

# ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ



**А.В. Новиков**, канд. техн. наук, директор по внедрению ООО НПФ «Гранч»

**К.В. Паневников**, начальник отдела анализа и внедрения ООО НПФ «Гранч»

**И.В. Писарев**, начальник группы проектирования и создания АСУТП ООО НПФ «Гранч»

## Введение

Когда говорят об угольной шахте, то понимают ее как угледобывающую организацию, где добыча угля ведется подземным способом.

Угольная шахта является опасным производственным объектом (ОПО) [1]. В шахте непременно присутствуют разного рода опасности (природные, техногенные и т.п.) либо есть вероятность возникновения таких опасностей. Поэтому первейшая задача при организации работ в шахте – минимизация имеющихся или возможных опасностей, то есть обеспечение условий для безопасной работы. Регламентация требований по обеспечению безопасности определяется Правилами [2], устанавливающими требования, «соблюдение которых обеспечивает промышленную безопасность и безопасность при ведении горных работ». Правила «направлены на предупреждение аварий и инцидентов в угледобывающих организациях и на обеспечение готовности угледобывающих организаций к локализации и ликвидации аварий».

Таким образом, все продумано – остается только выполнять Правила. Но, как подсказывает практика, не все шахты в техническом отношении подготовлены к выполнению требований, изложенных в документе [2] на момент его вступления в силу. И, чтобы не остановить угледобычу с вытекающими последствиями для шахтеров, оказывающихся перед фактом потери работы, документом предусмотрено: «до приведения действующих шахт в соответствие с требованиями настоящих Правил техническим руководителем угледобывающей организации разрабатываются мероприятия технически и экономически обоснованные и обеспечивающие их безопасную эксплуатацию» (здесь «их» – означает «действующих шахт»).

Решение задачи может быть успешным при условии, что для выполнения требований на рынке уже представлены

соответствующие эффективные технические устройства и технологии.

Поэтому, какие мероприятия и в течение какого срока они будут реализованы, – определяется компетентностью и ответственностью главного инженера шахты, то есть технического руководителя.

Далее в работе будет рассмотрен вопрос о «переходном» периоде в жизненном цикле шахты и представлены некоторые аспекты функциональности современных систем определения местоположения персонала и предложения по развитию систем аэрогазового контроля, способствующие повышению безопасности ведения работ в угольных шахтах.

## О «переходном» периоде и «человеческом факторе»

Но не все зависит только от технического руководителя шахты при разработке мероприятий.

В каждом отдельном случае присутствует экономический фактор, в разной степени влияющий на сущность «разрабатываемых» мероприятий, – в зависимости от финансового состояния угледобывающей организации и соответствующей позиции ее руководства. В целом, не подвергая сомнению полезность подобных мероприятий, считаем, что они – временная мера (отклонение от правил), призванная помочь шахте продержаться до внедрения основной технологии.

Отклонения возможны в различные периоды функционирования шахты, но они особенно характерны для «переходного» периода – от даты принятия Правил в очередной редакции до приведения технического состояния шахт в соответствие с обязательными требованиями, изложенными в этом нормативном документе.

Указанный переходный период для ряда шахт, действующих по «мероприятиям», – время повышенного, что вероятно, риска для подземного персонала при выполнении

работ. Поэтому важно уйти от него или максимально сократить, внедрив безопасную технологию (процессы, оборудование), отвечающую Правилам, несмотря на финансовые и прочие препятствия.

Но – и многие это понимают – после переходного периода проблемы с безопасностью для шахт не заканчиваются. Даже при благополучном, то есть безаварийном преодолении этого периода шахта по-прежнему остается ОПО.

Дело в том, что в [2] не все требования содержат конкретные формулировки по установлению предельных значений различных параметров среды и процессов – многое отдается на усмотрение (решение) технического руководителя, который вынужден действовать с учетом (во многих случаях) тех же «экономического фактора» и (или) руководящего воздействия. А это не всегда приводит к оптимальному решению задач по обеспечению безопасности производства работ. Поэтому конкретность в требованиях, исключая неопределенность и двусмысленность, может оказать только хорошую помощь техническому руководителю в работе и защиту в критической ситуации – когда разыскивается ответственный за возникновение инцидента или травмирование человека.

