Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. L, вып. 1, 1965 г.

СПОСОБЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЖАРОВ С СОХРАНЕНИЕМ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО РЕЖИМА УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ВСКРЫТИЯ

Ю. В. Григорьев

Локализация очагов пожаров — одно из основных мероприятий, предшествующих активному тушению пожаров, возникающих в подземных выработках, по которым подводится свежий воздух к рабочим местам или движется исходящая струя. Такие мероприятия разработаны главным образом для случаев вскрытия одним горизонтом. Часто они автоматически переносятся на шахты с двумя-тремя и более горизонтами, что приводит к катастрофическим последствиям.

При возникновении пожара на шахтах с несколькими горизонтами вскрытия необходимо обеспечить устойчивость вентиляционного режима. Рассмотрим, например, вентиляционные схемы рис. 1. Схему *а* преобразуем в замкнутые схемы *б* и *в*. Составив основные уравнения вида $h = RQ^2$ для контуров внутренней и внешней частей схемы относительно ветви AB и произведя несложные алгебраические преобразования, получим неравенство

$$\frac{h_в}{h_н} < \frac{R_в}{R_н},$$

где $h_в$ и $h_н$ — равнодействующая депрессия соответственно внутренней Aa_1B и наружной AC_1B частей схемы;

$$h_в = h_1 + h_2 + h_3;$$

$$h_н = h_{вент} + h_4 + h_5 + h_6;$$

$R_в$ и $R_н$ — равнодействующее сопротивление внутренней и наружной частей схемы.

Приведенное неравенство, как это доказано профессором Краковской горнометаллургической академии В. Будриком, может служить показателем устойчивости вентиляционного режима шахты. Из формулы видно, что для сохранения в выработке AbB прямого направления воздушной струи надо стремиться к уменьшению $h_в$ и $R_н$ и увеличению $h_н$ и $R_в$. Увеличение $h_н$ возможно только за счет регулирования работы вентилятора, а увеличение $R_в$ — путем установки перемычек в заранее предусмотренных местах.

Правилами безопасности угольных и сланцевых шахт предусмотрены сдвоенные, закрывающиеся по ходу свежей струи воздуха противопожарные металлические двери на всех горизонтах вблизи стволов и шурфов, подающих свежий воздух, а также установка каменных, кирпичных или бетонных перемычек на откаточных и вентиляционных штреках или промежуточных квершлагах пластов, склонных к самовозгоранию.

Размещение предусмотренных Правилами безопасности противопожарных перемычек следует уточнять в соответствии с планом ликвидации аварий и учетом схемы проветривания.

По назначению противопожарные перемычки можно разделить на следующие группы, как это принято правилами безопасности Польской Народной Республики (рис. 2 и 3): 1) главные противопожарные перемычки *ПП* — в основных выработках, подводящих свежий воздух (околоствольном дворе, квершлаге и т. д.); 2) групповые перемычки *ПГ* — перед каждым разветвлением свежей струи воздуха (не ближе 5 *м* от места пересечения выработок); 3) районные перемычки *ПР* — для изоляции района или эксплуатационного участка вблизи входа и выхода обособленной струи; 4) временные перемычки *ПС* — для стабилизации вентиляционной сети, как правило, парусиновые или легкие дощатые, быстро возводимые.

Групповые и районные противопожарные перемычки могут возводиться из огнеупорных материалов с металлическими дверями. Иногда районные противопожарные перемычки монтируются с деревянными дверями, обшитыми листовым железом.

Пожары в вертикальных выработках могут возникнуть в воздухоподающих и вентиляционных стволах, а также в гезенках и скатах. Наибольшую опасность для работающих в шахте представляют пожары, возникающие в воздухоподающих стволах. Кроме того, они часто являются причиной длительного перерыва в работе участка или шахты в целом, так как уничтожают деревянные проводники клетей, портят кабели, трубопроводы и т. д. Пожар в вентиляционном стволе на исходящей струе менее опасен, но, кроме перечисленных выше разрушений, он может вывести из строя (или на какое-то время остановить) вентилятор.

