



Многофункциональный комплекс безопасности ведения горных работ **ГОРНАСС**

Комплекс является свободно конфигурируемым набором систем, объединенных общей сетевой инфраструктурой, функционирующей на основе стандартных сетевых технологий.

Основные функции: телефонная мобильная связь, позиционирование людей и транспорта под землей с погрешностью ± 20 м, оповещение об аварии, аэрогазовый контроль.

Комплекс может быть дополнен другими функциями согласно требованиям Заказчика.

Область применения – подземные выработки шахт, рудников и их наземные строения, опасные по газу (метану) и/или горючей пыли, в соответствии с требованиями по уровню взрывозащиты согласно ПБ 05-618-03, ПБ 03-553-03.



Новосибирский кластер
 «Безопасность и оборудование ресурсодобывающих технологий»
 (НК «БОРТ»)

www.bort-cluster.ru

www.cluster-bort.ru



РЕКЛАМА

Мы гарантируем

Шахта безопасна,
 если ее непрерывно сканируют.
Шахтер в безопасности,
 если он всегда на связи.
Шахтер вернется,
 если знаем, что он нас понял.

ЗНАТЬ ТОЧНЫЕ КООРДИНАТЫ КАЖДОГО
 ЗНАТЬ, СТО КОМАНДА ПРОЕКТА КАЖДОМ
ТРЕУГОЛЬНИК
 ЗНАТЬ СОСТАВ АТМОСФЕРЫ ОКОЛО КАЖДОГО
ЛИЧНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
ШАХТЕРА



Многофункциональные системы безопасности, применяемые при производстве горных работ

В.С. Ваганов, К.Т.Н.

В последнее время в угольной промышленности России намечилась тенденция повсеместного оснащения шахт многофункциональными системами безопасности, предназначенными для уменьшения риска возникновения аварийных ситуаций при проведении подземных работ. Основная задача данных систем – обеспечить безопасное функционирование предприятия в штатном режиме и минимизировать потери при возникновении аварий. Системы такого назначения выпускаются как в России, так и за рубежом. По утверждениям производителей, подобные системы способны эффективно решать практически все вопросы, связанные с обеспечением безопасности работ. Как правило, при построении инфраструктуры в большинстве подобных систем применяются проводные и беспроводные каналы связи, использующие электромагнитные поля для передачи и последующего накопления информации. В силу большого сходства по назначению и параметрам разобраться в преимуществах этих систем порой сложно даже специалистам в области связи.

В статье представлен анализ преимуществ и недостатков разных систем безопасности, производимых основными участниками этого рынка.

Существуют три базовых принципа, на основе которых строятся системы подземной связи во всем мире.

Первый принцип – «НЧ – проникающая подземная связь». На этом принципе связи работают системы «Радиус-2», РадиусКан (ЗАО НВИЦ «Радиус» (Красноярск)), СУБР-1П (ООО «Ингортех» (Екатеринбург)), система PED (ООО «НПФ «Комплексные автоматизированные системы» («КАС», IAS), дистрибьютор Mine Site Technologies (Австралия)). Связь осуществляется либо по коаксиальному кабелю, либо по оптико-волоконным линиям связи.

Второй принцип – «излучающий кабель». Он применяется в таких системах как «Талнах» (Компания «Информационная Индустрия»), MCA 1000 (MineCom, в составе PBE Group) и FLEXCOM (MRS (Mine Radio Systems), в составе PBE Group).

Третий принцип – *комбинированный способ «линия связи + радиоканал»*. В последнее время это наиболее распространенный способ осуществления подземной связи, возможный благодаря развитию современных беспроводных средств связи. К такому виду принадлежат системы: СПАС (поиск людей); «МИКОН» (аэрогазовый контроль); СПГТ-41 (позиционирование) (проводные линии связи + радио [2,4 ГГц, не далее 100 м, скорость не более 2 Мбит/с] + метки RFID) – производитель ООО «Ингортех».