Здесь важно учесть тот факт, что под конкретными требованиями понимаются предельные значения параметров (процессов, свойств и пр.), но не технологии и методы их достижения.

Нельзя также обойти стороной такое понятие, как «человеческий фактор» – даже при очень совершенных правилах и нормах крайне важно иметь персонал, подготовленный для выполнения соответствующей работы и высокоответственный по отношению к обязательным требованиям нормативных документов. При организации работ в шахте серьезное внимание вынуждены уделять не только подготовке персонала для работы на объекте, но и обеспечению контроля за персоналом, за технологическими процессами, оборудованием и параметрами среды (горный массив, рудничная атмосфера). Лучший (хоть и не единственный) способ решения задачи – автоматизация процессов и работ или, более того, роботизация основных производственных операций.

В последние годы в угольной промышленности затраты на промышленную безопасность и охрану труда устойчиво растут. В 2018 г. они составили внушительную сумму, из которой – «23% затрачивается на оснащение шахт современными системами контроля состояния и прогноза развития явлений, потенциально способных привести к авариям и смертельному травматизму» [3].

Данная тема весьма обширна, поэтому мы в настоящей работе остановимся на тех вопросах, к которым имеем непосредственное отношение, – рассмотрим некоторые аспекты, связанные с особенностями (построение, свойства) АСУ промышленной безопасности (ПБ).

Все АСУ данного назначения объединяются согласно [2] в многофункциональную систему безопасности (МФСБ). При безусловной важности всех систем, составляющих МФСБ, интерес представляют следующие системы: «система аэрогазового контроля» и «система определения местоположения персонала в горных выработках шахты».

Такой выбор нельзя считать случайным. Дело в том, что «наибольшее количество жертв при добыче угля:

- приносят взрывы газа и угольной пыли, обрушения горной массы;
- происходит на подземном ленточном конвейерном транспорте и при обслуживании машин и механизмов» [3].

Для минимизации рисков по «взрывам» или полного их исключения предназначена группа систем, обеспечивающих (предусматривающих) аэрологическую безопасность, важнейшая в числе которых – система аэрогазового контроля (система АГК).

Одной из причин травматизма на ленточных конвейерах, не исключено, является «человеческий фактор» [3]. «Повлиять» на нее можно, в числе прочих способов и средств, обеспечением контроля за передвижением работников в горных выработках с помощью эффективной системы определения местоположения персонала.

### О системе определения местоположения персонала

Согласно [2] система определения местоположения персонала в горных выработках шахты (система позиционирования) входит в группу систем, обеспечивающих: связь, оповещение и определение местоположения персонала. В этой группе также присутствует «система поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией» (система поиска). Данные о местоположении людей, получаемые в системе позиционирования, предназначены прежде всего для использования в системе поиска при организации аварийно-спасательных работ.

Ранее [4, 5] было показано, что лучшая результативность по поиску застигнутых аварией может быть достигнута при выполнении следующих условий:

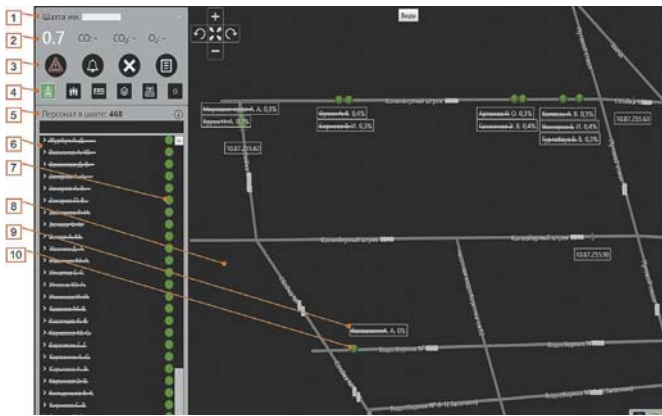
- горный диспетчер должен иметь подтверждение от работника о получении аварийного оповещения (кто не подтвердил – тот не получил или оказался не в состоянии подтвердить получение оповещения);
- координаты местоположения персонала в выработках шахты на момент начала аварии должны быть известны и обозначены на масштабной схеме шахты с максимальной доступной точностью (не хуже, чем с разрешением  $\pm 20$  м);
- горный диспетчер и работники в шахте должны иметь двухстороннюю связь.

