

Многофункциональная система безопасности угольных шахт — практика применения систем определения местоположения и оповещения персонала

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»

О нормативных требованиях

В соответствии с [1] горные выработки угольных шахт, надшахтные здания и сооружения должны быть оборудованы многофункциональной системой безопасности (МФСБ) – комплексом систем и средств, обеспечивающим организацию и осуществление безопасности ведения горных работ, контроль и управление технологическими и производственными процессами в нормальных и аварийных условиях. С учетом установленных опасностей шахты конкретный состав МФСБ определяется проектной документацией.

В состав МФСБ должна входить, в числе прочих, группа систем, отвечающих за связь, оповещение и определение местоположения персонала.

Требования к параметрам и функциям систем данной группы получили развитие по приказу Ростехнадзора № 450 от 31.10.2016 г., согласно которому определяется обязательным применением национального стандарта ГОСТ Р 55154-2012 в объеме 6-го раздела (стандарт).

Сущность основных требований стандарта:

- система определения местоположения персонала должна непрерывно в режиме реального времени отображать на мнемосхеме шахты местонахождение каждого спустившегося в шахту работника с разрешением ± 20 м;
 - система общешахтного аварийного оповещения в горных выработках должна обеспечивать: оповещение об авариях людей, находящихся под землей во всех зонах подземных горных выработок, с автоматическим (контроль доставки) и ручным (контроль осознания) подтверждением получения сигнала об оповещении каждым шахтером; прием на поверхности сообщения об аварии, передаваемого из шахты;
 - горный диспетчер должен иметь возможность вызвать работника к средствам связи через систему определения местоположения или массового оповещения;
 - при аварии должен быть обеспечен оперативный поиск людей в завалах с начальной точки поиска – положения персонала, зарегистрированного системой наблюдения в начале аварии;
 - информация от стационарных датчиков и индивидуальных средств контроля должна передаваться в систему газогазового контроля МФСБ. Сведения о превышении допустимой концентрации метана должны передаваться в органы государственного горного надзора.
- Таким образом, применительно к рассматриваемым сис-

темам вводится термин «режим реального времени», при котором период обновления информации о местоположении персонала должен составлять 5 с, не более. Также становится обязательным наличие прямой (горный диспетчер – шахтер) и обратной (шахтер – горный диспетчер) оперативной, то есть в режиме реального времени, связи.

Своевременной является формулировка по режиму подачи аварийного оповещения: должны обеспечиваться контроль доставки (аппаратно – без участия адресата) и личное подтверждение получения команды каждым шахтером – контроль осознания.

Несколько «выпадает» из общей направленности на конкретику требование по передаче информации в систему АГК с индивидуальных средств контроля – не ясно, в каком режиме (оперативность, идентификация мест замеров) должна осуществляться передача информации от индивидуальных средств контроля в систему АГК. Также открытым остается вопрос по режиму отправки сведений о превышении допустимой концентрации метана в Ростехнадзор. Попытки провести аналогию с имеющимися в [2] требованиями такого рода к стационарным датчикам не будут иметь успеха, поскольку действие документа не распространяется на переносные средства измерений (СИ). В [1] также нет указаний по методике передачи – в режиме реального времени с идентификацией мест замеров либо в момент попадания СИ в зону считывателей без идентификации мест замеров, либо по выходу на-гора по окончании смены, когда о времени и месте производства замеров поздно вести речь.

О параметрах систем, находящихся в эксплуатации

Анализ распространенных в настоящее время на угольных шахтах страны систем определения местоположения (позиционирования) показывает (табл. 1), что они не отвечают требованиям стандарта, поскольку:

- позиционирование выполняется только «с точностью до участка горных выработок», что существенно уступает параметру: «с разрешением ± 20 м»;
 - данные о местоположении персонала предоставляются в диспетчерскую шахты дискретно – при попадании индивидуальной метки в зону действия считывателей, расставленных в шахте на значительном, как правило, удалении друг от друга, – с интервалами, не отвечающими режиму реального времени.
- Подобное положение наблюдается и в системах оповеще-

Табл. 1 Характеристика систем определения местоположения персонала на основе считывателей

