

Система наблюдения и оповещения персонала угольных шахт. Состояние и перспективы развития

М. О. Жуков, А. Е. Иванов, А. В. Мацко, И. В. Меркулов, Б. В. Нарымский
*Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН,
Новосибирск, Россия*
e-mail: boris-nar@yandex.ru

Представлен опыт создания системы позиционирования персонала как одной из подсистем многофункциональной системы безопасности угольной шахты. Дан краткий обзор фирм-производителей систем позиционирования для угольных шахт. Рассмотрены системы локального позиционирования реального времени для применения на опасных объектах.

Ключевые слова: многофункциональная система безопасности, системы локального позиционирования реального времени.

Введение

Вопросы безопасности на угольных шахтах в связи с авариями, связанными с человеческими жертвами, чрезвычайно актуальны. Поэтому требования к системам безопасности угольных шахт возрастают с увеличением технических возможностей систем, что отражается в изменениях, которые вносятся в нормативные документы.

Система наблюдения и оповещения персонала является подсистемой Многофункциональной системы безопасности (МСБ) для угольных шахт.

Согласно Приказу Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 декабря 2010 г. № 1158 г. Москва “О внесении изменений в Правила безопасности в угольных шахтах” шахта должна быть оборудована комплексом систем и средств, обеспечивающих решение задач организации и осуществления безопасного производства и информационной поддержки контроля и управления технологическими и производственными процессами в нормальных и аварийных условиях — многофункциональной системой безопасности.

Таким образом, основные системы, отвечающие за безопасность персонала в угольных шахтах, объединены в единую систему, и такой системой должна быть оборудована каждая шахта.

Многофункциональная система безопасности в угольных шахтах обеспечивает решение следующих задач:

- аэрологическую защиту;
- контроль состояния горного массива;
- противопожарную защиту;
- связь, оповещение и определение местоположения персонала.

Решение каждой из этих задач, в свою очередь, обеспечивается несколькими подсистемами. Работоспособность систем наблюдения и оповещения при прекращении подачи

электроэнергии от основных источников должна поддерживаться не менее 16 ч. Сигнал аварийного оповещения автоматически дублируется в горноспасательную службу, обслуживающую шахту.

На рис. 1 приведена структурная схема МСБ.