Также важно, чтобы система позиционирования работала в режиме реального времени – период обновления данных о координатах местоположения людей должен быть в пределах 5 с.

Среди ряда систем с близкими к этим требованиям свойствами (параметрами) и функциональностью максимальным набором функций обладает система позиционирования производства НПФ «Гранч» – система «SBGPS».

В системе «SBGPS» при построении подземной инфраструктуры связи применяется оптимальное сочетание беспроводных и кабельных линий связи, обеспечивающих высокоскоростную передачу потоков информации. Контроль за местоположением персонала ведется в режиме реального времени (непрерывный режим). Координаты местоположения персонала представляются в графической форме на 3D-модели шахты – масштабируемой схеме, где каждому человеку соответствует «свой» значок (сфера) (рис. 1). Горный диспетчер, он же – оператор системы, работая со схемой на своем АРМ (автоматизированное рабочее место – Пульт диспетчера), имеет возможность управлять масштабом схемы, переходить фрагментарно от одного участка схемы к любому другому – в соответствии с выбранным масштабом, а при разработке на шахте нескольких пластов – от пласта к пласту.

Возможности АРМ позволяют горному диспетчеру отправить аварийное оповещение (и получить ответ – подтверждение о получении) всем находящимся в шахте шахтерам, либо выборочно группе или каждому отдельному



**Рис. 1** Общий вид 3D-модели шахты в системе «SBGPS» на АРМ горного диспетчера:  
 1 – наименование объекта (шахты); 2 – максимальное текущее значение концентрации в процентах объемных долей метана по шахте из всех измерений; 3 – панель управления сообщениями; 4 – панель выбора отображаемых данных; 5 – счетчик – показатель количества персонала в шахте; 6 – информационная панель для работы с персоналом; 7 – статус событий конкретного работника, например: зеленый – норма, желтый – внимание, красный – тревога; 8 – масштабируемая 3D-модель шахты с данными о местоположении персонала; 9 – ФИО работника и концентрация в процентах объемных долей метана, измеренная в месте нахождения работника; 10 – сфера, отображающая местоположение работника в выработках шахты

человеку, вызвать любого к стационарному телефону голо-совой командой, которая воспроизводится индивидуальным устройством оповещения с функциями головного светильника SBGPS Light (устройство оповещения) (рис. 2).

Подземный персонал всегда находится на связи с горным диспетчером – каждый человек не только получает необходимые команды от горного диспетчера, но, в свою очередь, имеет возможность отправить сообщение (просьбу) на Пульт диспетчера об оказании помощи – в случае аварии, травмы и т.п. – со своего индивидуального устройства оповещения.

Устройство оповещения с полным комплектом функций головного светильника, а также со встроенным газоанализа-



**Рис. 2** Устройство оповещения (индивидуальное устройство шахтера)

затором–сигнализатором (по метану, оксиду и диоксиду углерода, кислороду) работает с набором команд и возможностей, показанных в табл. 1.

С помощью устройства оповещения, помимо исполнения функций системы «SBGPS», обеспечивается, как опция, контроль за передвижением персонала по установленным маршрутам согласно сменным нарядам, а также исключение (прекращение) несанкционированного передвижения на ленточных конвейерах. Обе задачи решаются на программном уровне. В случае отклонения шахтера от назначенного (установленного) маршрута необходимая информация поступит на Пульт диспетчера, а горный диспетчер осуществит «корректирующие» действия. Даже в самом упрощенном виде обнаруженный «факт» не окажется без внимания. Так же, как и в случае с нарушением другого вида – перемещением человека на ленточном конвейере. Здесь возможна не только отправка предупредительного сигнала нарушившему правила безопасности работнику, но, что крайне важно, и автоматическая подача команды на остановку и блокировку конвейера (цепочки конвейеров).

Кроме отмеченного с помощью устройства оповещения в действующей системе «SBGPS» реализуется методика вывода людей из шахты по безопасным маршрутам с применением элементов навигации по ПЛА. Это очень важная отличительная особенность описываемой системы.