Характеристика системы	Наименование системы	
	Система СПГТ-41 [3]	Комплекс «Талнах» [4]
Принцип действия	Зональное (ограниченное считывателями) позиционирование персонала и техники	Зональное (ограниченное считывателями) позиционирование персонала и техники
Скорость передачи данных – кабель/радио	Двусторонняя радиосвязь (полудуплекс): скорость передачи – 1024 кБод. Двусторонняя проводная связь (полудуплекс): скорость передачи – 9,6 кБод	Двусторонняя радиосвязь: скорость передачи – 1024 кбит/с. Проводная связь: скорость передачи – до 32 Мбит/с
Точность определения координат местоположения объекта	Координаты объекта определяются по месту нахождения считывателей, в зонах действия которых находится объект – протяженность зон составляет от десятков метров до нескольких километров	Координаты объекта определяются по месту нахождения считывателей, в зонах действия которых находится объект – протяженность зон составляет от десятков метров до нескольких километров
Период обновления данных на АРМ оператора	5 с	Не указан
Скорость передвижения объекта	Максимально допустимая – 12 м/с	Не указана
Гарантированная дальность считывания меток	25 м	Обмен данными – на расстоянии от 10 до 150 м (не гарантируется конкретная величина)
Время работы от аккумуляторов при потере сетевого питания	Не менее 10 ч	Не менее 3 ч

Табл. 2 Характеристика систем оповещения

Наименование системы	Принцип действия	Метод сигнализации на индивидуальном устройстве	Подтверждение в получении	Связь: «шахтер – диспетчер»	Период повторения сигнала
Комплекс СУБР-1П [5]	Вырабатываются сигналы аварии, индивидуального (селективного) вызова и сигналы текстовых сообщений, которые преобразуются и излучаются посредством передающей антенны в виде электромагнитных волн	Мигание лампочки светильника: при приеме общего сигнала – 8, при приеме индивидуального вызова – 4	нет	нет	не указан
Система «Радиус-2» [6]	Диспетчер шахты с пульта передающего устройства, что на поверхности шахты, передает цифровые кодовые радиосигналы аварийного оповещения или персонального вызова сквозь толщу горных пород	Мигание лампочки светильника	нет	нет	не указан
Комплекс «Талнах» [4]	Диспетчер шахты передает сигналы аварийного оповещения или персонального вызова	Мигание лампочки светильника: 3 вспышки – сигнал разрушения системы оповещения, 2 вспышки – персональный вызов, 5–10 миганий – авария	нет	нет	не указан

ния (табл. 2). Анализ таких систем, находящихся в эксплуатации на некоторых шахтах, позволяет сделать вывод, что аварийное оповещение отправляется без подтверждения о получении, то есть не обеспечивается гарантированность в доставке всем шахтерам, находящимся в шахте. А это указывает на их несоответствие стандарту.

Целесообразно поэтому рассмотреть другую группу систем, присутствующих на рынке, поставщики которых заяв-

ляют об их полном соответствии обязательным требованиям стандарта по характеристикам и функциям.

К их числу относятся системы, показанные в табл. 3. Как следует из представленных данных, отличительной особенностью этих систем является наличие непрерывной, в режиме реального времени, радиосвязи между индивидуальными устройствами, оснащенными так называемыми метками, и стационарными узлами связи. Также для этих систем

Табл. 3 Параметры систем с многоканальной связью

Наименование системы	Скорость передачи данных по беспроводным каналам связи	Параметр «разрешение» (по стандарту)	Период обновления данных	Реализация аварийного оповещения
Система «Исеть» [7, 8]	2 Мбит/с	± 3 м	не указан	не реализуется
Система «WiPan» [9]	250 кбит/с	± 10 м	не указан	реализуется
Система FLEXCOM [10]	250 кбит/с	± 20 м	не указан	реализуется
Система Strata [11]	150 Мбит/с	± 200 футов	30 с	не реализуется
Система REALTRAC [12]	не указана	± (30 – 50) м («Зоновое»); ± 1 м (при многократном увеличении числа узлов связи)	не указан	реализуется
Система «Кондор» [13]	не указана	± 10 м	не указан	не реализуется
Система «SBGPS» [14]	150 Мбит/с	± 20 м; (3 ± 1) м (вариант определяется исполнением технических устройств)	5 с	реализуется

характерно для создания подземной инфраструктуры связи применение кабельных линий – полностью либо частично по назначению и протяженности выработок. При их повреждении связь в ряде случаев реализуется по беспроводным каналам (многоканальность связи). Конкретные варианты определяются конструктивным исполнением.