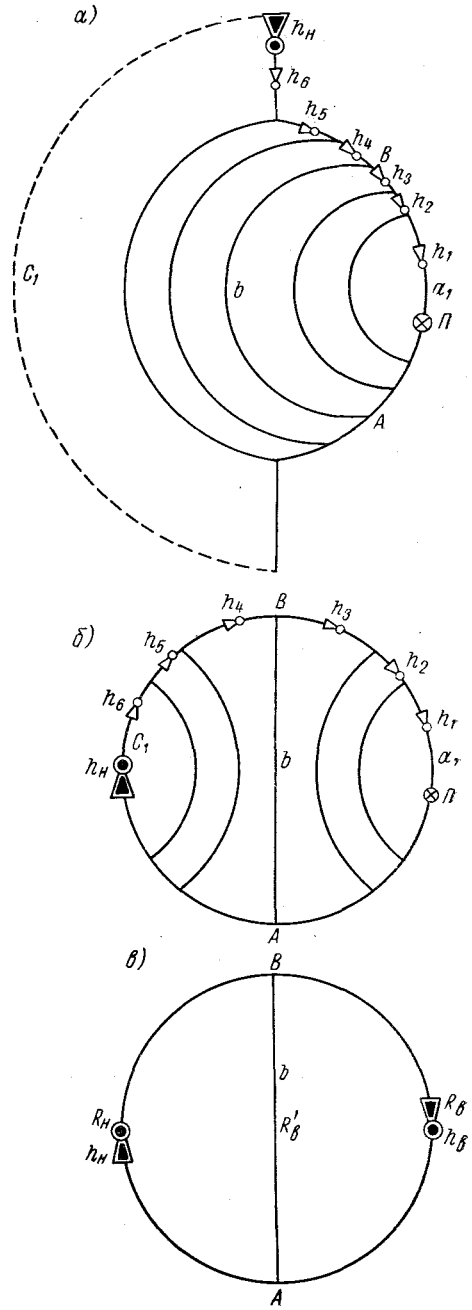


Рис. 1. Схема вентиляции шахты: *а* — фактическая; *б* — замкнутая; *в* — расчетная.

П — место возникновения пожара; *AbB* — выработка, где должен сохраниться устойчивый вентиляционный режим; $h_1 - h_6$ — локальные тепловые депрессии.

Таким образом, пожары в стволах влекут за собой огромные материальные потери, не говоря уже о большой опасности для людей.

Устранение неполадок и разрушений в стволах гораздо сложнее, чем в других выработках. Особенно трудоемки восстановление креплений и ликвидация завалов.

Рассмотрим основные мероприятия, которые необходимо предпринимать при возникновении огня в воздухоподающем стволе.

Свежий воздух может подводиться стволом как к одному, так и к нескольким горизонтам (рис. 2). В первом случае в момент возникновения пожара в стволе может возникнуть опасность задымления всех эксплуатационных участков, к которым подводится свежий воздух от этого ствола, а дальнейшее развитие пожара может опрокинуть струю воздуха в стволе

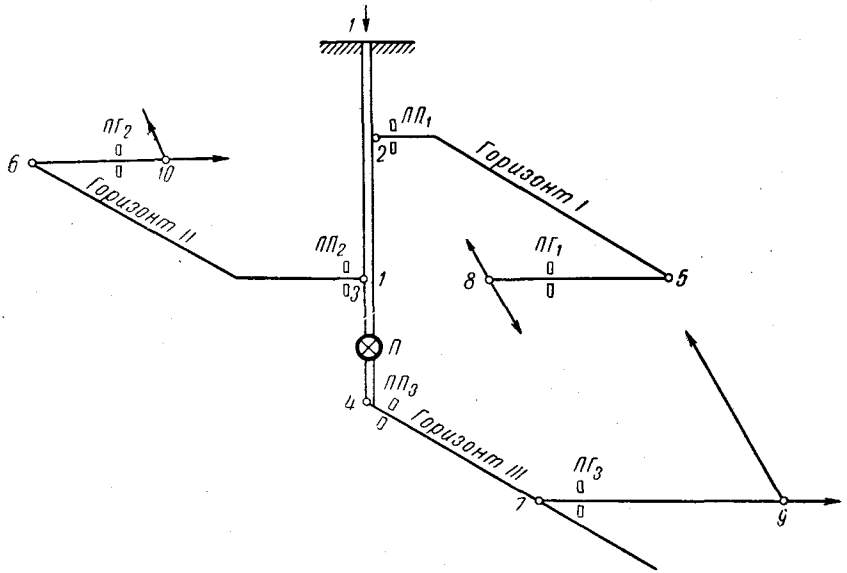


Рис. 2. Схема вентиляции шахты, вскрытой тремя горизонтами.
1—9 — эксплуатационные участки

под действием тепловой депрессии. Во втором случае, когда шахта имеет несколько горизонтов, число участков, подверженных задымлению в первой фазе пожара, зависит от места возникновения очага пожара в стволе.

Так, если пожар возник на участке *3—4* (рис. 2), то в первый момент развития пожара опасность задымления ограничивается эксплуатационными участками горизонта *III*. По мере развития пожара и увеличения тепловой депрессии струя воздуха в стволе может опрокинуться, что повлечет задымление горизонтов *I* и *II*. Во избежание задымления эксплуатационных участков необходимо немедленно: 1) закрыть главные противопожарные перемычки ($ПП_1$, $ПП_2$, $ПП_3$); 2) остановить вентилятор или вентиляторы, под действием которых осуществляется движение воздуха в стволе; 3) способствовать свободному выходу дыма и пожарных газов на поверхность, подняв клеть (скип) выше устья ствола.

