

Позиционирование персонала на выемочном участке угольной шахты

А.В. Новиков✉, К.В. Паневников, И.В. Писарев

ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация
✉info@granch.ru

Аннотация: В статье представлена автоматизированная система определения местоположения персонала и аварийного оповещения «SBGPS» как составляющая многофункциональной системы безопасности угольной шахты. Показано, что система характеризуется оптимальным сочетанием проводных и беспроводных каналов связи. При построении подземной инфраструктуры системы важным этапом является процедура определения мест установки узлов связи – базовых станций – в горных выработках. Для этого применяется описанный расчетно-экспериментальный метод, учитывающий характер распространения радиополя, излучаемого антеннами базовых станций. Показано, что для монтажа подземной инфраструктуры системы на выемочном участке применяется оборудование различного конструктивного исполнения с учетом характера распространения радиосигнала. Сделан вывод, что для выполнения всех заявленных функций системой «SBGPS» непременным условием является наличие устойчивой радиосвязи узлов подземной инфраструктуры между собой и с индивидуальными устройствами позиционирования-оповещения.

Ключевые слова: автоматизированная система, базовая станция, инфраструктура связи, лава, масштабная схема, оповещение, позиционирование, подземная инфраструктура, радиосвязь, узел связи, шахта

Для цитирования: Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Позиционирование персонала на выемочном участке угольной шахты. *Горная промышленность*. 2020;(4):104–108. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-4-104-108.

Personnel Location in Working Areas of Coal Mines

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 the SBGPS Automated Personnel Location and Emergency Warning System as a component of a multifunctional coal mine safety system. The system is demonstrated to be characterized by an optimal combination of wired and wireless communication channels. An important stage in designing the underground infrastructure for the system is the procedure to determine the locations of communication hubs, i.e. base stations, inside the mine. This is done using the described calculation and experimental method that takes into account the propagation pattern of the radio field emitted by the base stations antennas. It is shown that equipment of different design that depends on the radio signal propagation patterns is used in creation of the system's underground infrastructure in the working areas. A conclusion is made that a precondition to provide all the declared functionality of the SBGPS system is availability of stable radio communication between the underground infrastructure nodes and individual positioning-and-signalling devices.

Keywords: automated system, base station, communication infrastructure, longwall, true-to-scale layout, warning, positioning, underground infrastructure, radio communications, communication node, underground mine

For citation: Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Personnel Location in Working Areas of Coal Mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(4):104–108. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-4-104-108.

Введение

Состав многофункциональной системы безопасности (МФСБ), обязательность применения которой в угольной шахте диктуется Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах»¹ (далее – Федеральные нормы и правила), определяется проектной документацией с учетом установленных опасностей шахты.

Анализ приведенного в Федеральных нормах и правилах перечня систем позволяет сделать вывод, что, незави-

симо от наличия и сочетания имеющихся опасностей, в каждой шахте должна присутствовать (и работать) группа систем, обеспечивающих «связь, оповещение и определение местоположения персонала». Из них по характеру формулируемых требований («Информация о текущем местоположении персонала должна выводиться в диспетчерский пункт шахты с периодом обновления не более пяти секунд. Диспетчер должен иметь возможность вызывать персонал с использованием системы определения местоположения персонала, при этом система должна оповещать диспетчера о приеме работником сигнала вызова») имеет, по нашему мнению, приоритетное значение система определения местоположения персонала, будучи «обязанной» в до-

¹ Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. М.: ЗАО «НТЦ ПБ», 2014. 200 с.

полнение к своим основным функциям выполнять функции системы аварийного оповещения – подачу сигналов вызова.

Согласно Федеральным нормам и правилам определение местоположения людей должно выполняться во всех поддерживаемых горных выработках – исключения не формулируются. При построении систем с применением беспроводных каналов связи между индивидуальными устройствами позиционирования персонала и узлами подземной инфраструктуры должны учитываться конструктивные и функциональные особенности выработок. В их числе: назначение, гипсометрия, загруженность оборудованием и металлоконструкциями и прочее. В первую очередь это характерно для выработок выемочного участка и подготовительных – мест преобладающего нахождения подземного персонала.