Эти системы, как правило, являются многофункциональными – определяют местоположение персонала и в нужный момент обрабатывают функции оповещения, включая подачу аварийного сигнала.

Данные, содержащиеся в показанных таблицах, получены из различных источников и основные из них – это руководства по эксплуатации. В ряде случаев из-за их отсутствия информация взята из имеющихся презентаций и аналогичных информационных материалов (сайтов), что, конечно, оставляет возможность для дискуссии.

Следует отдельно обратить внимание на систему REALTRAC в части параметра «разрешение», достигаемого при определении координат местоположения персонала. Авторами приводятся два варианта: ±50 м и ±1 м. Согласно [11] для реализации «зонавого» (разрешение ±50 м) метода места установки узлов связи сочетаются с архитектурой и размерами (протяженностью) горных выработок, что может составлять от сотен метров до нескольких километров. В этом случае подача аварийного оповещения будет нереализуемой для индивидуальных мобильных устройств, находящихся в централь-

ной части таких зон. Получение второго, более точного, варианта возможно при значительном увеличении узлов связи – на расстоянии около 150 м друг от друга. В этой связи очень важно получить подтверждение заявленных принципов на практике – в условиях угольной шахты. Скорее всего, аналогичные особенности построения инфраструктуры связи имеют место в системе «Исеть», где декларируется возможность определения местоположения персонала, оснащенного мобильными средствами системы, с разрешением в ±3 м. Это же свойственно и системам «WiPan», «Кондор» по параметру «±10 м».

Поэтому, вне сомнений, достоверность представленных данных остается в компетенции заявителей – разработчиков и/или поставщиков систем.

Из данной группы многофункциональных систем безопасности практический опыт авторов статьи позволяет наиболее полно представить конструктивные и эксплуатационные особенности системы «SBGPS».

Поэтому далее приводится краткое описание системы «SBGPS».

О конструктивном устройстве

Система многофункциональная связи, наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, «SBGPS» (система «SBGPS») выпускается серийно – сертификат соответствия требованиям ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» № ТС RU C-RU.AA87.B00822.

Система «SBGPS» включает подземную и наземную части. Наземная часть – сервер, АРМ оператора системы – монтируется в АБК шахты. Подземная часть, предназначенная для работы во взрывоопасных средах, состоит из инфраструктуры связи на основе базовых станций (узлы связи) и индивидуальных технических устройств, в качестве которых применяется устройство оповещения, совмещенное с головным светильником шахтера (рис. 1). Контакт устройства оповещения с узлами связи осуществляется по беспроводному каналу – технология Wi-Fi.

Работа узлов связи друг с другом ведется по кабельным линиям (ВОЛС, медный проводник), а в случае их повреждения (аварийная ситуация) – по каналу Wi-Fi (рис. 2).



