадавшего на носилках перевозят в ближайшее лечебное учреждение. Меры по оказанию первой помощи утонувшему могут не приниматься лишь в том случае, если имеются явные признаки смерти (вздутие трупа и т.п.).

### 4.2.13. Транспортирование пострадавших

Переноска и перевозка пострадавших от места несчастного случая до выдачи их на поверхность является очень ответственным моментом для здоровья и жизни. Любой пострадавший при неправильной перевозке может скончаться от шока, кровотечения или его здоровью при этом может быть нанесен дополнительный вред.

Характер травмирования может требовать полной неподвижности пострадавшего для сохранения его жизни (перелом позвоночника, травмы головы, перелом конечностей, тазовых костей и т.п.), поэтому в шахте при переноске и перевозке пострадавших, так же как и при укладывании их на носилки, должна соблюдаться особая осторожность и внимательность при максимально возможной скорости движения.

Снимать пострадавшего с носилок нужно так же осторожно, как и укладывать по команде "берись, снимай, клади". При отсутствии специальных носилок можно пользоваться самодельными, собираемыми на месте из реек, досок, спецодежды.

Из узкой тесной выработки, при отсутствии носилок или невозможности их применения, пострадавшего можно вынести на руках.

Пострадавшего, находящегося в сознании, можно переносить вдвоем в сидячем положении на руках. Для этого руки соединяют в замок.

При вытаскивании из тесного забоя или из низкой выработки, где нельзя применить носилки, пострадавшего можно положить на спецодежду и вытаскивать на ней волоком. Но если есть подозрение на перелом позвоночника, то на мягкой подстилке тащить нельзя, а нужно подложить две или три доски и на них переносить пострадавшего до той выработки, где его можно положить на носилки, не вынимая из-под него досок.

При переноске пострадавшего на носилках по горизонтальным выработкам на большие расстояния нужно пользоваться плечевыми ремнями. Пострадавшего следует переносить по горизонтальным выработкам и при спуске по пологим выработкам - ногами вперед, при подъеме - головой вперед.

При выносе пострадавшего из добычных и проходческих выработок шахт, имеющих крутое падение, его надо фиксировать к носилкам ремнями или бечевкой.

В клеть пострадавшего надо также ставить на носилках и сопровождать его вдвоем, стоя возле головы и ног. Если клеть маленькая и носилки не устанавливаются, их надо поставить наклонно так, чтобы пострадавший полулежал на них, упираясь ногами в боковую стенку клетки. В этом положении его надо поддерживать двоим с обеих сторон, не давая ему съезжать вниз. По выезде на поверхность тотчас же вынести его из клетки и на носилках передать в руки медицинского персонала.