Задача настоящей работы состоит в оценке особенностей построения подземной инфраструктуры системы с беспроводными каналами связи в горных выработках в зависимости от их назначения.

Условия построения современной системы определения местоположения персонала

Ранее в работах [1–3] нами была представлена система многофункциональная связи, наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, «SBGPS» – показаны ее параметры и функциональность.

Сейчас следует вкратце напомнить о конструктивных и функциональных особенностях этой системы.

Система «SBGPS» (Система) отличается простотой в построении и состоит из наземной и подземной частей, как это свойственно для всех АСУ данного назначения. Основное наземное оборудование – сервер и АРМ горного диспетчера. Подземная инфраструктура связи строится с применением базовых станций (узлов связи) и узлов агрегации, конструктивно близких к базовым станциям, но с отсутствием функции беспроводной связи. Персонал оснащается индивидуальными устройствами позиционирования (ИУП) с функциями головного светильника и оповещения. Наличие встроенных в ИУП измерительных модулей метана и других газов трех видов обеспечивает проведение сканирующего газового контроля [4].

Принципиальная особенность Системы заключается в оптимальном сочетании в подземной инфраструктуре проводных каналов связи, преимущественно оптических (ВОЛС), с беспроводными (технология WiFi). Обеспечивается постоянная двухсторонняя связь каждого работника с горным диспетчером. Наблюдение за местоположением персонала на схеме шахты выполняется в режиме реального времени – обновление данных ведется с периодичностью не более пяти секунд. Местоположение персонала определяется с разрешением в ± 20 м (RSSI), а при применении специальных модулей в базовых станциях и в ИУП – до (3 ± 1) м (Precision method).

Наличие в базовых станциях встроенных аккумуляторных батарей обеспечивает работу Системы при потере сетевого питания (плановые отключения участков, аварийные случаи).

Базовые станции устойчивы к механическим воздействиям благодаря применению прочных стальных корпусных деталей (узлов).

Система работоспособна при повреждении проводных линий связи за счет автоматического перехода на беспроводные каналы связи между базовыми станциями при сохранении их связи с ИУП.

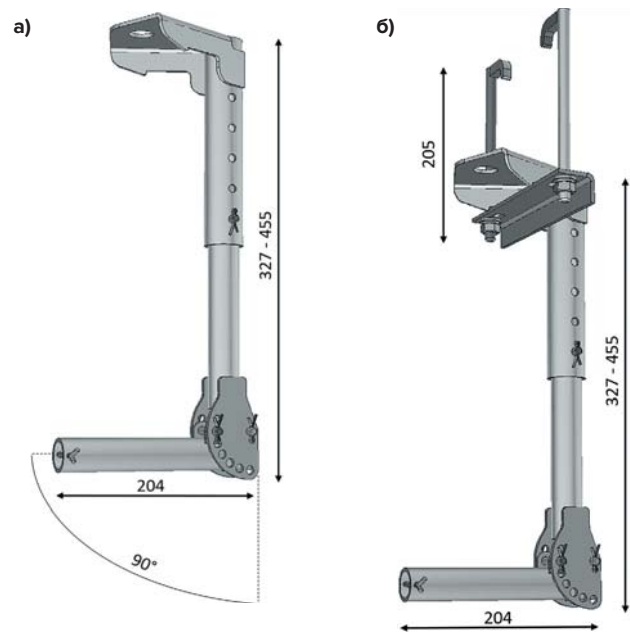


Рис. 1
Подвес универсальный для крепления базовой станции в горной выработке:
а) монтаж на анкерную крепь;
б) монтаж на арочную крепь

Fig. 1
A universal bracket for mounting the base station in the underground mine workings: a) fixing to a rock bolt; b) fixing to arch support

Для монтажа базовых станций применяется специальное устройство – подвес универсальный (рис. 1). С помощью такого устройства базовая станция может крепиться под кровлей выработки либо на ее боку – в зависимости от особенностей выработки (вид крепи, ширина и высота, наличие транспортных средств, стационарного оборудования и металлоконструкций).