Если околоствольные противопожарные перемычки повреждены, надо закрыть все групповые перемычки *ПГ*, что целесообразно и тогда, когда закрыты околоствольные. Выполнение только этих мероприятий будет способствовать опрокидыванию струи в стволе под действием тепловой депрессии пожара, и пожарные газы будут выходить на поверхность. Эти мероприятия являются первой фазой в борьбе с пожаром, возникшим в воздухоподающем стволе.

При разработке противопожарных мероприятий необходимо также учитывать направление депрессии пожара относительно депрессии вен-

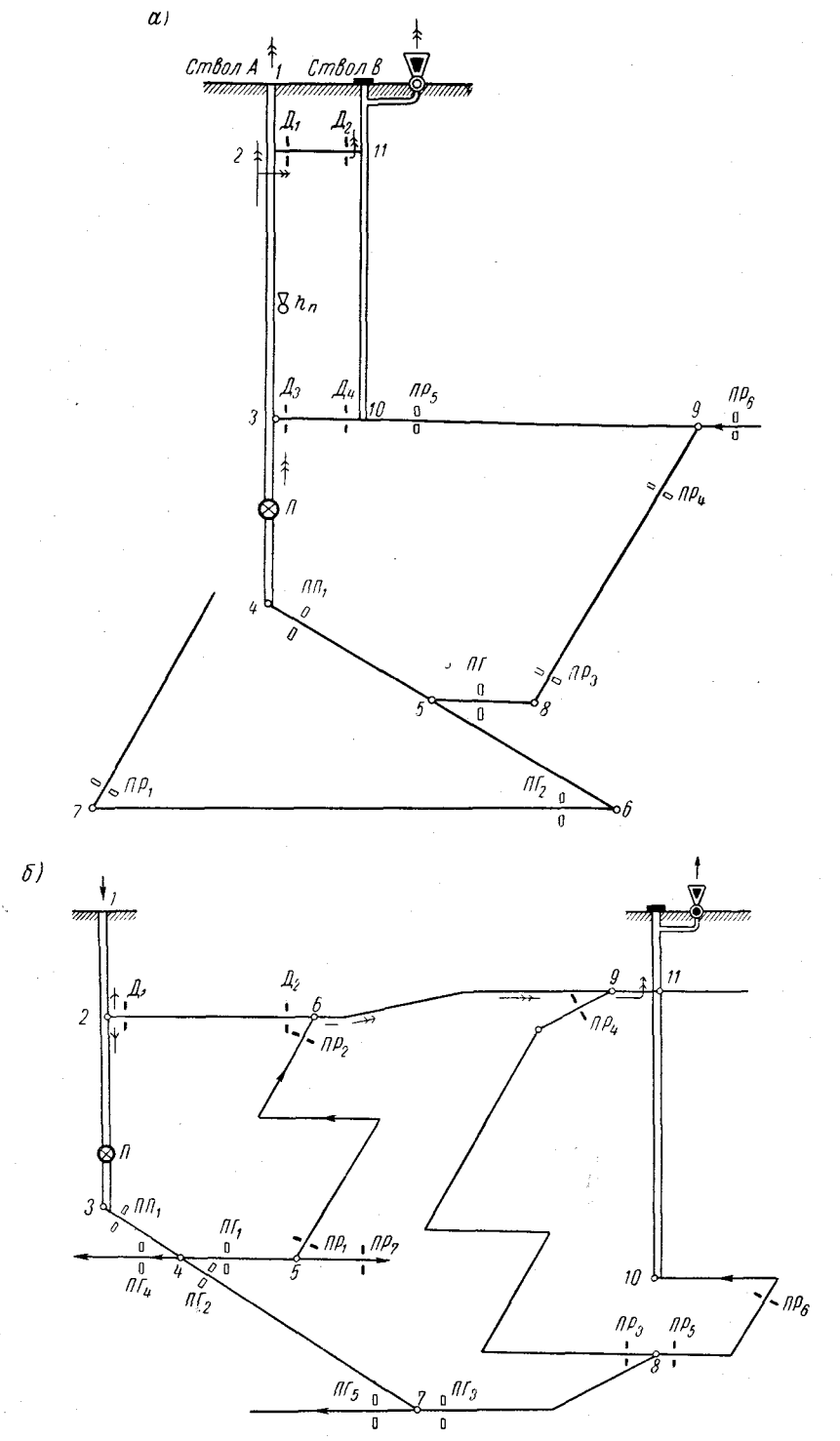


Рис. 3. Локализация пожара в воздухоподающем стволе с выводом пожарных газов через: *а* — соединительную выработку; *б* — вентиляционный горизонт.

