

# Рудник – позиционирование и мониторинг транспортных средств

Т.В. Насибуллина, А.В. Новиков✉, К.В. Паневников, И.В. Писарев  
ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация  
✉info@granch.ru

**Резюме:** В статье рассмотрены методы передачи данных работы внутришахтного транспорта и самоходных механизмов на пульт горного диспетчера (верхний уровень). Показано, что распространение получают технологии, включающие в своем устройстве сочетание беспроводных и кабельных каналов связи. При этом выделяются два основных направления: дискретные методы на основе считывателей информации с движущихся транспортных средств и методы непрерывной передачи данных с транспортных средств во время движения в подземную инфраструктуру связи – с последующей доставкой по кабельной линии на верхний уровень. Особое внимание уделено методу непрерывной передачи информации с дизель-гидравлических локомотивов в угольных шахтах, основанному на применении системы позиционирования «SBGPS». Сделано заключение, что данный метод может быть применен в рудной шахте для мониторинга параметров транспортных средств и их местоположения при условии построения инфраструктуры связи системы «SBGPS».

**Ключевые слова:** горная выработка, инфраструктура, контроллер, местоположение, рудник, связь, система, транспортное средство, шахта

**Для цитирования:** Насибуллина Т.В., Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Рудник – позиционирование и мониторинг транспортных средств. *Горная промышленность*. 2020;(1):00–00. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-00-00.

# Vehicle Positioning and Monitoring in Underground Mines

T.V. Nasibullina, A.V. Novikov✉, K.V. Panevnikov, I.V. Pisarev  
LLC Scientific and Production Firm “Granch”, Novosibirsk, Russian Federation  
✉info@granch.ru

**Abstract:** The paper describes methods of operational and health data transmission from underground vehicles transport and self-propelled units to the mine dispatcher control panel (upper level). It is shown that technologies, including a combination of wireless and cable communication channels in one device, are becoming widespread. Two main trends are distinguished, i.e. discrete methods based on devices that read out data from moving vehicles and methods of continuous data transmission from moving vehicles to the underground communication infrastructure - with subsequent data delivery to the upper level via a cable. A special attention is paid to the method of continuous data transmission from diesel-hydraulic locomotives in coal mines, based on the application of the SBGPS positioning system. A conclusion is made that this method can be used in ore mines to monitor the parameters of vehicles and their location, provided that the SBGPS communication infrastructure is available.

**Keywords:** mine working, infrastructure, controller, location, mine, communication, system, vehicle, shaft

**For citation:** Nasibullina T. V., Novikov A. V., Panevnikov K. V., Pisarev I. V. Positioning and Monitoring in Underground Mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(1):00–00. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-00-00.

## Введение

На подземных работах в угольном и горнорудном производствах получают развитие автоматизированные системы управления (АСУ), предназначенные для контроля за работой транспортных средств (ТС) – внутришахтного транспорта и самоходных механизмов. Такие системы строятся, как правило, с учетом (или на основе) систем позиционирования. Горняки решают задачу не только по подсчету количества перевозимой горной массы, но и по эффективному использованию ТС. Для современного предприятия мало знать число рейсов, выполненных каждой единицей техники, – контролируются скоростной режим, наличие и причины простоев, своевременность и качество технического обслуживания, оптимизируются в целом режимы эксплуатации. Такому подходу к использованию ТС способствует тот факт, что, по сути, все современное оборудование данного назначения оснащено датчиками параметров работы и способно накопить в своем устройстве (на борту) поступающую информацию. Следующий шаг, который надо сделать горнякам, заключается в том, чтобы решить задачу передачи данных на верхний уровень – на пульт горного диспетчера (начальника смены) – с целью оперативного наблюдения за процессами добычи полезного ископаемого и проходки новых выработок, исходя из контроля и анализа грузоперевозок.