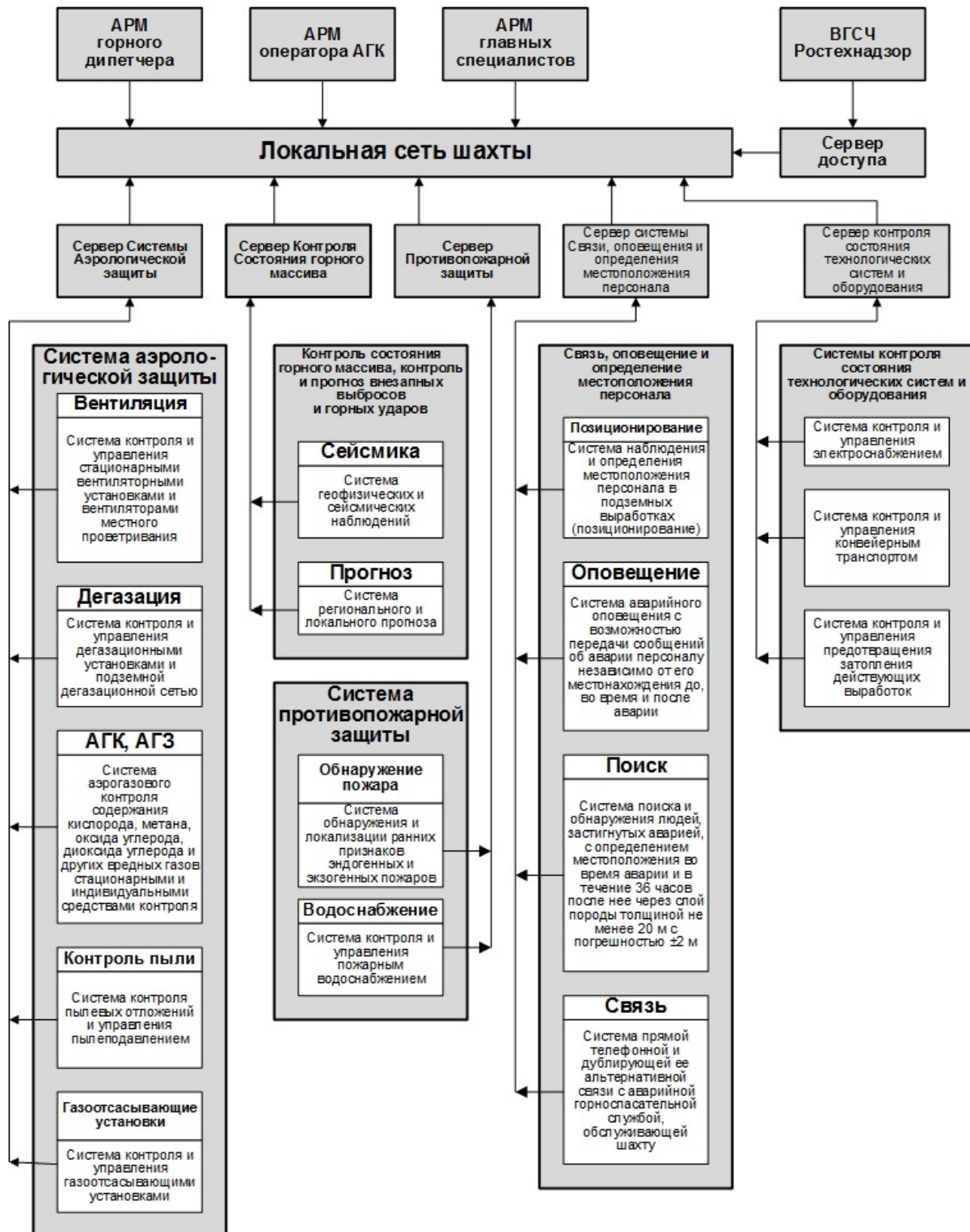


Рис. 1. Структурная схема МСБ

1. Фирмы-производители оборудования для позиционирования шахтеров

Системы позиционирования горных рабочих выпускаются многими фирмами. В табл. 1 приведены основные системы позиционирования, которые используются на шахтах Кузбасса. Большинство систем для контроля положения персонала основано на применении RFID меток. При этом используется “Метод ближайшей ячейки” и фиксируется только событие появления персонала в зоне считывателя на расстоянии 10–30 м. Для более точного определения положения персонала в шахте используются технологии WiFi (“Гранч”), NanoLOC (“Ингортех”). Точность позиционирования в таких системах достигает 5–20 м. Все эти системы относятся к системам локального позиционирования реального времени (RTLS — Real Time Location System). Такие системы интенсивно развиваются как для повышения безопасности в угольных шахтах, так и для других применений.

2. Система наблюдения и оповещения персонала — подсистема МСБ

Система оповещения и позиционирования персонала шахты разработана в КТИ ВТ СО РАН и в настоящее время находится в промышленной эксплуатации.

Система наблюдения и оповещения персонала (СНиОП) предназначена для: непрерывного локального позиционирования персонала в условиях шахты и оповещения персонала в аварийных ситуациях.