тилятора. Если депрессия пожара значительно превосходит депрессию вентилятора, то струя воздуха в воздухоподающем стволе может опрокинуться, как показано на рис. 3, *а*. Поэтому после закрытия околоствольных противопожарных перемычек *ПП* и групповых перемычек *ПГ* и $ПГ_2$ надо открыть вентиляционные двери $Д_1$ и $Д_2$ в ветви *2—11*, соединяющей стволы (рис. 3).

Этого можно добиться открытием дверей в выработке *3—10*, но такое соединение стволов должно быть как можно ближе к вентилятору, с тем чтобы дым и пожарные газы проходили меньшую часть вентиляционного ствола. Если же шахта проветривается несколькими фланговыми вентиляционными стволами или нельзя соединить стволы специальной выработкой, то целесообразно соединить ствол выше очага пожара с другими вентиляционными выработками (рис. 3, *б*). Между этими методами нет существенной разницы — дело только в трудности соединения и количестве времени, потребном для открытия дверей $Д_1$ и $Д_2$ в ветви *2—6*. Доступ к этим перемычкам со стороны ствола, в котором возник пожар, будет в большинстве случаев невозможен. Поэтому необходимо к ним подойти по выработкам *5—6—2*, *8—9—6—2*, или со стороны вентиляционного ствола по выработкам *11—9—6—2*. При усилении пожара в стволе и значительной его депрессии дым и пожарные газы могут послужить причиной возникновения новых очагов пожара или даже взрывов в местах смешения их с воздухом, содержащим достаточное количество кислорода (рис. 3, *а*, пункт *11*, и рис. 3, *б*, пункты *6*, *9* и *11*).

Для предотвращения этого в первую очередь необходимо закрыть основную перемычку и перемычки в боковых ветвях (рис. 3, *а*—$ПР_6$), а также групповые перемычки (рис. 3, *б* — $ПГ_1$, $ПГ_2$ и $ПГ_3$) или соответствующие им районные (например, $ПР_1$ или $ПР_2$; $ПР_3$ или $ПР_4$ и т. д.).

Функции основной перемычки выполняет околоствольная противопожарная перемычка $ПП_1$ (рис. 3), а в случае нескольких разветвлений воздушного потока в стволе (рис. 2) — перемычки $ПП_1$, $ПП_2$, $ПП_3$ или соответствующие им групповые перемычки.

В таком случае лучше заперемычивать боковые струи после предварительного закрытия основной перемычки. Это всегда целесообразно, если воздух этими боковыми выработками подводится к месту проявления локальной депрессии пожара.

Остается решить вопрос: необходимо ли реверсирование струи, если пожар возник в воздухоподающем стволе?

Следует иметь в виду, что даже в случае быстрого выполнения всех операций по реверсированию оно не всегда обязательно (при наличии тепловой депрессии пожара), а иногда даже вредно. Рассмотрим основные противопоказания.

1. Целью закрытия околоствольной перемычки (перемычек, когда их несколько или соответствующих им групповых перемычек) является ограничение доступа воздуха к очагу пожара. Учитывая, что практически не удается возвести идеально плотные, не пропускающие воздуха перемычки, при реверсировании количество воздуха, доходящего к очагу пожара, будет больше, чем при остановленных вентиляторах. Увеличение же подачи воздуха к очагу пожара способствует его дальнейшему развитию и, кроме того, создает опасность взрыва пожарных газов, смешивающихся с воздухом.

2. Изменение направления вентиляционной струи занимает время и может вызвать ухудшение состояния проветривания вследствие уменьшения количества поступающего воздуха, доходящего до 40—50% от первоначального. Если в шахте есть заперемыченные, но не окончательно потушенные пожарные участки, то такое реверсирование может способствовать быстрому рецидиву пожара, а иногда и возникновению взрывов пожарных газов в заперемыченном пространстве. Кроме того,ревер-

сия вентилятора без закрытия околоствольной перемычки будет способствовать развитию пожара в стволе. Реверсия вентилятора полезна в случаях: а) когда струя в воздухоподающем стволе под влиянием депрессии пожара не опрокидывается или реверсирование вентилятора можно проделать быстрее, чем закрыть противопожарные изолирующие перемычки; б) если необходимо отвести дым и пожарные газы из участков, куда они проникли до опрокидывания струи воздуха в воздухоподающем стволе.

При реверсии вентилятора и изменении способа проветривания шахты нужно закрыть околоствольные противопожарные или соответствующие им групповые перемычки. Невыполнение этого условия влечет за собой развитие пожара в стволе, увеличение его депрессии и в результате — задымление верхних горизонтов. Такое задымление возможно и помимо реверсии вентилятора, потому что тепловая депрессия пожара может преодолеть влияние вентилятора.