Для передачи данных получают распространение<sup>1</sup> методы, основанные на применении беспроводных (радио) каналов связи. Наиболее известные варианты: первый – съём информации при приближении ТС к стационарным считывателям, устанавливаемым в узловых местах (устье, сопряжение, пересечение, рудоспуск и т.п.) горных выработок, и второй – передача информации по беспроводному каналу в подземную инфраструктуру связи непрерывным потоком по мере движения ТС в выработках.

Цель настоящей работы – рассмотреть особенности известных технологий передачи из шахты параметров работы ТС, определить наиболее эффективные и сформулировать направления их развития.

## Зональный метод с применением считывателей

Методика съёма информации с движущегося ТС в условиях работы системы позиционирования с зональным принципом определения местоположения объектов наблюдения (персонала, ТС) предусматривает применение комбинации беспроводных видов связи с проводными. При этом ТС по радиоканалу передает с бортового устройства данные о технических параметрах (скорость движения, давление масла двигателя, расход топлива, контроль массы груза и др.) на приемное устройство считывателя при приближении к нему на расстояние 25–60 м (параметр определяется конструктивными особенностями АСУ). Далее данные доставляются по кабельной линии (излучающий или оптоволоконный кабели) на верхний уровень (сервер, АРМ оператора), где обрабатываются и отображаются в соответствующей форме.

В качестве приемников информации служат считыватели (RFID-технология в диапазоне частот 400–433 МГц; стандарт IEEE 802.15.4 на частотах 2,4 ГГц) или точки доступа Wi-Fi (стандарт 802.11b/g/n на частоте 2,4 ГГц). В этих методах информация о местоположении ТС согласуется строго

с местонахождением считывателей, а данные о работе ТС поступают на верхний уровень только при его нахождении в зоне действия приемного устройства считывателя, то есть дискретным образом. Причем дискретность носит существенно неперіодический характер, определяющийся схемой расстановки считывателей, наложенной на схему шахты, – протяженностью участков горных выработок с учетом их параметров и назначения. Координаты местоположения ТС фиксируются (определяются) по свойственной для зонального метода точности позиционирования: «до участка горной выработки». Данные телеметрии передаются на верхний уровень неритмично и, более того, некоторые события внутри зон между считываниями теряют свою актуальность, поскольку не согласуются с координатами местоположения ТС, что является очевидным недостатком метода.

## Передача параметров ТС в режиме реального времени

**Теоретические предпосылки.** Первоначально следует принять допущение, что под режимом реального времени понимается режим непрерывной (периодичность обновления информации не более 5 с) передачи данных на пульт горного диспетчера (АРМ оператора) с отображением координат местоположения ТС. Для реализации данного метода в горных выработках шахты (угольная, рудная) создается информационная сеть – подземная инфраструктура беспроводной связи, характеризующаяся наличием сплошного радиополя. В качестве узлов связи применяются базовые станции. Между узлами информационной сети реализуется беспроводная связь. Мобильные индивидуальные устройства позиционирования персонала и смонтированные в (на) ТС специальные устройства (контроллеры) также связываются с узлами информационной сети по радиоканалу. Связь подземной инфраструктуры с верхним уровнем – с сервером и АРМ оператора – выполняется по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС).

Как показывает анализ существующих на рынке РФ предложений, данная технология получает распространение по мере продвижения на горные объекты систем позиционирования соответствующего конструктивного исполнения [1]. Принимая во внимание практическую ценность получаемой на верхнем уровне информации об эксплуатируемых ТС, следует ожидать развития данной технологии.

**Применение системы позиционирования в технологических целях.** Ранее [2] было показано, что в числе систем, имеющих конструктивную близость, интерес представляет система «SBGPS» в силу ее функциональности и технических характеристик. Отличительные свойства системы: высокая точность определения местоположения персонала и ТС, наличие непрерывной связи между горным диспетчером и работниками в шахте, высокая пропускная способность подземной инфраструктуры связи, выходящая далеко за пределы задач позиционирования и аварийного оповещения, и другое.