ООО «НПФ «КАС», дистрибьютор Mine Site Technologies, представляет систему ImPact & K° (линии + Wi-Fi [2,4 ГГц] + метки RFID). Компания Davis Derby (Великобритания) – систему Mine WATCH & K° (линии + радио [WiPAN]¹ + RFID). Новосибирский институт КТИ ВТ СО РАН – систему АСКУ ТО (RS485 + радио + RFID). И, наконец, ООО НПФ «ГРАНЧ» – систему ГОРНАСС (SBGPS) (линии + Wi-Fi [2,4 ГГц]²).

В качестве образца для сравнения возьмем многофункциональную систему безопасности ГОРНАСС (SBGPS), производимую ООО НПФ «ГРАНЧ» и работающую на шахтах Кузбасса уже более 4-х лет. Суть метода, используемого ООО НПФ «ГРАНЧ», заключается в том, что в подземных выработках формируется сетевая инфраструктура, обеспечивающая 100%-ное радиопокрытие выработок по протяженности. В качестве среды протоколов передачи используется, как правило, IEEE.802.11 (Wi-Fi) либо IEEE.802.15 (ZigBee и клоны). Все остальные системы группы АСУТП, производимые ООО НПФ «ГРАНЧ», образно выражаясь, «навешиваются» на эту инфраструктуру. Поэтому один раз смонтировав такую инфраструктуру, можно добавлять к ней другие различные функции. В том числе, это – контроль над пе-

¹ WiPAN (англ. *Wireless personal area network*) – это беспроводные персональные сети: 1) 802.15.1 – это Bluetooth 1.0/1 Мбит/с / 10 м/ 2.4 ГГц; 2) 802.11 – это Bluetooth 3.0 [24 Мбит/с / 100 м/ 2.4 ГГц]; 3) 802.15.3a – это UWB [480 Мбит/с / 10 м/ 7.5 ГГц]; 4) 802.15.4 – это ZigBee [250 кбит/с / 100 м/ 2.4 ГГц (16 каналов) – 915 МГц (10 каналов)].

² Скорость беспроводной передачи данных от 1 до 54 Мбит/с. Применяется стандарт передачи данных IEEE 802.11

редвижением машин и механизмов внутри подземного пространства; предупреждение столкновений в условиях малой видимости; контроль над действиями персонала; подсчет объемов добычи и многое другое. В этой системе может быть использовано любое соответствующее оборудование различных производителей. Открытость программного обеспечения и общепринятый стандарт протокола позволяют без труда добавлять любые устройства, необходимые для решения необходимых задач.

В соответствии с Правилами безопасности в угольных шахтах: «В горных выработках шахты, надшахтных зданиях и сооружениях должен быть оборудован комплекс систем и средств, обеспечивающий организацию и осуществление безопасности ведения горных работ, контроль и управление технологическими и производственными процессами в нормальных и аварийных условиях. Системы и средства данного комплекса должны быть объединены в МФСБ».

Состав МФСБ определяется проектной документацией с учетом установленных опасностей шахты и предусматривает, среди прочих: связь, оповещение и определение местоположения персонала, решаемых с применением систем:

- определения местоположения персонала в горных выработках шахты;
- поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией;
- оперативной, громкоговорящей и аварийной подземной связи и аварийного оповещения.

МФСБ должна соответствовать требованиям в области промышленной безопасности и технического регулирования, обеспечения единства средств измерений и стандартов на взрывозащищенное электрооборудование, автоматизированные системы управления, информационные технологии, измерительные системы и газоаналитическое оборудование.

Сравним характеристики систем, выпускаемых различными фирмами. Начнем с такой функции, как «*Определение местоположения*».

Согласно требованиям, которыми руководствуются производители систем, каждый работник, спускающийся в шахту, снабжается приемопередатчиком сигнала, встроенным в индивидуальный головной аккумуляторный светильник. Светильник всегда при человеке, в том числе и в случае возникновения аварийной ситуации. В большинстве систем реализуется «позиционирование» при помощи меток RFID. Здесь потребителю сообщается, что зона гарантированного считывания метки RFID (как правило, 2–4 м) и является точностью определения местоположения. Реально в таких случаях местонахождение человека определяется шагом установки точек считывания – не более чем одна точка на выработку. Налицо попытка подмены понятия «позиционирования», как процесса определения местоположения объекта, понятием «контроль доступа».