Т а б л и ц а 1. Основные системы позиционирования, использующиеся на шахтах Кузбасса

Фирма	Система	Технология
“Ингортех”	Система позиционирования горнорабочих и транспорта СПГТ-41	NanoLOC
Компания “Информационная индустрия”	Системы подземной связи, видеонаблюдения и автоматизации ТАЛНАХ	RFID метки. Излучающий кабель
Mine Radio Systems Inc.	Flexcom — система подземной радиосвязи и передачи данных с функциями общешахтного аварийного оповещения и контроля местоположения персонала. Система позиционирования INsite	RFID метки
Devis Derby	MineWatch Система множественной радиочастотной идентификации персонала и транспортных средств, слежения и управления	RFID метки
“Гранч”	Многофункциональная система безопасности Granch SBGPS — система наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией	WiFi
КТИ ВТ СО РАН	Система наблюдения и оповещения персонала	Радиосигнал 868 МГц, RSSI

При создании системы СНиОП основным требованием было уменьшение стоимости оборудования при сохранении приемлемой точности позиционирования. Получена точность позиционирования менее 20 м. На момент внедрения СНиОП эти характеристики соответствовали характеристикам более дорогих систем, работающих на шахтах.

Рабочая частота приёмопередатчика выбрана в диапазоне 868 МГц. Выбор частоты обусловлен тем, что при более высокой частоте увеличивается интенсивность затухания радиосигнала, а при более низкой увеличиваются габариты антенны [1].

Система построена по трёхуровневому иерархическому принципу и имеет в своём составе:

- верхний уровень — управление, хранение, обработка и представление данных;
- нижний уровень — сбор данных;
- локальный уровень — источники данных.

В состав подсистемы входит оборудование *верхнего уровня*: центральный сервер, преобразователь интерфейса USB в RS-485, АРМ диспетчера, АРМ ламповой, АРМ электромеханика. К *нижнему уровню* относятся контроллеры связи RS-485, источники бесперебойного питания шахты. *Локальный уровень* — радиометки, встраиваемые в индивидуальные светильники.

Все контроллеры системы объединены локальной информационной сетью, работающей по интерфейсу RS-485 или по радиоканалу при скорости передачи данных до 115 кбит/с, и имеют свой уникальный логический адрес.

В зоне радиовидимости контроллер производит опрос по радиоканалу зарегистрированных радиометок, расположенных в носимых шахтных аккумуляторных светильниках, и передачу информации о месте положения шахтеров на верхний уровень по линии RS-485.

Программное обеспечение системы включает два независимых программных компонента: это программное обеспечение интерфейса оператора и программное обеспечение базы данных [2].

Система позволяет хранить информацию и использовать её в последующем при разработке комплексных общешахтных мероприятий по технике безопасности.

3. Системы локального позиционирования реального времени

После широкого внедрения систем глобального позиционирования (GPS) в последнее время в мире проявляется большой интерес к системам локального позиционирования. Это связано с тем, что системы GPS обеспечивают точное позиционирование лишь на открытых пространствах. В условиях плотной городской застройки их точность понижается. В закрытых помещениях ввиду того, что сигнал со спутника в них не проникает, в ряде случаев они вообще не работают.

Системы локального позиционирования реального времени интенсивно развиваются для применения на опасных объектах, при спасательных операциях, в медицинских учреждениях, для решения задач логистики, маркетинга и т. д.

Компании Nokia, Samsung, Sony Mobile и др. объявили о создании альянса In-location Alliance для продвижения навигации внутри зданий (indoor positioning). Альянс включает 22 компании, которые будут работать над созданием тестового решения для навигации внутри зданий. Прорабатываемое решение будет основано на расширенной технологии Bluetooth 4.0 с низким энергопотреблением и стандартах WiFi.

Т а б л и ц а 2. Сравнительные характеристики технологий позиционирования

Метод позиционирования	Технология	Точность, м	Дистанция, м	Стоимость
Пассивные RFID	RFID	—	Менее 1	Низкая
Активные RFID	RFID	1–3	20–100	Средняя
Сотовая связь	GPRS, Edge, 3G, 4G	100–500	—	Низкая
WiFi	RF	3–5	50–100	Средняя
ZigBee	RF	10–20	100–1000	Низкая
NanoLOC	RF	1–3	50–100	Средняя
NFER	RF	0.5	20–30	Низкая
UWB	RF	0.1	10	Высокая
РТЛС (ISO 24730-5)	RF	1	30	Средняя
Инфракрасное сканирование	—	0.1	3–10	Высокая
Ультразвуковое сканирование	—	0.1	3–10	Высокая
Акселерометр, гироскоп, компас	MEMS	—	—	Средняя

В ближайшее время планируется появление международных стандартов для RTLS и широкого использования этих технологий в сотовых телефонах, смартфонах, планшетных компьютерах и других мобильных устройствах. С появлением таких стандартов точность и функциональность RTLS будут увеличиваться. Это будет способствовать стандартизации систем RTLS и для подземных применений.