Для определения мест установки базовых станций в горных выработках применяется расчетно-экспериментальный метод с использованием выпускаемого фирмой устройства переговорного SBGPS Mphone (рис. 2).

Метод реализуется путем следующих посылов и действий. Учитывается полученный опыт построения ряда систем «SBGPS», согласно которому среднее расстояние между базовыми станциями в горных выработках варьируется в диапазоне 100–250 м. Для обеспечения позиционирования повышенной точности расстояние между станциями определяется с учетом максимального удаления ИУП от ближайшей базовой станции на расстояние в 80 м. Вначале подземной инфраструктурой оснащаются капитальные выработки – вскрывающие стволы и другие выработки длительной, по мере отработки шахтного поля, эксплуатации. Первая базовая станция устанавливается в устье выработки – на входе в шахту. Условиями удаленности соседней станции являются наличие устойчивого уровня радиосигнала между базовыми станциями и связи ИУП с ними на анализируемой дистанции. Распространение радиополя оценивается по характеру затухания радиосигнала по мере удаления от приемопередающих антенн, встроенных в противоположные стенки базовых станций, иллюстрируемому графиком на рисунке 3. Эти критерии отслеживаются (выдерживаются) при определении места установки всех следующих в данной выработке базовых станций.

Затем идет продвижение инфраструктуры к выемочным участкам и подготовительным выработкам.

При установке базовых станций в последующих гор-



а) Назначение:
 беспроводная мобильная телефонная связь;
 фото- и видеосъемка в видимом диапазоне;
 фото- и видеосъемка в инфракрасном диапазоне;
 обмен информацией в шахте для решения управленческих и технических задач;
 передача на-гора фото-, видеофайлов

б) Основные характеристики:

время разговора, ч, не менее	2,5
время работы в режиме ожидания, ч, не менее	10
интерфейсы	Wi-Fi 802.11n; Bluetooth 4.0; USB
масса, кг	0,5

Срок службы - 6 лет

Рис. 2
 Устройство переговорное SBGPS Mphone:
 а) вид общий; б) технические характеристики

Fig. 2
 SBGPS Mphone intercom unit:
 а) general view; б) technical specifications

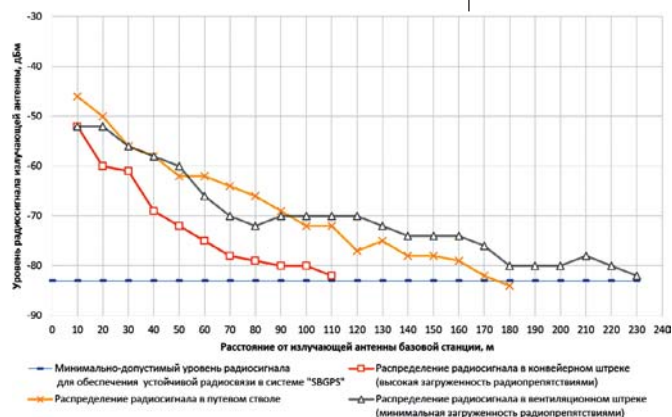


Рис. 3
 Характер распространения радиосигнала в зависимости от назначения горной выработки

Fig. 3
 Radio signal propagation patterns in the mining workings depending on their intended function

ных выработках первоначально определяется место для монтажа базовой станции в зоне радиополя ближайшей станции, смонтированной, как правило, вблизи сопряжения, в смежной (сопрягаемой) выработке с работающей инфраструктурой. Расстояние между станциями принимается с расчетом обеспечения устойчивой связи ИУП с инфраструктурой Системы. Поэтому из-за наличия на сопряжениях различных металлоконструкций наблюдается некоторое уменьшение искомой дистанции по сравнению с протяженными участками горных выработок.

Дальнейший монтаж ведется по изложенной методике.