Более основательный подход к термину «позиционирование» реализуется в системах, которые строятся на одной из двух технологий определения местоположения по уровню сигнала: технология RSSI (Received Signal Strength Indication – измерение уровня мощности принимаемого сигнала) и технология TDOA (Time Difference Of Arrival – разность времени прихода сигналов). Технология RSSI используется в системе SBGPS (ООО НПФ «ГРАНЧ») и системе Minetrax, технологии TDOA – в системах Commtrac (Strata), Nanoloc (Nanotron). Достигнутая точность позиционирования для этих методов примерно сравнима – погрешность определения координат местонахождения человека (объекта наблю-

дения) составляет ± 20 м.

Преимущество этих методов по сравнению с системами, основанными на контроле меток RFID, помимо высокой точности, состоит в том, что с каждым шахтером, находящимся в горных выработках, всегда имеется непрерывная двусторонняя связь. Поэтому при нарушении связи с человеком мгновенно передается в диспетчерскую информация о неполадках в системе, позволяющая горному диспетчеру оперативно реагировать на нестандартную ситуацию.

Близкая к системе ГОРНАСС (SBGPS) система Minetrax, использующая метод RSSI, имеет, в силу особенностей выбранного стандарта, принципиальные ограничения как по объему передаваемых данных во время сеанса связи, так и по скорости передачи данных. Она также уступает системе SBGPS по емкости аккумуляторов, встроенных в компоненты инфраструктуры, что существенно снижает продолжительность работы в случае потери сетевого питания.

Вторая основная функция системы – «*Аварийное оповещение*».

Отечественные системы реализуют эту функцию при помощи СНЧ излучателя большой мощности, расположенного на земной поверхности или вдоль подземных капитальных выработок, и приемника, встраиваемого в индивидуальный головной светильник (СУБР, Радиус), разработанных еще до появления систем беспроводного персонального вызова и телефонии. Принципиальная особенность такого метода состоит в том, что горный диспетчер, отправивший аварийное оповещение, не получает от человека подтверждения того факта, что аварийный сигнал принят.

Безопасные эксплуатационные параметры и вероятность гарантированного оповещения подземного персонала у этих систем не выдерживают сравнения ни с системой ГОРНАСС (SBGPS), ни с зарубежными системами. В зарубежных системах подача аварийного сообщения осуществляется на персональные пейджеры через излучающий кабель (MRS) либо через подземную инфраструктуру (ActiveControl, MineSite, KJ361, – Wi-Fi; MineTrax – ZigBee-образные сети). Но в этих системах также не реализуется принцип гарантированной доставки аварийного оповещения. Ряд зарубежных систем вообще не имеет опции индивидуального оповещения, соответствующей требованиям ПБ (например, Davis Derby в качестве аварийного оповещения обеспечивает громкоговорящую связь по протяженности некоторых выработок).

Третья важная функция – «*Поиск и обнаружение людей, застигнутых аварией*».

Из множества систем средства поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией, имеют только системы производства «Ингортех», «Радиус» и MRS. Способ поиска людей, застигнутых аварией, основан на детектировании СНЧ-сигнала, излучаемого индивидуальным маяком, активизирующимся при подаче сигнала аварийного оповещения. К недостаткам такого метода относятся: отсутствие гарантии, что сигнал оповещения дошел до шахтера и включил маяк; небольшая дальность действия – 20–50 м. При этом, исходное (то есть непосредственно перед аварией) местонахождение человека, застигнутого аварией, в шахте неизвестно (в лучшем случае, положение определяется с точностью до выработки). На практике горноспасатели лишь предположительно оценивают факт нахождения человека в определенных выработках. Система ГОРНАСС (SBGPS) позволяет реализовать эту функцию наилучшим образом.

Четвертая функция – *возможность голосовой связи*.