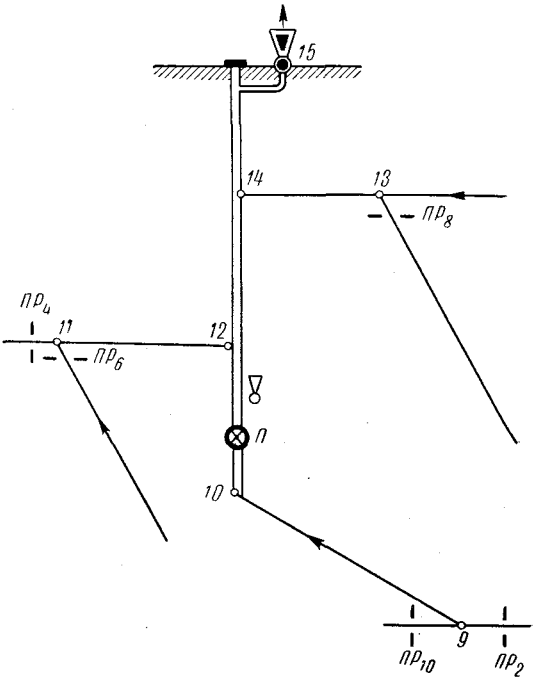


Рис. 4. Локализация пожара в вентиляционном стволе.

При возникновении пожаров в вентиляционных стволах опасность для людей, работающих в шахте, уменьшается, так как вследствие совпадения по направлению депрессий пожара и вентилятора пожарные газы не проходят через эксплуатационные участки. Исключением может быть единственный случай, когда депрессия вентилятора сравнительно с тепловой очень мала или вентилятор в момент возникновения пожара выводится из строя, а исходящая струя поступает в вентиляционный ствол с двух или нескольких горизонтов (рис. 4). В этом случае при возникновении пожара на участке *10—12* может опрокинуться струя воздуха в ветвях *11—12* и *13—14* и произойти задымление участков. В практике подобные случаи встречаются редко. Основные мероприятия при возникновении пожара в вентиляционном стволе: 1) создание условий свободного выхода дыма и пожарных газов, для чего следует открыть устье ствола; 2) перекрытие районных противопожарных перемычек в выработках, из которых поступает свежий воздух к месту возникновения пожара, а также перемычек, расположенных на пути следования пожарных газов (рис. 4, $ПР_2$, $ПР_4$, $ПР_6$, $ПР_8$ и $ПР_{10}$); 3) остановка вентилятора.

Остановка вентилятора необходима и для его сохранности от повреждения горячими газами, проходящими через вентилятор и вызывающими коррозию металлических частей. Поэтому, после того как установится движение пожарных газов и дыма в стволе и будет открыто устье вентиляционного ствола, рекомендуется опустить шибер вентилятора.

Пожары в гезенках и скатах могут возникнуть как на свежей, так и исходящей струе, в восходящем и нисходящем потоках воздуха. Возможность возникновения пожара в гезенках гораздо больше, чем в стволах, так как большинство гезенков имеет деревянное крепление и часто