Места установки базовых станций в капитальных выработках отмечаются на масштабной схеме шахты (3D-модель), как показано на рис. 4.

Оснащение выемочного участка инфраструктурой системы «SBGPS»

Построению подземной инфраструктуры системы «SBGPS» на выемочном участке предшествует монтаж оборудования инфраструктуры в подготовительных (тупиковых) выработках.

Оснащение тупиковой выработки инфраструктурой связи начинается с установки первой базовой станции непосредственно за проходческим комбайном, то есть на удалении в 25–30 м от забоя. Далее, по мере продвижения забоя, следующие станции монтируются после того, как расстояние от предыдущей станции до забоя достигнет величины в (150 ± 50) м, с учетом особенностей выработки. Данное условие определяется требованием обязательного



Рис. 4
 Масштабная схема шахты (фрагмент) с расстановкой базовых станций в капитальных выработках:
 1 – горные выработки;
 2 – местоположение персонала;
 3 – базовая станция подземной инфраструктуры связи

Fig. 4
 A true-to-scale mine layout (a fragment) with the locations of base stations in permanent workings:
 1 – mining workings;
 2 – personnel locations;
 3 – underground base station

наличия связи каждого ИУП с базовой станцией и, соответственно, с сервером системы. Место установки базовой станции определяется с учетом уровня радиосигнала, создаваемого предыдущим узлом связи.

Для построения инфраструктуры в вентиляционном и конвейерном штреках выемочного участка используется стационарная базовая станция – рис. 5. Места установки определяют по методике, применяемой при монтаже базовых станций в капитальных выработках. Схема выработок (конвейерный и вентиляционный штреки) участка с установленными базовыми станциями показана на рис. 6.

Установка базовых станций в лаве с механизированной крепью имеет отличия от порядка установки в штреках, оконтуривающих выемочный участок.

Применяется конструктивно иная базовая станция с меньшими габаритами и массой (рис. 7). Станция крепится к секции крепи на место установки забойного светильника. Расстояния между станциями в лаве определяются также с помощью устройства переговорного (см. рис. 2). Наличие металлоконструкций секций крепи является препятствием для прохождения радиосигнала, излучаемого антеннами станций, поэтому результирующие расстояния между узлами связи инфраструктуры получаются несколько меньшими, чем в штреках.



Рис. 5
Стационарная базовая станция SBGPS Master:
а) пример монтажа под кровлей выработки;
б) технические характеристики

б) Назначение:
построение подземной инфраструктуры связи: кабельной и/или беспроводной и реализация функций АСУТП

Беспроводная связь:

диапазон рабочих частот, МГц	от 2400 до 2483,5
дальность связи, м (определяется свойствами выработок)	от 100 до 250
скорость передачи данных, Мбит/с	до 100

Проводная связь:

длина линий: оптоволоконной, км	до 20
проводной, км	до 4
скорость передачи данных, Мбит/с	до 1000
канал связи с интерфейсом RS-485, шт.	1
выходной коммутирующий канал «сухой контакт», шт.	1

Напряжение питания (частота 50 Гц), В от 105 до 170

Масса, кг 15

Срок службы, лет 10

Fig. 5
Stationary base station SBGPS Master:
а) an example of installation under the roof of a mine;
б) technical characteristics

Монтаж подземной инфраструктуры при развитии Системы

Развитие Системы определяется происходящими изменениями в составе (схеме) горных выработок, связанными с отработкой выемочных участков и проходкой новых выработок, в том числе подготовительных для очередного выемочного участка. Вытекающие из этого сокращения (на выемочном участке) и увеличение (в подготовительных выработках) подземной инфраструктуры отражаются (изображаются) на схеме горных выработок – на мониторе АРМ горного диспетчера.

Базовые станции, ближайшие к лаве, в штреках демонтируются при сокращении расстояния между ними и очистным забоем до (20–30) м. Вместе с базовой станцией снимаются крепления и кабельные линии. Оборудование выдается из шахты; затем подвергается профилактическому обслуживанию (очистка, проверка параметров) с целью определения пригодности для дальнейшего использования.