В данной системе инфраструктура связи строится на оптимальном сочетании беспроводных каналов связи с кабельными (на основе ВОЛС, преимущественно). Достигнутый потенциал каналов (скорость передачи информации):

- беспроводной – до 100 Мбит/с;
- ВОЛС – до 1 Гбит/с.

Важным, как сообщалось, свойством данной системы является сохранение ее работоспособности при потере се-

<sup>1</sup> Miny Radio Systems. URL: <https://mineradio.ru/podsystem/telemetry/>; Mine Site Technologies. URL: <https://mstglobal.com/wp-content/uploads/2019/07/MST-VIP-Overview-RU.pdf>; АО «ВИСТ Групп». Режим доступа: <https://vistgroup.ru/solutions/underground-mining/vg-underground/>; ООО «Уралтехис». Режим доступа: <https://uraltexis.ru/production/spgt-41>.

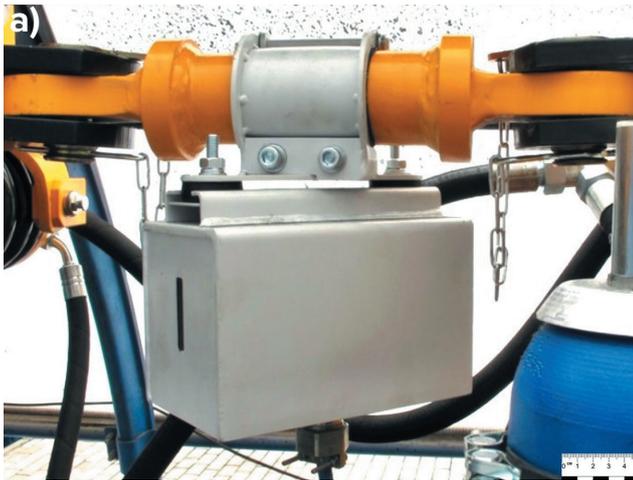


Рис. 1  
Контроллер GAL: а – вид общий; б – технические характеристики

Fig. 1  
GAL controller: а – general view; б – technical characteristics

**б) Назначение**

Сбор информации о работе шахтного транспорта и других самоходных механизмов, передача по беспроводному каналу этих данных и координат своего местоположения в подземную инфраструктуру связи и затем по кабельной линии – на пульт горного диспетчера

**Характеристики:**

напряжение питания, В	от 9 до 30
продолжительность работы от блока аккумуляторного, ч, не менее	16
сохранение данных при потере связи с подземной инфраструктурой связи, суток	20
масса, кг, не более	6

**Параметры связи**

<b>Беспроводная:</b>	
IEEE 802.11 b/g/n/i – диапазон рабочих частот, МГц	от 2400 до 2490
скорость передачи данных, Мбит/с	до 50
<b>Кабельная:</b>	
IEEE 802.3 (Ethernet - 100BASE-TX): – скорость передачи данных, Мбит/с;	до 100
ISO 11898 (CAN): – скорость передачи данных, Мбит/с;	до 1
RS-485: – скорость передачи данных, Мбит/с	до 10

**Срок службы – 10 лет**



Рис. 2  
Контроллер GAL на ДГЛ в шахте: а) на сцепной тяге между кабиной машиниста и моторным отсеком: 1 – кабина ДГЛ; 2 – контроллер GAL; б) на задней стенке кабины машиниста: 1 – кабина ДГЛ; 2 – контроллер GAL