**О системе АГК мобильными средствами**

Система АГК строится с применением средств измерений параметров рудничной атмосферы (датчиков) стационар-

**Таблица 1** Перечень команд, реализуемых и отображаемых с помощью устройства оповещения в системе «SBGPS»

Текст сообщения	Условия передачи сообщения
<b>Информационные сообщения</b>	
«Есть связь»	При спуске шахтера в шахту (попадание устройства оповещения в зону действия подземной инфраструктуры системы «SBGPS») – однократное сообщение
«Подтверждение отправлено»	При однократном нажатии на кнопку управления после получения команд «Свяжитесь с диспетчером» или «Авария, выйти из шахты», а также после получения голосового сообщения от горного диспетчера и команд голосового сопровождения по плану ликвидации аварии (ПЛА)
«Режим поиска»	При переходе устройства оповещения в неподвижное состояние в течение 15 мин – режим поиска
«Сигнал тревоги отправлен» (просьба о помощи)	При трёхкратном нажатии на кнопку управления (с интервалом нажатия не более 0,5 с)
«Сигнал тревоги принят»	При подтверждении получения сигнала тревоги горным диспетчером
<b>Аварийное оповещение и сигналы о предаварийном состоянии устройства оповещения</b>	
«Авария, выйти из шахты»	Сообщение повторяется один раз в 45 с, пока не будет нажата кнопка управления
«Свяжитесь с диспетчером»	Сообщение повторяется один раз в 45 с, пока не будет нажата кнопка управления
«Превышен уровень (CH <sub>4</sub> , CO, CO <sub>2</sub> )»	При обнаружении устройством оповещения объёмной доли газа или нескольких газов (в зависимости от модификации) выше заданного порога. Пока устройство оповещения фиксирует превышение порога, сообщение повторяется один раз в минуту
«Четверть заряда батареи. Аварийный свет»	При снижении уровня заряда батареи менее 25–30 % от номинального значения (устройство оповещения переходит в режим экономии энергии)
«Аварийный свет»	При отказе основного источника света. Включается дополнительный светодиод
<b>Команды для обеспечения голосового сопровождения по ПЛА</b>	
Воспроизводятся команды направления движения по безопасному маршруту	При получении устройством оповещения соответствующих направлению движения сигналов с сервера системы «SBGPS» для обеспечения вывода персонала при аварии согласно ПЛА

ного типа, монтируемых в горных выработках, как правило, в местах, определенных [6]. Для расширения сведений о составе рудничной атмосферы также используются переносные индивидуальные и групповые газоанализаторы [2]. Эта категория средств измерений получает в последнее время все большее распространение – по количеству измеряемых параметров, по метрологическим характеристикам и т.д.

«Порядок контроля концентрации газов индивидуальными приборами контроля» и методика производства измерений переносными газоанализаторами описаны в [7]. Узловым моментом является требование о проведении измерений концентрации газов индивидуальными приборами в местах установки стационарных датчиков системы АГК.

В [8] содержатся указания по применению индивидуальных приборов в аварийных условиях – в случае загазования выработок. С помощью переносных газоанализаторов при аварии становится возможным оценить газовую обстановку в целом по шахте или на отдельных участках как для подтверждения обоснованности отключения электроэнергии средствами системы АГК, так и в случаях прекращения поступления информации от этих средств.

В группу мобильных (переносных) газоанализаторов входят газоанализаторы (с функцией сигнализатора метана), встроенные в головной светильник. Но, как показывает анализ нормативной документации [2, 6–8], этому типу средств измерений горняцким сообществом пока не уделяется должное внимание.

Требование по контролю состояния рудничной атмосферы в газовых по метану шахтах с помощью сигнализаторов метана, совмещенных с головными светильниками, содержится в [2]: «сигнализаторы метана, встроенные в шахтные головные светильники, должны сигнализировать о превышении концентрации метана в рудничной атмосфере более 2%». Можно считать, что в данном случае ставится задача «контролировать состояние рудничной атмосферы» с помощью сигнализаторов метана.