Базовые станции, смонтированные на секциях крепи лавы, остаются в работе в течение всего времени отработки выемочного участка.

Заключение

1. Разработана и получила практическое применение в угольных шахтах оригинальная методика построения системы определения местоположения персонала и аварийного оповещения с беспроводными каналами связи.

2. Определение мест установки узлов подземной инфраструктуры связи выполняется с учетом особенностей распространения радиополя, излучаемого антеннами базовых станций, в горных выработках.

3. Наличие устойчивой радиосвязи узлов подземной инфраструктуры между собой и с индивидуальными устройствами позиционирования-оповещения является неременным условием выполнения заявленных функций системы «SBGPS».

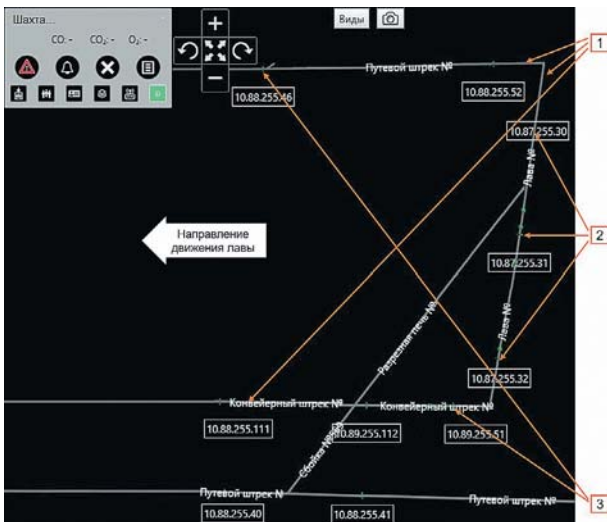


Рис. 6
Схема выработок выемочного участка (фрагмент) с установленными базовыми станциями:
1 – выработки выемочного участка;
2 – лавная базовая станция;
3 – стационарная базовая станция

Fig. 6
Mine workings scheme (fragment) with installed base stations:
1 – mine workings of the excavation area;
2 – excavation area base station;
3 – stationary base station



Рис. 7
Лавная базовая станция SBGPS Master:
а) пример монтажа на секции крепи;
б) технические характеристики

б) Назначение:
построение подземной инфраструктуры связи в очистном забое

Основные характеристики:

диапазон рабочих частот, МГц	от 2400 до 2483,5
дальность связи, м	до 150
скорость передачи данных, Мбит/с	до 50
напряжение питания (частота 50 Гц), В	от 105 до 170
продолжительность работы от блока аккумуляторного, ч	16
Масса, кг	15
Срок службы, лет	10

Fig. 7
Excavation area base station:
а) an example of installation on a support section;
б) technical characteristics

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. МФСБ – связь, оповещение и определение местоположения персонала в угольных шахтах. *Горная промышленность*. 2019;(1):37–40. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-1-143-37-40.
3. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Правила безопасности в угольных шахтах. *Горная промышленность*. 2019;(2):42–46. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-2-144-42-46.
4. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. О применении индивидуальных газоанализаторов в шахте. *Горная промышленность*. 2020;(2):99–103. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-99–103.

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. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2018-2-138-93-98.
2. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. MFSS – communication, warning and positioning of the personnel in underground coal mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019;(1):37–40. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2019-1-143-37-40.
3. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Safety rules for underground coal mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019;(2):42–46. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2019-2-144-42-46.
4. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Application of individual gas analyzers in underground mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(2):99–103. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-99–10.

Информация об авторах

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

Information about the author

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: 05.08.2020

Revised: 10.08.2020

Accepted: 14.08.2020

Информация о статье

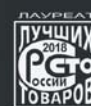
Поступила в редакцию: 05.08.2020

Поступила после рецензирования: 10.08.2020

Принята к публикации: 14.08.2020



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»[®] 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 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.

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!