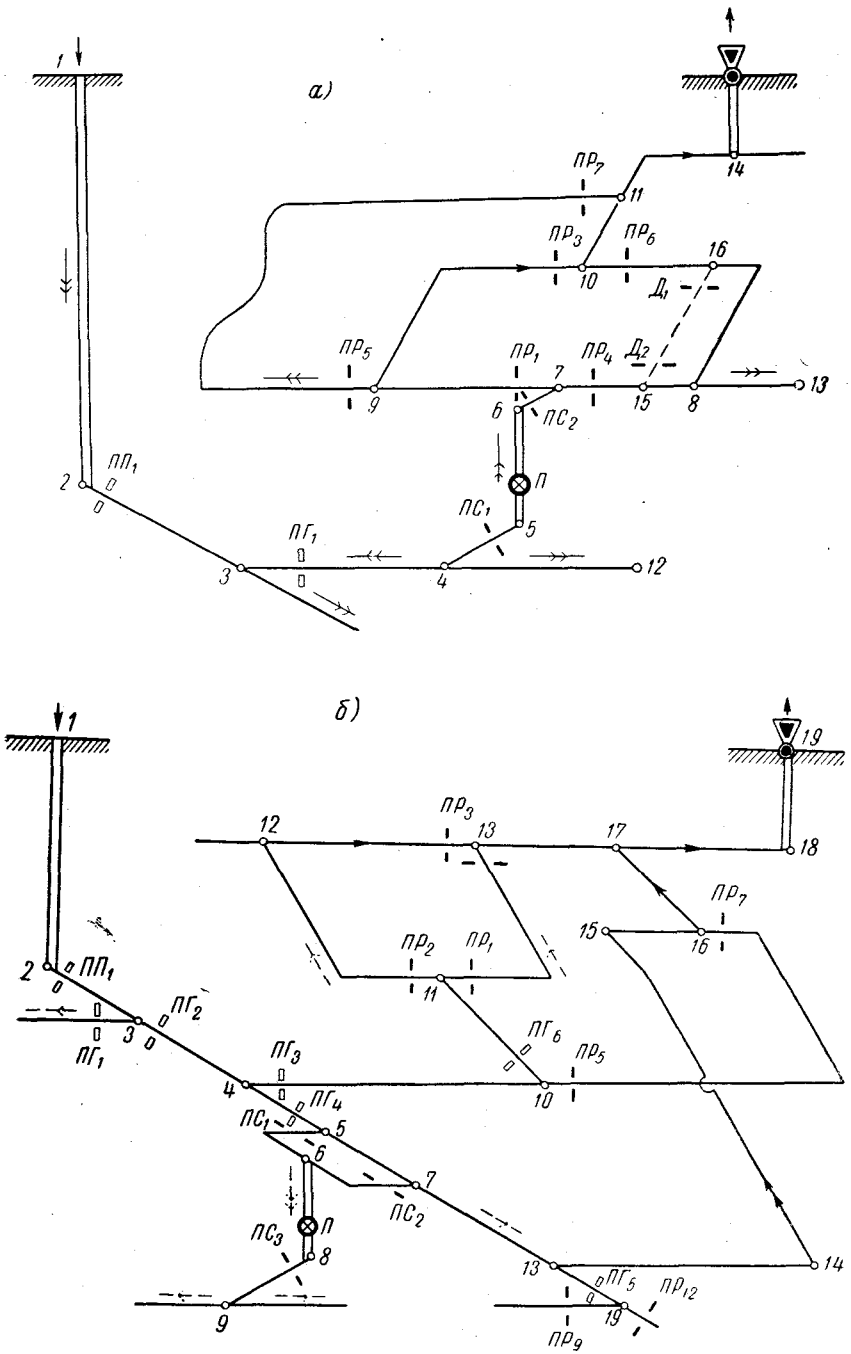
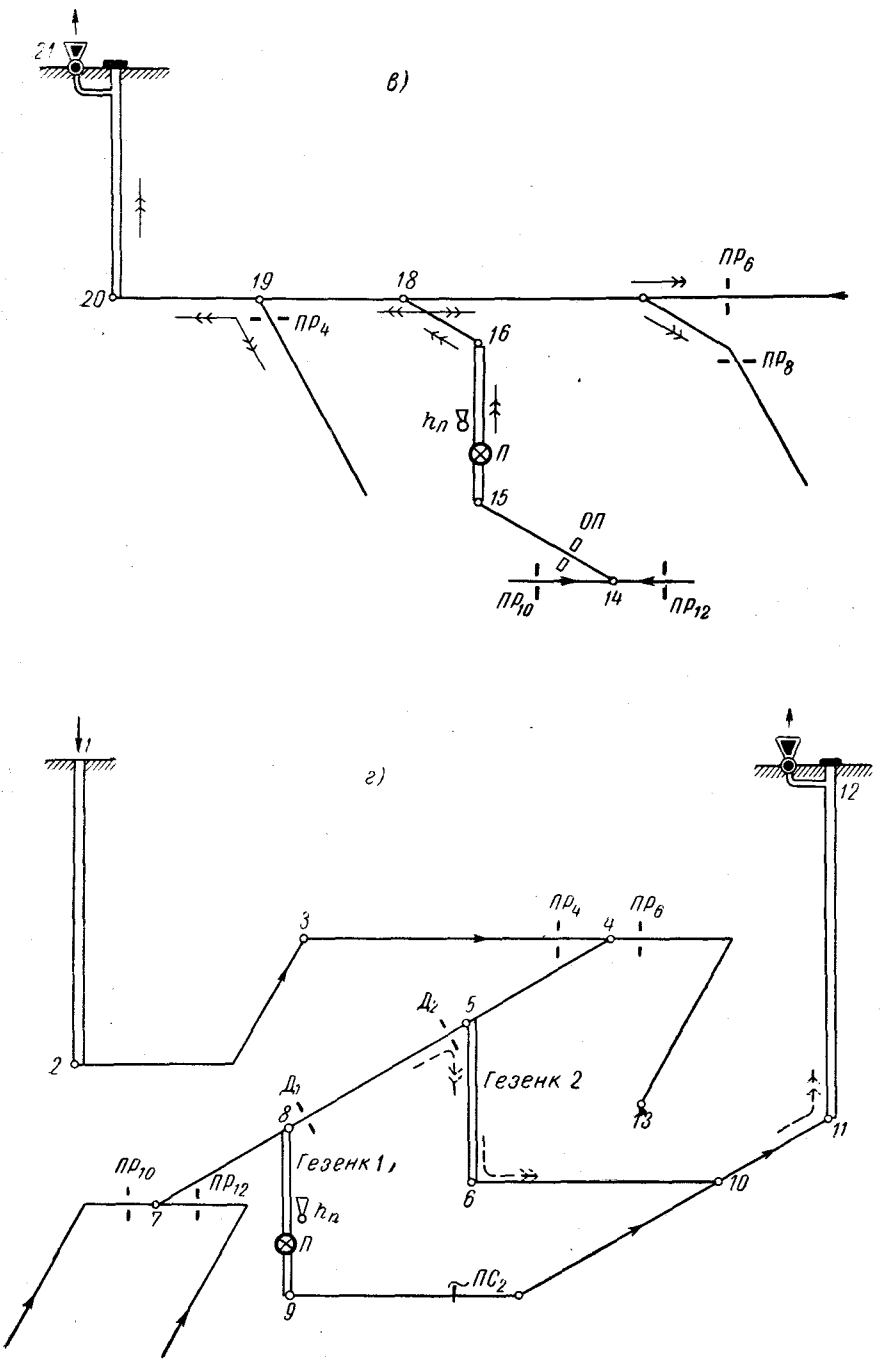