Рис. 1 Устройство оповещения SBGPS Light-4

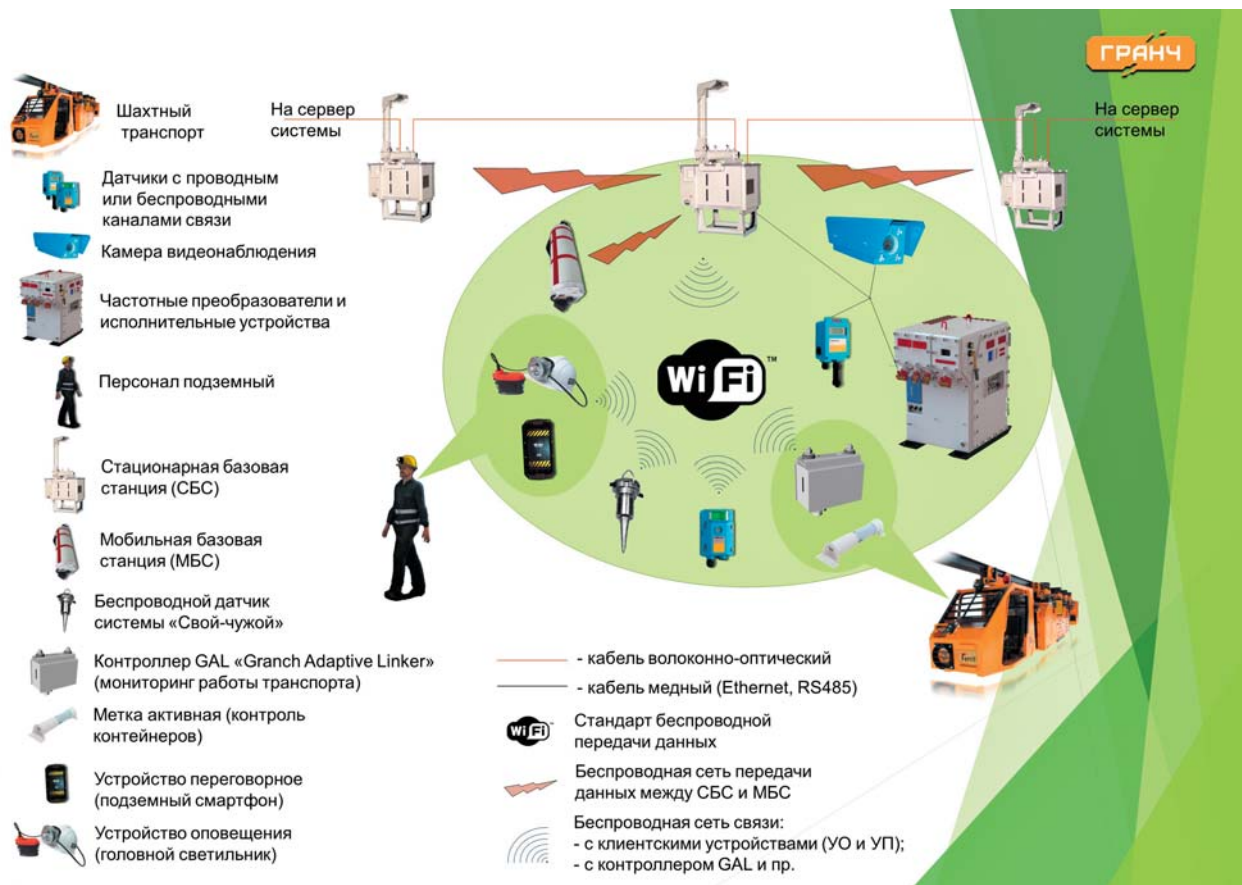


Рис. 2 Структура подземной инфраструктуры связи системы «SBGPS»

Для решения ряда задач технологического и организационного характера применяется смартфон, в искробезопасном исполнении. Индивидуальное устройство мобильной связи (смартфон) и устройство оповещения находятся всегда на связи по радиоканалу с базовыми станциями (узлами связи).

В системе «SBGPS» корпуса узлов связи представляют собой штампованные стальные оболочки, установка которых в горных выработках производится путем крепления к элементам крепи с применением болтовых соединений, что обеспечивает их повышенную стойкость к внешним повреждающим воздействиям (взрывная волна умеренной мощности, удары кусками породы и элементами конструкций передвижного оборудования и транспорта).

В системе «SBGPS» применена аккумуляторная поддержка работы инфраструктуры связи: встроенные АКБ в каждый узел связи обеспечивают их непрерывную работу 16 ч, не менее, что крайне важно, как для нормального режима работы шахты при непреднамеренных потерях сетевого питания, так и для аварийного – когда только беспроводные каналы остаются в рабочем состоянии.

Таким образом, в подземной инфраструктуре связи Системы «SBGPS» оптимальным образом сочетаются кабельные линии (нормальный режим работы) с беспроводными каналами (аварийный режим работы) с учетом нахождения в любых ситуациях на радиосвязи с подземной инфраструктурой индивидуальных (мобильных) устройств с обеспечением повышенной точности определения местоположения объектов контроля.