Для построения систем локального позиционирования используются различные технологии или их комбинации: радиочастотные технологии, технологии локального позиционирования (инфракрасные и ультразвуковые), радиочастотные метки — RFID и другие технологии. Сравнительные характеристики рассмотренных технологий позиционирования приведены в табл. 2 [3].

4. Методы определения расстояния в RTLS

Одним из основных параметров при построении систем локального позиционирования является точность определения положения. Методы определения положения в беспроводной локальной сети можно классифицировать по параметрам сигналов, используемых для определения мобильного устройства в зоне действия локальной сети. Основные методы определения расстояния в системах локального позиционирования приведены в табл. 3.

Для определения расстояния в угольных шахтах до недавнего времени в основном использовался параметр мощности принимаемого радиосигнала (RSSI — Received Signal Strength Indication). Для более точного определения расстояния в современных системах используется метод определения времени распространения сигнала (TOA — Time of Arrival). Для повышения точности целесообразно комбинировать несколько способов.

Повышение точности позиционирования для обеспечения безопасности персонала шахты требуется при фиксации его местоположения на момент начала аварии, ограничении зоны доступа, предупреждении персонала о приближающемся транспорте, предупреждении водителя о наличии персонала на пути транспортного средства, автоматической остановке конвейера, при перевозке людей на конвейере и т. д.

Т а б л и ц а 3. Основные методы определения расстояния в системах локального позиционирования

Метод	Описание
Cell of Origin (CoO)	Метод ближайшей ячейки
Angle of Arrival (AOA)	Метод ангуляции. Измерение угла между источником и приёмниками сигнала с известными координатами
Time of Arrival (TOA)	Метод измерения времени прибытия сигнала. Измерение времени прохождения сигнала между источником и приёмником сигнала
Time Difference (TDoA) of Arrival	Метод измерения разницы времён прибытия сигнала к нескольким точкам доступа. Вычисление разницы времени прохождения сигнала от источника к нескольким приёмникам
Received Signal Strength Indication (RSSI)	Метод измерения мощности принятого сигнала
Chirp Spread Spectrum (CSS)	Использование коротких ЛЧМ-импульсов [4] (ЛЧМ — линейно-частотная модуляция)
Symmetrical Double-Sided Two Way Ranging (SDS-TWR)	Симметричное двухстороннее двунаправленное измерение расстояния

Задача повышения точности позиционирования требует использования современных методов определения расстояния и внедрения современных стандартов для повышения уровня безопасности в угольных шахтах.

В настоящее время системы позиционирования шахтеров развиваются в направлениях более тесного взаимодействия с другими подсистемами МСБ, повышения точности позиционирования, стандартизации протоколов связи, используемых в RTLS.

Список литературы

- [1] Жуков М.О., Иванов А.Е., Меркулов И.В., Нарымский Б.В. Использование сетей стандарта IEEE 802.15.4/ZigBee в системах шахтной автоматики // Пробл. информатики. 2009. № 3. С. 42–46.
- [2] Благодарный А.И., Гусев О.З., Журавлев С.С и др. Автоматизированная система наблюдения, оповещения и поиска персонала при авариях в шахтах // Горная промышленность. 2009. № 1. С. 34–38.
- [3] ТЕХНОЛОГИИ позиционирования в реальном времени.
<http://www.rtlsnet.ru/technology/view/44>
- [4] CSS (ISO 24730-5) Измерение расстояний без рулетки и проводов.
<http://habrahabr.ru/post/153237/>

Поступила в редакцию 29 ноября 2013 г.