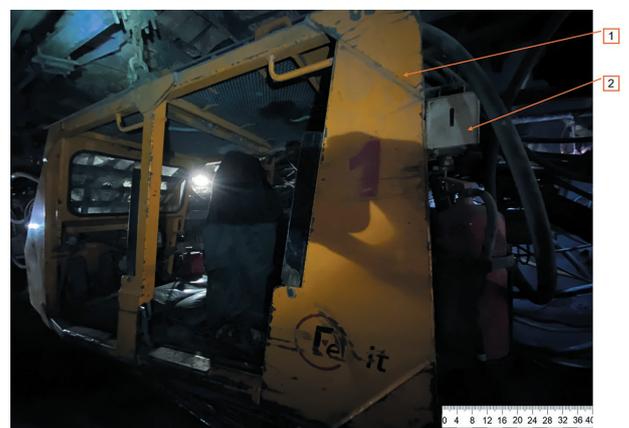


Fig. 2  
GAL controller on a diesel-hydraulic locomotive in the mine: а) on a coupling rod between the driver's cabin and the engine compartment: 1 – diesel-hydraulic locomotive cabin; 2 – GAL controller; б) on the rear wall of the driver's cabin: 1 – diesel-hydraulic locomotive cab; 2 – GAL controller

тевого электропитания узлами информационной сети, обусловленное применением встроенных резервных источников питания с аккумуляторными батареями (АКБ).

Первые практические результаты по приему и передаче параметров работы ТС на верхний уровень с использованием технических устройств системы «SBGPS» получены с дизель-гидравлическими локомотивами (ДГЛ), работающими в угольных шахтах. Для этих целей разработан и применен специальный контроллер GAL (контроллер), общий вид которого и технические характеристики показаны на рис. 1.

Контроллер выполнен в стальном корпусе с внешними конструктивными элементами, позволяющими механически закреплять его на узлах (отсеках) ДГЛ (рис. 2).

Контроллер получает питание от бортовой сети ДГЛ, а при потере сетевого питания автоматически переходит на работу от АКБ.

Прием контроллером информации с ДГЛ (0,8–1,2 Кбит/с) ведется непрерывно – в движении и при остановках.

Все передаваемые на верхний уровень данные обрабатываются сервером системы «SBGPS» и в удобной для восприятия форме отображаются на АРМ оператора системы (горного диспетчера). Местоположение ДГЛ показывается в графическом виде на трехмерной модели шахты (рис. 3).

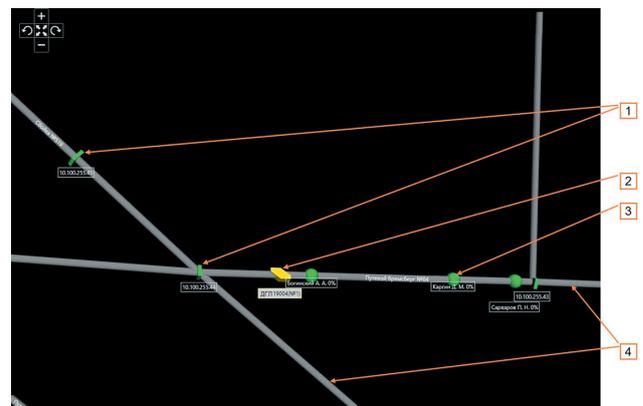
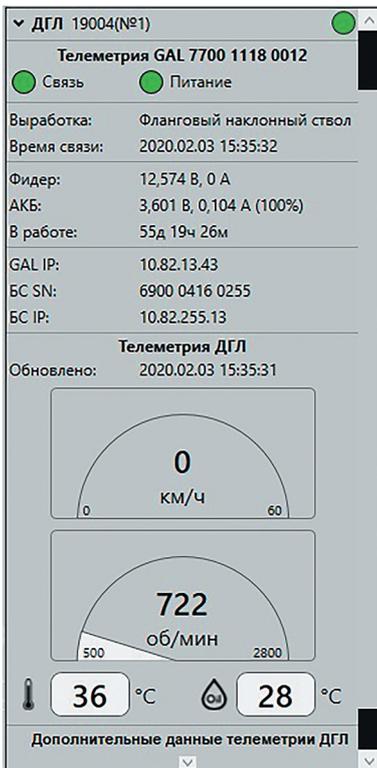