Мобильная голосовая связь в горных выработках имеется у некоторых зарубежных систем. Системы Flexcom, MRS

обеспечивают голосовую связь через излучающий кабель; KJ361 и MineSite – с использованием Wi-Fi инфраструктуры на голосовые терминалы VoIP. В системе ГОРНАСС (SBGPS) реализована не только голосовая связь на основе мобильного телефона, но и оперативный обмен данными, в том числе с глобальной информационной сетью.

Большую роль в обеспечении безопасности людей, работающих под землей, играет *время автономной работы* системы. Большинство систем не имеют четко обозначенного гарантированного времени работы от резервных источников питания. На компоненты инфраструктуры систем Flexcom, MRS и KJ361 сами производители приводят противоречивые данные, при этом подчеркивается, что время работы персональных устройств от одного комплекта АКБ возможно свыше 16 часов. Системы ActiveControl, MineSite и MineTrax приводят данные о времени работы компонентов инфраструктуры от одного комплекта АКБ без учета активности канала передачи данных. В системе ГОРНАСС (SBGPS) производства ООО НПФ «ГРАНЧ» эта проблема решена за счет «интеллектуальной» начинки головного светильника, позволяющей ему работать до 44 часов непрерывно в разных режимах.

Таким образом, как показывает анализ, подменяя понятие позиционирования фактическим отслеживанием факта спуска шахтера в шахту, производители пытаются скрыть неспособность своих систем определять местоположение подземного персонала с заданной точностью. Реализованная в некоторых системах, являющихся конкурентными системе ГОРНАСС (SBGPS), подземная инфраструктура, способная передавать данные от подвижного объекта из любой точки шахты, имеет ряд принципиальных недостатков. Среди них: нет реализации в искробезопасном исполнении; имеются принципиальные ограничения на объем передаваемой информации; отсутствует резервирование, которое даже не заложено в идеологии систем; системы не способны обеспечить масштабирование выполняемых функций. Все средства индивидуального оснащения шахтера (система приема сигналов оповещения, аварийный маяк) встраиваются в типовой индивидуальный головной светильник. При этом не учитывается, что данные устройства также потребляют энергию от АКБ светильника, не рассчитанную на дополнительную нагрузку, и сокращают время его работы. Совершенно нет гарантии, что такой светильник проработает регламентированное время.

Добавление новых функций невозможно без полной замены такой системы, что ведет к существенному удорожанию (сравнимому со стоимостью самой системы). Тем самым за кажущейся дешевизной конкурентных систем стоит реальное, почти двукратное, увеличение их стоимости.

Остановимся более подробно на основных возможностях системы ГОРНАСС (SBGPS). Функция «*Определение местоположения*» шахтера работает на принципах определения мощности сигнала, принимаемого от нескольких базовых станций (БС) системы, которые расположены вдоль всех выработок шахты. Система непрерывно контролирует работоспособность БС, в том числе: параметры питания, состояние АКБ, параметры связи. Сигнал принимается Устройством оповещения (УО), являющимся многофункциональным коммуникационным и измерительным прибором, совмещенным с функциями головного аккумуляторного светильника. Величина сигнала связи передается от УО на сервер (с частотой не хуже 1 Гц), где и рассчитывается точка местонахождения шахтера. Такой метод позволяет обеспечивать определение координат *местонахождения с погрешностью* не хуже, чем ± 20 м.

Важно, что при этом всегда известно: находится ли шахтер на связи, или нет. Имеется техническая возможность снизить погрешность определения местоположения до $\pm 2...3$ м. Однако практика показывает, что потребность в этом возникает в очень редких случаях, и она не связана с вопросами безопасности, а диктуется желанием собственника жестко контролировать производственный процесс. Работа системы во время «боевого» применения – при аварии типа «взрыв» – показала, что точности в 20 м более чем достаточно (определение мест нахождения людей, застигнутых аварией, заняло несколько минут, что позволило спасателям спланировать и провести операцию по ликвидации последствий аварии в кратчайшие сроки и с минимальным риском для бойцов ВГСЧ). Подобные операции при использовании альтернативных средств оповещения и поиска часто затягивались на недели, несмотря на то что в технических параметрах этих «альтернативных» средств указывается: «*точность ± 2 м*».