Рис. 5. Локализация пожара в гезенке: *а* — при восходящем движении свежего воз
щей вверх; *г* — с исходя



духа; *б* — при нисходящем движении свежего воздуха; *в* — с исходящей струей, идущей струей, идущей вниз.

проходится целиком по углю или пересекает угольные пласты. Причины возникновения пожара в гезенках могут быть те же, что и в стволах.

В скатах и гезенках может возникнуть пожар от самовозгорания угля при его скоплении, пережима, завала или других причин. Развиваться пожар в гезенках может очень быстро (особенно, если гезенк пройден по углю и креплен деревом).

Пожары в гезенках, подающих свежий воздух, могут быть как при восходящем (рис. 5, *а*), так и нисходящем направлении струи воздуха (рис. 5, *б*). В обоих случаях возникает опасность для работающих на эксплуатационных участках. Однако опаснее и сложнее при тушении пожары в нисходящих струях. В этом случае тепловая депрессия пожара может опрокинуть струю, и вентиляция будет неуправляема.

Возможность уменьшения активности развития пожара при возникновении его в восходящем потоке свежего воздуха достигается перекрытием основной перемычки на главной струе, проходящей через гезенк (рис. 5, *а* — $ПП_1$), и выбором соответствующего направления для отвода пожарных газов. В большинстве случаев путь этот проходит через эксплуатационный участок — например, участок *7—15—8—16—10* или участки *7—9—10* и *7—9—11*. Выбор направления для отвода газов должен прежде всего учитывать количество людей, подвергающихся опасности, а также легкость выполнения маневра, имеющего целью стабилизацию вентиляционной сети. Иногда, минуя эксплуатационный участок, пожарные газы удается направить непосредственно в вентиляционные выработки, открыв перемычки, отделяющие свежую струю от исходящей (рис. 5, *а*, перемычки $Д_1$ и $Д_2$ в ветви *15—16*).

При возникновении пожара в нисходящей струе свежего воздуха и дальнейшем его развитии наступает опрокидывание этой струи и задымление участков и гезенка (рис. 5, *б*, струя *4—5*). Ликвидация пожара и стабилизация вентиляционной сети в данном случае обеспечится перекрытием нескольких перемычек. Подход к ним, однако, может быть затруднен, а иногда и вовсе невозможен из-за значительного задымления и высокой температуры пожарных газов. Вначале надо закрыть перемычки $ПС_1$ и $ПС_2$ на обходной гезенка (рис. 5, *б*) или, по крайней мере, одну из них (например, $ПС_1$). Закрыв групповые перемычки $ПГ_5$, преградить путь продуктам горения к остальным участкам, проветриваемым струей (*7—13—19*). Запереме́чивая боковые струи и оставляя одну из них (*13—14—15*) для отвода пожарных газов, просачивающихся через неплотности перемычек $ПС_1$ и $ПС_2$, и оставляя свободным путь главной струи (*2—3—4—5—7—18*), можно стабилизировать движение воздуха в вентиляционной сети. Струя, используемая для отвода пожарных газов, может иногда проходить через эксплуатационный участок, что, конечно, нежелательно, но временами неизбежно.