Система «SBGPS» способна к развитию подземной части за счет применения соответствующих технических устройств по мере развития горных выработок и появления новых объектов контроля.

Система предназначена для работы в непрерывном режиме.

О параметрах

1. Расстояние между узлами связи: (150–300) м – определяется гипсометрией и загруженностью выработки оборудованием и металлоконструкциями.
2. Скорость передачи данных по каналам:
 - оптические IEEE 802.3 (100BASE-FX) – до 1 Гбит/с (между узлами связи и магистральные, включая выход на-гора);
 - проводные IEEE 802.3 (100BASE-TX) – до 100 Мбит/с (между узлами связи);
 - проводной RS-485 – до 0,5 Мбит/с (технологические цели);
 - беспроводной IEEE 802.11 b/g/n (Wi-Fi) – от 1 до 150 Мбит/с (для подключения клиентских устройств, а также при повреждении кабельных линий – работа инфраструктуры связи в аварийных условиях).
3. Время хранения информации на сервере о местоположении контролируемых объектов – не менее 1 года.

Примечание: Время хранения может быть увеличено за счет применения соответствующих электронных носителей – дополнительно к серверным.
4. Срок службы системы (с учётом своевременного технического обслуживания технических устройств) – 10 лет.

Основные функции

1. Определение местоположения персонала в горных выработках и функции, реализуемые с использованием полученных данных:
 - наблюдение и определение координат местоположения персонала, транспорта и грузов в горных выработках с разрешением ± 20 м в режиме реального времени – периодичность обновления данных – 5 с, не более (рис. 3);
 - определение координат местоположения объектов контроля с разрешением до (3 ± 1) м при применении базовых станций и устройств оповещения с модулями повышен-

- ной точности позиционирования (прецизионный метод);
 - определение скорости и направления перемещения (перемещения) объектов контроля;
 - представление динамики изменения координат местоположения в горных выработках объектов контроля в прошлом времени;
 - представление информации горному диспетчеру и речевого сообщения работнику о потере связи любого устройства оповещения с сервером системы и о восстановлении данной связи;
 - табельный учет;
 - формирование отчета по времени нахождения персонала в шахте, о потере связи, о координатах мест замеров содержания опасных газов датчиками, встроенными в устройство оповещения;
 - автоматическое выявление своевременно не вышедших из шахты людей и представление информации (ФИО, должность, время) горному диспетчеру.
2. Аварийное оповещение (оперативные сообщения – команды и сигналы):
- оповещение об аварии людей, находящихся во всех зонах подземных горных выработок с автоматическим (контроль доставки) и ручным (контроль осознания) подтверждением получения сигнала об оповещении каждым шахтером;
 - прием на поверхности сообщения об аварии, передаваемого из шахты, в режиме реального времени;
 - отправка шахтером горному диспетчеру сигнала «Тревога» об оказании помощи («тревожная кнопка») – с места происшествия негативного события (авария, травма);
 - автоматическое формирование сообщения горному диспетчеру о том, что работник неподвижен в течение времени более 15 минут (по требованию временной интервал может быть уменьшен или увеличен);
 - передача персоналу в случае аварии сообщения на устройство оповещения о безопасном (согласно ПЛА) маршруте выхода из шахты – управление движением;
 - передача оперативных речевых сообщений подземному персоналу на устройство оповещения, записанных с помощью пульта горного диспетчера (на микрофон);
3. Поиск и обнаружение людей, застигнутых аварией:
- ведение оперативного поиска людей в завалах с начальной точки поиска - местоположения персонала, зарегистрированного системой в начале аварии и отображенного на