Поскольку УО всегда находится в зоне радиопокрытия базовых станций системы, с ним всегда обеспечена постоянная двусторонняя связь. Сигнал оповещения может подаваться диспетчером как персонально каждому шахтеру, так и группе шахтеров или всем шахтерам одновременно. Имея двустороннюю связь, Система контролирует доставку сигнала аварийного оповещения, а также реакцию шахтера: опознал он сигнал оповещения или нет (при получении сигнала оповещения шахтер обязан подтвердить это, нажав кнопку включения на головном светильнике). Иными словами, диспетчер всегда знает, кто из шахтеров оповещен, а кто нет.

Поскольку система определяет местонахождение шахтера с достаточно высокой точностью, то при возникновении аварийной ситуации всегда известно, где находится человек. Если человек способен к самостоятельному перемещению, то он, получив сигнал аварийного оповещения, покинет шахту. При этом система «поможет» шахтеру выйти, направляя его голосовыми командами. Если нет, то УО определит его состояние и автоматически перейдет в «режим поиска», в котором периодически подаются резкие звуковые и световые сигналы. Команда спасателей, выйдя на участок местонахождения пострадавшего (по данным, определенным Системой), всегда сможет услышать или увидеть эти сигналы.

Поскольку вдоль всех выработок шахты смонтирована Wi-Fi инфраструктура, то здесь всегда доступна *голосовая связь*, которая реализуется в Системе при помощи мобильных переговорных устройств (телефонов). Используются широко распространенные и развивающиеся VoIP протоколы. Система позволяет применять любой типовой Wi-Fi телефон, имеющий разрешение (по искробезопасности) для работы в шахтах. Применение данных протоколов позволяет легко интегрировать подземные телефоны в общую телефонную систему шахты или крупной компании.

Функцией «*Сканирующего газогазового контроля*» не обладает ни одна из представленных на рынке систем безопасности, за исключением системы ГОРНАСС (SBGPS). Каждое устройство оповещения включает в себя сигнализатор метана (внесенный в реестр средств измерений Росстандарта). Измерение величины концентрации метана производится не реже 1 раза в секунду и в режиме реального времени передается диспетчеру. Но, самое главное, это то, что информация о концентрации опасного газа передается вместе с координатами средства измерений, которым является УО, то есть с координатами выполнения замера. Таким образом, система знает об уровне концентрации метана в каждой точке, где в данный момент находятся устройства оповещения, то есть шахтеры. Человек в этом случае выполняет функции

перемещаемой «платформы» для выполнения измерений. А поскольку шахтеры постоянно перемещаются, то обеспечивается измерение уровня концентрации по *всей* протяженности выработок шахты.

При обнаружении превышения допустимого уровня концентрации метана, шахтеру выдается сигнал предупреждения, а у диспетчера появляется информация об аварийном событии. При этом автоматически отправляются электронные письма по адресатам, указанным в рассылке (например, руководству шахты и компании, контролирующим органам). Скрыть факт возникновения опасной ситуации становится невозможным, что влечет за собой повышенное внимание к выполнению всех мероприятий, обеспечивающих безопасную работу в шахте, в то время как применяемый в ряде случаев (в иных системах) индивидуальный газоанализатор, который измеряет даже 4 различных газа, но не имеет возможности передать свое местоположение, просто оставляется шахтёром в том месте, где никакого газа нет. На самом деле, место, где этот прибор находился, нельзя узнать никак – он ведь даже не стационарный, и его не надо ниоткуда демонтировать или зачехлять – просто оставил в безопасном месте перед началом работы и забрал перед выходом из шахты.