Мобильные сигнализаторы метана, встроенные в головные светильники, обладают рядом преимуществ перед переносными газоанализаторами при всей их функциональ-

ности. Встроенные сигнализаторы метана «передвигаются» по шахте вместе с головным светильником, то есть с шахтером, будучи непрерывно в рабочем режиме, и поэтому определенным образом сканируют рудничную атмосферу на наличие метана по маршруту движения каждого шахтера, обеспеченного таким сигнализатором, – без влияния «человеческого фактора» на результаты измерений и процесс передачи информации [9]. Ценность получаемых данных повышается в случае «наложения» маршрута передвижения (и замеров) на схему шахты, а также при условии обеспечения представления данных измерений газов в количественном выражении – в дополнение к обычному варианту (сигнализация о превышении установленных пределов).

В системе «SBGPS» сканирующий контроль рудничной атмосферы шахты осуществляется с помощью встроенных модулей измерительных в устройство оповещения – головной светильник SBGPS Light (рис. 2). Данные измерений передаются непосредственно с устройства оповещения по радиоканалу на Пульт горного диспетчера. Передача идет в режиме реального времени с отображением координат местоположения устройства на схеме шахты (рис. 3).

При достижении, например, концентрации метана в 2% срабатывает сигнализация (световая и звуковая) непосредственно с фары устройства – для оповещения работника. Сигнал с указанием концентрации в процентах объемных долей метана отображается также на мониторе АРМ горного диспетчера.

На рис. 3 показаны оперативные данные, представленные на мониторе АРМ горного диспетчера:

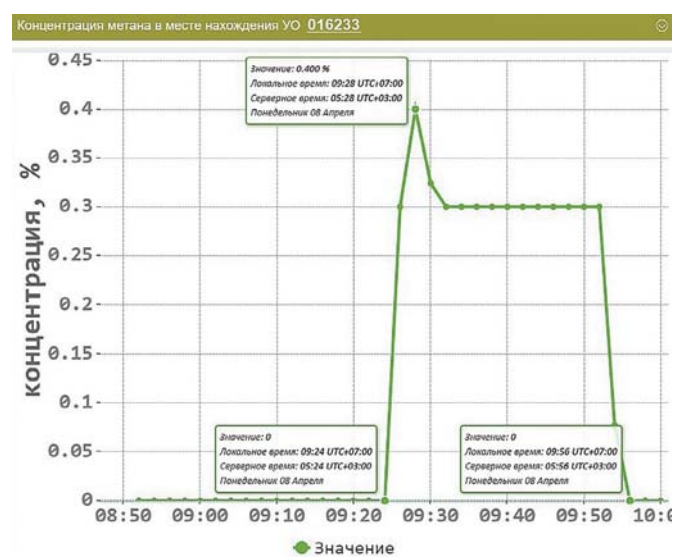
- о состоянии работника (в движении или без движения (требуется помощь));
- о телеметрии устройства оповещения с серийным номером № 016233;
- о местоположении работника в горных выработках и измеренной концентрации в процентах объемных долей метана в месте нахождения работника.

Данные сканирующего контроля в системе «SBGPS» могут быть отображены в виде графиков с историческими данными (рис. 4). На графике показано изменение concentra-



Рис. 3 Отображение данных телеметрии с устройства оповещения:

- 1 – область навигации (поиск по ФИО, табельному номеру, серийному номеру устройства оповещения);
- 2 – главная панель информации;
- 3 – отображение статусов событий (информационных, тревожных);
- 4 – отображение персональных данных работника, концентрации в процентах объемных долей метана, серийного номера устройства оповещения и времени связи с системой «SBGPS»;
- 5 – отображение данных о местоположении работника, состоянии устройства оповещения



Показаны данные с Понедельник 08 Апрель, 08:50 по Понедельник 08 Апрель, 10:00						
#	Сигнал	Максимальное знач...	Минимальное значе...	Среднее значение	Текущее значение	Последнее значение
1	Значение	0.400 %		0.126 %		

Рис. 4 Графическое отображение измеренных значений концентрации метана устройством оповещения

ции метана по мере продвижения и выхода работника из конкретной выработки. Видно, что в момент времени, показанный на рис. 3, концентрация метана в месте нахождения работника была максимальной за выбранный промежуток времени.