Рис. 3  
Местоположение ДГЛ с контроллером GAL на трехмерной модели шахты в системе «SBGPS»: 1 – базовая станция подземной инфраструктуры связи; 2 – ДГЛ с контроллером GAL; 3 – местоположение персонала; 4 – горные выработки

Fig. 3  
Location of the diesel-hydraulic locomotive with the GAL controller in a 3D mine model in the SBGPS system: 1 – underground communication base station; 2 – diesel-hydraulic locomotive with GAL controller; 3 – personnel location; 4 – mine workings



**Рис. 4**  
Информационная панель на АРМ горного диспетчера с параметрами работы ДГЛ (основная часть) системы «SBGPS»

**Fig. 4**  
Information dashboard on the mine dispatcher computer with diesel-hydraulic locomotive parameters (main part) in the SBGPS system

Также все данные, получаемые от ДГЛ, могут выводиться на устройства переговоров (смартфоны) системы «SBGPS» [2], наблюдение за которыми в режиме реального времени может вести машинист локомотива.

Параметры работы ДГЛ представляются в составе (рис. 4):

- модель машины, заводской номер ДГЛ;
- время связи (текущие: год, месяц, день, час, минута, секунда);
- телеметрические данные (скорость, обороты двигателя, температура двигателя, температура гидравлической жидкости, расход топлива, уровень охлаждающей жидкости в расширительном баке, уровень воды в баке выхлопных газов, давление всасываемого воздуха, уровень топлива, температура топлива, моточасы).

На верхнем уровне формируются и отображаются в непрерывном режиме оперативные данные работы ТС, позволяющие своевременно реагировать на исправление ситуации при отклонении параметров от регламентного режима эксплуатации, например, путем передачи информации машинисту по мобильной связи. В числе прочего автоматически могут быть поданы команды по снижению скорости движения, ограничению оборотов двигателя, для предотвращения вероятного столкновения. Контроль за работой ДГЛ с выдачей рекомендаций по упорядочению режима эксплуатации позволяет при выходе его из строя выполнить анализ полученных данных, предшествующих остановке локомотива, и сделать конкретный вывод о причинах, приведших к его поломке.

Эффективность передачи данных, принятых контроллером GAL с ТС, на верхний уровень бесспорна. Но не в меньшей мере полученная информация полезна для водителя ТС и ремонтников, которые используют накоплен-

ные в контроллере данные непосредственно на месте, связавшись с ним по радиоканалу (планшет, смартфон), – для поиска неисправностей и др.

В целом применение контроллеров GAL в комплекте с ТС на шахтах расширяет функциональность и практическую отдачу системы «SBGPS» – помимо решения задач по обеспечению безопасности решаются задачи технологические.

В перспективе может быть организовано, помимо контроля, дистанционное управление ТС на всем протяжении горных выработок, оснащенных инфраструктурой системы «SBGPS», обеспечивающей определение местоположения движущихся объектов на трехмерной модели шахты с разрешением на уровне  $(3 \pm 1)$  м, что делает ее перед систе-



**Рис. 5**  
Контроллер GAL на ТС в руднике: 1 – кабина ТС; 2 – контроллер GAL

**Fig. 5**  
GAL controller mounted on a vehicle in the mine: 1 – Vehicle cabin; 2 – GAL controller

мами с дискретным способом приема-передачи информации более предпочтительной.

Рассмотренная в настоящей работе технология позиционирования и мониторинга транспортных средств в угольных шахтах целесообразна к распространению в рудных шахтах с применением контроллеров GAL, устанавливаемых на ТС, как показано, например, на рис. 5.

### Заключительные положения

1. Получен положительный опыт применения системы позиционирования «SBGPS» в угольной шахте для беспроводной передачи на пульт горного диспетчера данных о местоположении и параметрах работы дизель-гидравлических локомотивов, укомплектованных специальным контроллером GAL, совместимым с подземной инфраструктурой связи системы.