Пожары в гезенках, служащих для исходящей струи, представляют в большинстве случаев меньшую опасность для работающих, чем в гезенках, подводящих свежий воздух. Здесь опасность может возникнуть при внезапном развитии пожара, создающего значительную локальную тепловую депрессию, которая может вызвать опрокидывание боковых струй и задымление соседних участков (рис. 5, *в*). Во избежание этого необходимо в первую очередь закрыть основную перемычку *ОП*. Если же нет основной перемычки или закрыть ее практически невозможно, то необходимо перекрыть заменяющие ее районные ($ПР_{10}$, $ПР_{12}$). Затем следует запереме́чить боковые струи, закрыв районные перемычки ($ПР_4$, $ПР_6$ и $ПР_8$).

Значительно труднее бороться с пожаром в гезенках с идущей вниз струей исходящего воздуха (рис. 5, *г*, гезенк *1*). В короткое время воздушная струя опрокидывается сначала в гезенке, а затем в боковой ветви *7—8* с неизбежным задымлением рабочих участков. Если ветвь *7—8* — единст-

венный путь подхода к гезенку, то положение может стать очень опасным и привести к необходимости изоляции обоих участков со стороны свежей струи. В случае, представленном на рис. 5, *г*, имеется, кроме того, возможность открыть шлюзовые перемычки $Д_1$ и $Д_2$ в ветви *8—6* и направить пожарные газы путем *8—5—6—10—11—12* в сторону вентиляционного ствола. При этом одновременно устанавливается парусиновая перемычка $ПС_2$ в ветви *9—10* и закрываются районные перемычки $ПР_{10}$ и $ПР_{12}$, а также $ПР_4$ и $ПР_6$. Парусиновая перемычка $ПС_2$ предотвращает прежде всего возврат пожарных газов к очагу пожара и, следовательно — взрыв пожарных газов при соприкосновении с открытым огнем. Поэтому рекомендуется возможно быстрое возведение и уплотнение этой перемычки. При высокой температуре (пункт *5*) отвод пожарных газов гезенком *2* может не удасться, и участки *4—2* и *4—13* окажутся задымленными. Поэтому выгоднее закрыть районные противопожарные перемычки $ПР_4$ и $ПР_6$.

Предлагаемые мероприятия, предшествующие активному способу тушения пожаров, могут в короткое время обеспечить упорядочение проветривания шахты и сохранить необходимый вентиляционный режим.

Своевременное открывание и перекрытие большого числа перемычек иногда затруднительно. Эта сложность устраняется введением автоматического управления противопожарными перемычками и сигнализации на пульт диспетчера.

Размещая специальные термодатчики (реагирующие на изменение температуры от 0 до 500° С) с передающими и сигнализационными устройствами на пульт управления, а также имея заранее составленные вентиляционную схему и план ликвидации аварий, можно дистанционно-автоматически управлять всем процессом с диспетчерского пульта управления до окончательной изоляции очага пожара.

Дистанционное управление противопожарными перемычками, лядами и шиберами может осуществляться релейно-контакторной аппаратурой.

В настоящее время ставится задача автоматизации не отдельных процессов и агрегатов, а целых комплексов, систем и т. д. Для этого используется техническая кибернетика, которая дает возможность создания более совершенных систем автоматического управления и регулирования.

Техническая кибернетика при комплексной автоматизации всех участков производственного и других процессов на шахте будет иметь большое значение в начальный момент возникновения пожара.

ВЫВОДЫ

При возникновении пожара в шахте с двумя-тремя и более горизонтами вскрытия необходимо (после вывода людей на свежий воздух) осуществить следующие противопожарные мероприятия в зависимости от места пожара.

1. При возникновении пожара в воздухоподающем стволе: а) закрыть околоствольные главные противопожарные перемычки на каждом горизонте; б) остановить вентилятор или вентиляторы, под действием которых осуществляется движение воздуха в стволе; в) способствовать свободному выходу дыма и пожарных газов на поверхность.

2. При возникновении пожара в вентиляционном стволе: а) обеспечить свободный выход дыма и пожарных газов (открыть двери в герметическом надшахтном здании); б) закрыть противопожарные перемычки в местах, из которых поступает свежий воздух к месту возникновения очага пожара; в) остановить вентилятор.

3. Мероприятия по возведению и перекрытию противопожарной перемычки, выполняющей функции основной, остаются для варианта вскрытия несколькими горизонтами теми же, что и при одном горизонте.

4. Во всех случаях для предотвращения возникновения новых очагов пожара и взрывов закрыть перемычки в выработках, по которым может подводиться воздух к участкам, заполненным горячими пожарными газами.

5. Устранить препятствия в выработках, служащих для отвода пожарных газов на поверхность, что способствует уменьшению $R_{\text{н}}$ в неравенстве $\frac{h_{\text{в}}}{h_{\text{н}}} < \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{н}}}$.