В то же время сканирующий аэрогазовый контроль позволяет получить принципиально новый параметр подземной выработки – характер (профиль) распределения метана вдоль выработки, что позволяет проводить анализ развития процесса загазованности во времени и по протяженности горных выработок. Это способствует принятию обоснованных мер по предупреждению несоответствий данного рода. И еще один интересный факт. Существует утверждение, что сигнализатор метана (оксида углерода и пр.), вмонтированный в индивидуальный светильник, во-первых, менее точен, чем специализированный газоанализатор, и, во-вторых, менее надежен. Первое утверждение может вызывать только удивление и указывать на то, что человек не знаком с основами метрологии. Что касается второго утверждения, то следует понимать следующий момент. Стационарных газоанализаторов, например, метанометров в шахте протяженностью горных выработок до 20–25 км – всего несколько десятков, в то время как численность подземного персонала может составлять несколько сотен человек. И у каждого из них есть свой газоанализатор. Но, если раньше все эти сотни приборов были автономны, то теперь они выдают информацию «на гора» наравне со стационарными, и выход из строя даже десятка таких приборов никакого существенного влияния на результаты анализа атмосферы не оказывает – количество действующих газоанализаторов и в этом случае остается в десятки раз больше. Известная формула говорит, что погрешность измерения уменьшается, как корень квадратный от количества измерений, а это значит, что коль мобильных средств измерений в десять раз больше, чем стационарных, то и точность измерения в несколько раз выше, не говоря уже о том, что стационарные газоанализаторы измеряют газ только в тех местах горных выработок, где они установлены.

Как уже говорилось ранее, большую роль играет время автономной работы системы при возникновении различного рода аварийных ситуаций, будь то просто обрыв электрического кабеля, пожар или взрыв в шахте.

Поскольку система разрабатывалась как единый комплекс, то все компоненты инфраструктуры (базовые станции, контроллеры кластера) системы SBGPS испытываются в составе кластера, имитируя полнофункциональную работу по передаче данных.

Устройства оповещения также проверяются во всех режимах работы: в основном экономичном и аварийном. При этом время работы УО в аварийном режиме (не менее 36 часов) проверяется после 8 часов работы устройства в основном режиме, имитируя возникновение аварийной ситуации в конце смены.

Подводя итог, отметим еще раз коренные технические преимущества концепции многофункциональной системы ГОРНАСС ООО НПФ «ГРАНЧ», основной принцип которой заключается в том, что она состоит из нескольких отдельных специализированных подсистем, в частности:

- ГОРНАСС (SBGPS) – подсистема «*точного, непрерывного позиционирования, сканирующего контроля, оповещения и сопровождения под землей*», обеспечивающих все уровни системного взаимодействия;
- Granch МИС – подсистема «*аэрогазового контроля, измерения и управления механизмами*» и других функций, добавляемых с целью выполнения специализированных параметров, заявляемых заказчиком.

Такой подход позволяет строить гибкую, легко масштабируемую многофункциональную интегрированную систему, дополняемую другими функциями по мере возникновения новых производственных задач. Учитывая тот факт, что дополнительные функции стыкуются с уже функционирующей системой, заказчику на их реализацию придется затратить только те средства, которые пойдут непосредственно на поставку новой функции.

Второй базовый принцип концепции многофункциональной системы ГОРНАСС состоит в том, что во всех подсистемах используются типовые унифицированные решения (устройства и протоколы), функции которых могут меняться за счет сменного набора входящих в них модулей. Это позволяет гибко менять топологию отдельных подсистем, без дополнительных (существенных) затрат на новые разработки.

Третий базовый принцип концепции интегрированной системы состоит в том, что устройства объединяются между собой как «по вертикали», так и «горизонтальными связями» на уровне устройств одной группы. Причем с различными вариантами схем резервирования информационных потоков, в том числе без наложения ограничений как на тип сетей (УТР, Wi-Fi, SMF/ВОЛС), так и на топологию их соединения (включая допустимость любых «колец» в сети, т.е. Mesh-сеть).

Все вышеизложенное позволяет с уверенностью утверждать, что технологии ООО НПФ «ГРАНЧ», занимающие лидирующие позиции в области связи, несомненно, не только отвечают современным требованиям, но и формируют эти требования, показывая ранее недоступные возможности, и обеспечивают все потребности шахт/рудников в современных системах технологического контроля и безопасности.



630015, г. Новосибирск, ул. Королева 40, корп.1
тел./факс: +7 (383) 2-333-512 (многоканальный)
тел./факс: +7 (383) 2-120-316
e-mail: info@granch.ru
www.granch.ru