- схеме шахты с высокой точностью;
 - поиск и обнаружение людей, застигнутых аварией, путем локализации координат их местоположения по режиму «Поиск», в основу которого положено применение импульсной звуковой и световой сигнализации, генерируемой устройством оповещения в течение 48 ч, не менее;
 - применение встраиваемых в устройство оповещения радиомаяков для поиска людей под и за завалами;
 - регистрация (запись) указаний, связанных с ликвидацией аварии, с применением мобильной IP-телефонии.
4. Диагностирование технических средств и окружающей среды:
- контроль параметров сетевого питания и уровня заряда блока аккумуляторного устройств, входящих в состав системы;
 - контроль в месте нахождения устройства оповещения и представление в режиме реального времени данных об объёмных долях опасных и вредных газов в рудничном воздухе, а также кислорода, с оповещением работника и горного диспетчера о выходе за допустимые пределы их значений, - с отображением координат места производства замеров;
 - диагностирование локального повышения температуры в угольном пласте и технологическом оборудовании с применением тепловизионной камеры, встроенной в смартфон, с отображением мест замеров и передач в режиме реального времени данных на пульт горного диспетчера;
 - сбор и передача на верхний уровень параметров работы транспортных средств и другого горно-шахтного оборудования с применением специального оборудования (многофункциональный контроллер GAL) по инфраструктуре сети.
5. Оперативная связь. Благодаря применению индивидуальных устройств (устройство оповещения, смартфон) и при условии наличия подземной инфраструктуры связи в системе обеспечивается:
- предоставление мобильной телефонной связи по протоколу IP (мобильная IP-телефония);
 - передача мультимедийных данных и данных телеизмерений.
- В системе «SBGPS» возможно расширение функциональности без дополнительного аппаратного обеспечения, что обусловлено наличием широкой пропускной способности каналов связи.

В системе «SBGPS» предусмотрена возможность обмена информацией по линиям связи с другими системами и дополнительными устройствами, использующими стандартные протоколы передачи данных.

Программное обеспечение (ПО) системы «SBGPS» имеет оптимальную совместимость с ПО «Вентиляция», что обеспечивает высокую динамичность при работе (редактирование, управление и развитие) со схемой шахты (масштабная 3D-модель) в процессе эксплуатации системы (рис. 4).

Система «SBGPS», благодаря наличию современного устройства – подземного смартфона, успешно решает многие задачи по управлению производственными процессами, включая обеспечение «Единой книги предписаний» (ЕКП) и «Формирование сменных нарядов» (ФСН). В ближайших планах – решение задач по реализации системы дистанционного контроля промышленной безопасности (СДК ПБ).

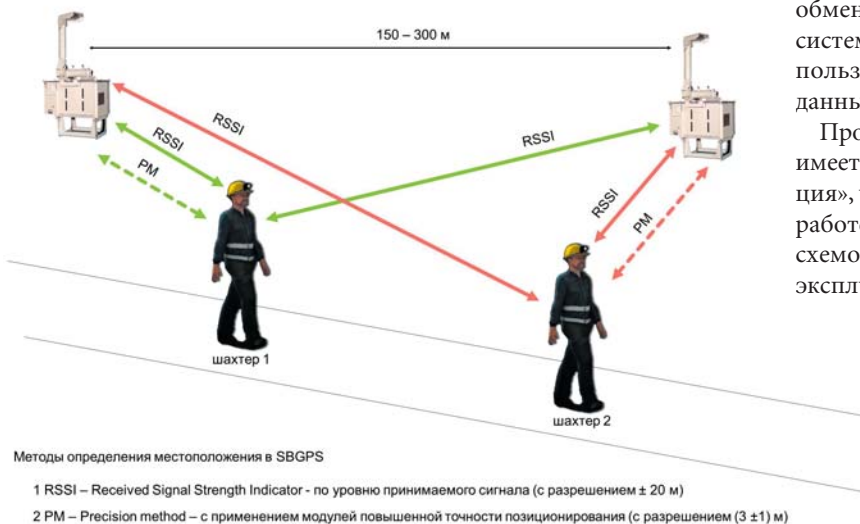


Рис. 3 Схема определения координат местоположения персонала в системе «SBGPS»