Сопоставляя данные графиков с возможностями системы «SBGPS» по отображению сведений о местоположении подземного персонала в прошлом при помощи «ленты времени», возможно определить в каких выработках следует ожидать появления метана, не зафиксированного стационарными датчиками, устанавливаемыми в регламентных местах [6].

Помимо сигнализации, устройство оповещения при нажатии кнопки управления оповещает голосовым сообщением о содержании газов в зоне нахождения (кроме метана – это оксид и диоксид углерода, кислород) в любой нужный момент времени, что ставит его в один ряд с индивидуальными переносными газоанализаторами. Поэтому логичным будет упорядочить статус встроенных газоанализаторов – внести соответствующие изменения в нормативные документы.

**Заключение**

1. Существует целесообразность в формулировании требований к порядку разработки мероприятий для работы угольных шахт в переходный период – от времени принятия новых нормативных документов или внесения изменений в действующие до приведения технического состояния шахт в соответствие с обязательными требованиями.

2. Применение системы промышленной безопасности, обеспечивающей наблюдение за координатами местоположения персонала в горных выработках с высоким разреше-

нием в режиме реального времени, создает предпосылки к снижению аварийности и травматизма по фактору «транспорт и механизмы».

3. Организация контроля состояния рудничной атмосферы путем применения газоанализаторов, встроенных в шахтные головные светильники, с передачей в режиме реального времени данных измерений и координат мест производства замеров на пульт горного диспетчера, является конструктивным дополнением к системе АГК, предназначенной для обеспечения аэрологической безопасности.

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ:**

1. Федеральный закон № 116-ФЗ от 21 июля 1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (в редакции, действующей с 1 января 2019 г.). – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. – 56 с.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. – 198 с.
3. О работе всероссийского съезда угольщиков в Междуреченске // УГОЛЬ. – 2019. – № 4 – С. 12–13.
4. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Многофункциональная система безопасности угольных шахт – практика применения систем определения местоположения и оповещения персонала // Горная промышленность. – 2018. – № 2. – С. 93–98.
5. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. МФСБ – связь, оповещение и определение местоположения персонала в угольных шахтах // Горная промышленность. – 2019. – № 1. – С. 37–40.
6. Положение об аэрогазовом контроле в угольных шахтах. Серия 05. Вып. 23. – М.: ЗАО НТЦ АТБ, 2019. – 102 с.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и/или диоксиду углерода». Серия 05. Выпуск 34. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. – 64 с.
8. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по разгазированию горных выработок, расследованию, учету и предупреждению загазовываний». Серия 05. Выпуск 31. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. – 28 с.
9. Система шахтного сканирующего аэрогазового контроля // Патент России №2573659. 2016. Бюл. № 3.



**ФНП ГРАНЧ**

Тел/факс: +7 (383) 233-35-12  
 E-mail: info@granch.ru  
 http://www.granch.ru





**МногоФункциональная Система Безопасности**  
**УМНАЯ ШАХТА®**

цифровая платформа горной индустрии

1 Полное соответствие функциональности систем определения местоположения и аварийного оповещения требованиям ФНП "Правила безопасности в угольных шахтах" с учетом изменений в приказах Ростехнадзора № 450 от 31.10.2016 и № 459 от 25.09.2018.

2 Уникальные свойства :

- оптимальное сочетание беспроводных и кабельных видов связи с широким применением ВОЛС, обеспечивающих передачу информационных потоков под землей с фантастическими скоростями;
- устойчивость к потере сетевого питания за счет укомплектования узлов подземной инфраструктуры связи резервными источниками питания - автономная работоспособность в течение не менее 24 ч;
- повышенная стойкость к силовым воздействиям (механическим и воздушно-динамическим) на узлы подземной инфраструктуры связи, благодаря применению стальных взрывозащищенного исполнения оболочек.

3 Сканирующий (динамический) газовый контроль с передачей данных измерений на пульт горного диспетчера (в систему АГК) в режиме реального времени, обеспечиваемый газоанализатором, встроенным в устройство оповещения - головной светильник.