

УДК 614.83

МФСБ В УГОЛЬНОЙ ШАХТЕ – ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ И ОПОВЕЩЕНИЕ ПЕРСОНАЛА

MFSS IN A COAL MINE - POSITIONING AND ALERT OF STAFF

А. Ю. Грачев - генеральный директор ООО НПФ «Гранч», действительный член АГН

А. В. Новиков - канд. техн. наук, директор по внедрению ООО НПФ «Гранч»

К. В. Паневников - начальник отдела анализа и внедрения ООО НПФ «Гранч»

Д. Б. Терехов - руководитель группы анализа и внедрения ООО НПФ «Гранч»

A. Yu. Grachev - CEO ООО NPF "Granch", member of AGN

A.V. Novikov - Cand. of Technical Sciences, director of the implementation of ООО NPF "Granch"

K. V. Panevnikov - Head of Department of analysis and implementation of ООО NPF "Granch"

D. B. Terekhov - Head of the analysis and implementation group of ООО NPF "Granch"

В параграф 41 "Правил безопасности в угольных шахтах" Приказом № 1158 от 20.12.2010 г. Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору внесены следующие требования: 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 (МФСБ). В статье рассмотрен один из аспектов МФСБ, касающийся связи в шахте, наблюдения и определения местоположения персонала в подземных выработках (позиционирование), аварийного оповещения с возможностью передачи сообщений об аварии персоналу независимо от его местонахождения до, во время и после аварии, поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией. Приведен пример реализации подобной системы.

In paragraph 41, "Safety rules in coal mines" Order № 1158 from 20.12.2010, the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision includes the following requirements: the mine must be equipped with complex systems and means of ensuring the tasks of the organization and implementation of safe production and information support for control and management of technological and production processes in normal and emergency conditions - the multifunctional safety system (MFSS). The article describes an aspect of MFSS regarding communication in the mine, monitoring and locating personnel in underground workings (positioning), accident messages alerting capable of transmitting to personnel regardless of their location prior to, during and after the accident, the search and the detection of people caught up by accident. Given example of implementation of a similar system.

Ключевые слова: МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ, МЕТАН, УГОЛЬНАЯ ПЫЛЬ, ВЗРЫВЫ В ШАХТАХ, ПОДЗЕМНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛА

Key words: MULTI SAFETY SYSTEM, METHANE, COAL DUST, MINE EXPLOSION, UNDERGROUND PERSONNEL POSITIONING

В последнее время в угольной отрасли наблюдается повсеместное усовершенствование процессов угледобычи в связи с «приходом» в шахту современной высокопроизводительной техники. Отмечаемые при этом возросшие нагрузки на угольный пласт и горный массив в целом требуют особых действий по обеспечению промышленной безопасности. Отчасти с этой целью в новой редакции Правил безопасности в угольных шахтах (ПБ) сфор-

мулировано требование по объединению систем и средств, обеспечивающих организацию и осуществление безопасности ведения горных работ, контроль и управление технологическими и производственными процессами в нормальных и аварийных условиях, в многофункциональную систему безопасности (МФСБ) [1].

При безусловной важности всех систем, составляющих МФСБ, целесообразно подробнее рассмотреть группу систем, обеспечивающих «связь, оповещение и



А. Ю. Грачев
info@granch.ru



А. В. Новиков
novikov@granch.ru



К. В. Паневников
panevnikov@granch.ru



Д. Б. Терехов
terekhov@granch.ru

определение местоположения персонала».

Как показывает анализ, к настоящему времени определилось два основных подхода к выполнению данного требования:

- создание самостоятельных систем для выполнения каждой отдельной функции, то есть для наблюдения за местонахождением людей в горных выработках (позиционирование), для аварийного оповещения подземного персонала и для поиска людей, застигнутых аварией;
- создание системы, решающей задачи по всем трем основным функциям (наблюдение, оповещение, поиск).

Вне сомнений, выбор того или иного варианта для конкретной шахты обуславливается как горно-геологическими и горнотехническими условиями такой шахты, так и соображениями финансового характера.

Помимо описанных отличий, системы рассматриваемой части МФСБ при схожести декларируемого назначения существенно различаются по техническим параметрам — по причине отсутствия в ПБ конкретных требований. С учетом функциональности и параметров реально

системы позиционирования подразделяются на собственно системы определения местоположения персонала в горных выработках шахты и системы контроля доступа в горные выработки. В первом случае наблюдение за координатами местонахождения каждого человека в горных выработках ведется в режиме реального времени [2] – обновление отображаемых координат местонахождения персонала (разрешение ± 20 м согласно [3]) происходит с периодичностью не более 1–5 секунд.