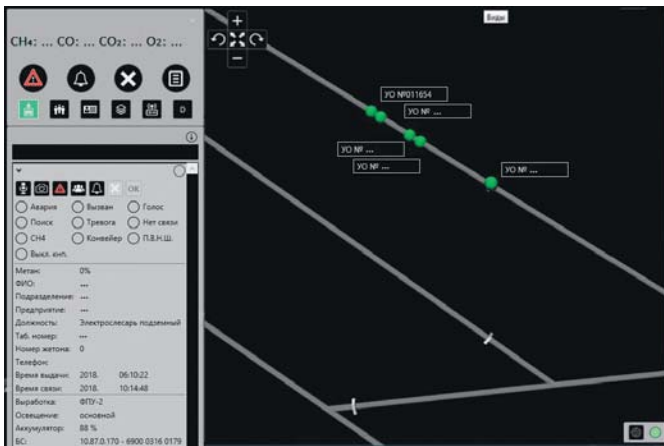


Рис. 4 Диалоговое окно системы «SBGPS» (с фрагментом горных выработок)

В системе «SBGPS» реализована технология передачи сообщений о выходе контролируемых параметров (технологические процессы и рудничная атмосфера) за установленные пределы в уполномоченные организации.

Выводы:

1. По комплексу показателей, характеризующих технологии определения местоположения персонала в горных выработках шахты и подачи сигналов об аварии, как в шахту, так и из шахты на-гора, в плане оценки соответствия требованиям национального стандарта ГОСТ Р 55154-2012

представляют интерес системы, подземная инфраструктура которых строится на создании непрерывного радиополя в горных выработках шахты.

2. Система «SBGPS», производства НПФ «Гранч», полностью отвечает требованиям 6 раздела ГОСТ Р 55154-2012, а по ряду характеристик превышает их, в части наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, и служит надежной основой для передачи больших потоков информации в режиме реального времени, как по кабельным, так и по беспроводным каналам связи для реализации функций других систем из состава МФСБ.

Информационные источники

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах», утвержденные приказом Ростехнадзора от 19.11.2013 № 550 (с изменениями по приказу Ростехнадзора № 303 от 08.08.2017 г.).
2. Положение об азгазовом контроле в угольных шахтах (Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 1 декабря 2011 г. № 678) (с изменениями по приказу Ростехнадзора № 303 от 08.08.2017 г.).
3. Система позиционирования горнорабочих и транспорта СППТ-41. Руководство по эксплуатации РЭ 3148-001-44645436-2007.
4. Официальный сайт производителя: <http://it-ind.ru>. Видео-презентация производителя: «Талнах – комплексный подход к автоматизации и связи на добывающих предприятиях».
5. Комплекс СУБР-ИП. Руководство по эксплуатации ТИС 6.0.0.00.000-01РЭ.
6. Официальный сайт производителя: <http://www.radius-priv.ru>.
7. Система многофункциональной связи «Исеть» (СМС «Исеть»). Руководство по эксплуатации ИМ.091000.001.00 РЭ.
8. Презентация ООО «Ингортех» (вер. 13-11В): «Многофункциональные системы безопасности угольной шахты. Система многофункциональной связи СМС «Исеть».
9. Презентация Davis Derby: «Многофункциональная система безопасности Девис Дерби».
10. Презентация PBE&MRS: «PBE&MRS решения для горнодобывающей отрасли».
11. Официальный сайт производителя: <https://www.strataworldwide.com>.
12. Презентация RTL Service: «Система безопасности, позиционирования и связи для подземных горных работ».
13. Видео-презентация компании «ДЭП»: «Кондор – система позиционирования персонала шахт и рудников».
14. Система многофункциональной связи, наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, «SBGPS». Руководство по эксплуатации МКВЕ.466452.024 РЭ.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ «УМНАЯ ШАХТА»® - ГОРНАСС

Дистанционный мониторинг параметров безопасности ведения горных работ в режиме реального времени, в том числе:

- Сканирующий (динамический) газовый контроль;
- Позиционирование горнорабочих и ВШТ;
- Аварийное оповещение персонала с гарантией получения;
- Стойкость к воздействию ударно-взрывной волны импульсом не менее 6 кПахс;
- Передача данных под землей с фантастическими скоростями;
- Беспроводные технологии;

Соответствует требованиям главы 6 национального стандарта РФ ГОСТ Р 55154-2012 «Оборудование горно-шахтное. Системы безопасности угольных шахт многофункциональные. Общие технические требования».



Тел/факс +7 (383) 2-333-512;
info@granch.ru; <http://www.granch.ru>