2. Передача на верхний уровень данных работы ТС с применением инфраструктуры связи системы «SBGPS» выполняется в режиме реального времени, что, в отличие от дискретного метода с зональным позиционированием и считывателями, обеспечивает оперативное получение результатов эксплуатации ТС и может быть рекомендовано как прогрессивное направление по данной тематике.

3. Технология передачи на верхний уровень данных работы ТС, освоенная для угольной шахты, может быть успешно применена в рудниках при условии оснащения горных выработок подземной инфраструктурой связи (информационной сетью) системы «SBGPS», либо аналогичных, и укомплектования ТС специальными устройствами считывания параметров работы и передачи с координатами местоположения на верхний уровень.

**Список литературы**

1. 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):93–98. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-2-138-93-98
2. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Рудник и многофункциональная система безопасности. *Горная промышленность*. 2019;(5):4–9. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-5-04-09.

**References**

1. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Multifunctional safety systems for coalmines – operational experience in indoor positioning subsystem and personnel alerting subsystem. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(2):93–98. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-2-138-93-98 (In Russ.)
2. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Underground Mines and Multifunctional Safety Systems. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019;(5):4–9. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2019-5-04-09.

**Информация об авторах**

**Насибуллина Татьяна Владимировна** – начальник научно-технического отделения, ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: goffart@granch.ru

**Новиков Александр Владимирович** – кандидат технических наук, директор по внедрению, ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: info@granch.ru

**Паневников Константин Владимирович** – заместитель директора по внедрению, начальник отдела анализа и внедрения, ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: info@granch.ru

**Писарев Игорь Валериевич** – начальник группы проектирования и создания АСУТП ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: info@granch.ru

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 20.01.2020  
 Поступила после рецензирования: 03.02.2020  
 Принята к публикации: 10.02.2020

**Information about the author**

**Tatiana V. Nasibullina** – Chief of Research and Technology Department, LLC Scientific and Production Firm «Granch», Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: goffart@granch.ru

**Aleksandr V. Novikov** – Candidate of Science (Engineering), Integration Director, LLC Scientific and Production Firm «Granch», Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: info@granch.ru

**Konstantin V. Panevnikov** – Deputy Integration Director, Head of Analysis and Integration Department, LLC Scientific and Production Firm «Granch», Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: info@granch.ru

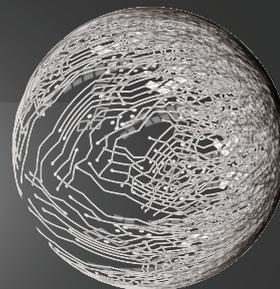
**Igor V. Pisarev** – Chief of Design and Development Team for automatic process control systems, LLC Scientific and Production Firm «Granch», Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: info@granch.ru

**Article info**

Received: 20.01.2020  
 Revised: 03.02.2020  
 Accepted: 10.02.2020



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



**Автоматизированная Система безопасности, связи и управления персоналом «УМНАЯ ШАХТА»<sup>®</sup> цифровая платформа угольной шахты и рудника**

**1 Многофункциональность:**

- определение в режиме реального времени местоположения персонала в горных выработках с представлением прецизионных координат;
- контроль маршрутов и скорости передвижения персонала;
- аварийное оповещение персонала с подтверждением о доставке;
- поиск людей, застигнутых аварией, с учетом мест нахождения персонала в горных выработках на момент начала развития аварии;
- контроль за состоянием работника - в движении или неподвижен (контроль ЧП);
- отправка из шахты персонального сигнала о помощи - «Тревожная кнопка»;
- мобильная телефонная связь на основе смартфона со встроенным тепловизором;
- двухсторонняя оперативная связь горный диспетчер - работник;
- контроль работы подземного транспорта - передача на верхний уровень данных о местоположении в динамике и параметрах работы.

**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 взрывозащищенных исполнений 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.

**Внимание! «Умная шахта» наилучшим образом выполняет актуальные требования Федеральных норм и Правил к системам позиционирования и аварийного оповещения - как для угольных шахт, так и для рудников!**