В противоположность этому в системах контроля доступа не оцениваются координаты местонахождения людей в горных выработках. Участки в шахте, где могут находиться люди, определяются по мере того, как тот или иной человек пересекает контрольные точки (счетыватели), установленные в определенных местах (вход/выход, сопряжения) горных выработок. Разумеется, при такой методике говорить о режиме реального времени не приходится – люди, в ряде случаев, могут находиться в течение рабочей смены между счетывателями, удаленными друг от друга на расстояния до километра и

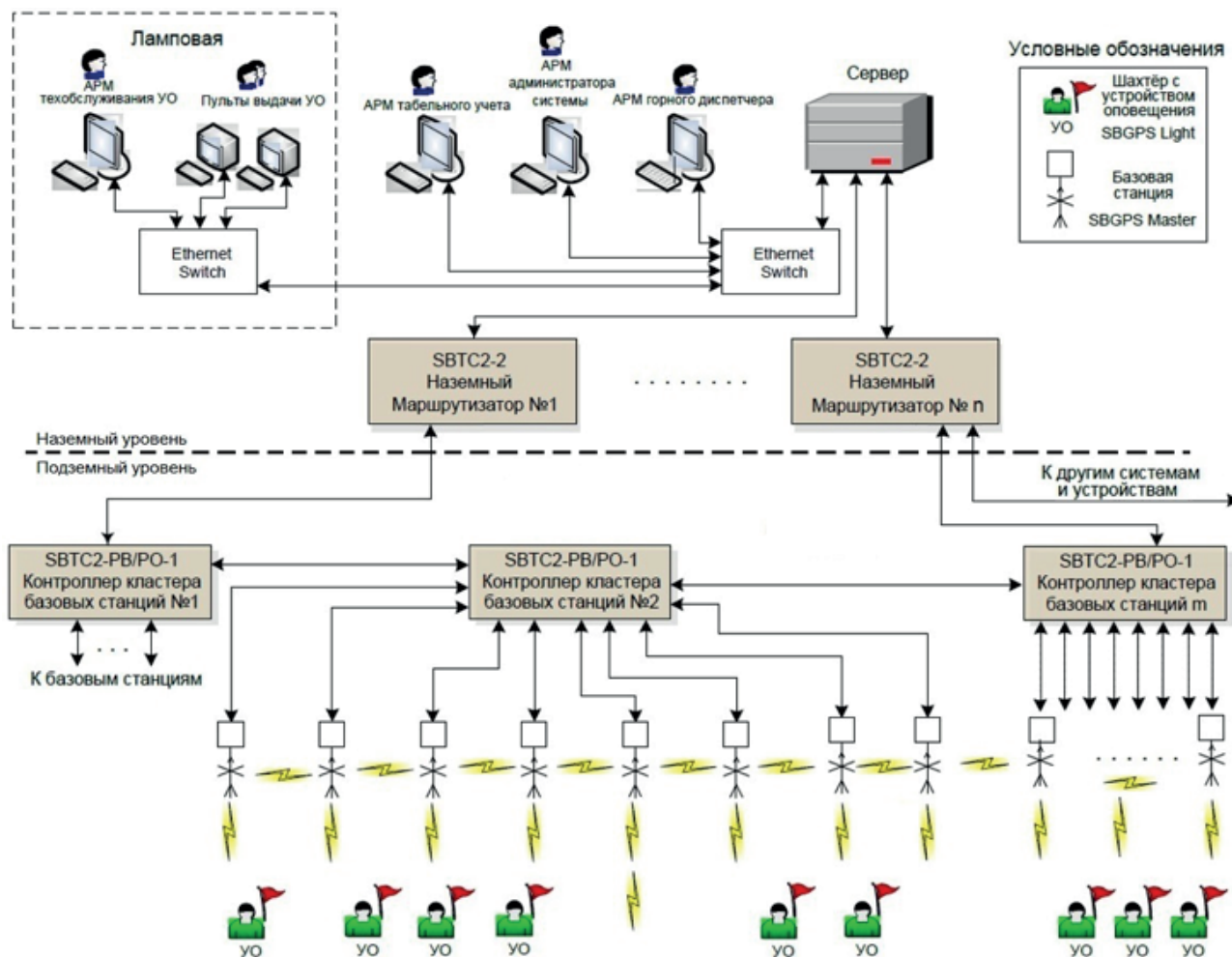


Рисунок 1 – Структурная схема Системы

более.

С методикой определения координат местонахождения людей в шахте непосредственно увязана и технология подачи (отправки) работникам сигнала (команды) об аварии – аварийное оповещение персонала. Причем здесь очень важно обеспечить гарантированность доставки сообщения, которая может считаться реализованной только в случае, если на пульт диспетчера уйдет подтверждение с индивидуального устройства о получении сигнала об аварии.

Такое подтверждение может поступить как от человека непосредственно, так и в автоматическом режиме, то есть без участия человека. Считается, что первый вариант предпочтительнее – диспетчеру понятно, что команда дошла до работника и им осознана.

Цель настоящей статьи – показать на конкретном примере порядок реализации изложенных выше положений.

В качестве примера рассматривается си-

стема наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, «SBGPS» (Система) (разработчик – НПФ «Гранч», г. Новосибирск).

Назначение Системы

Система предназначена для обеспечения безопасности при производстве горных работ в угольных шахтах, что достигается за счет непрерывного наблюдения за местонахождением людей в шахте, применения эффективной радиосвязи и обеспечения своевременного оповещения о предаварийной и аварийной ситуациях.

Принцип действия и состав Системы

Система укрупненно состоит из наземной и подземной частей, а также из индивидуальных устройств оповещения с функцией головного светильника. К наземной части в минимальной комплектации относятся сервер, автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора Системы, пульт выдачи и зарядные станции для

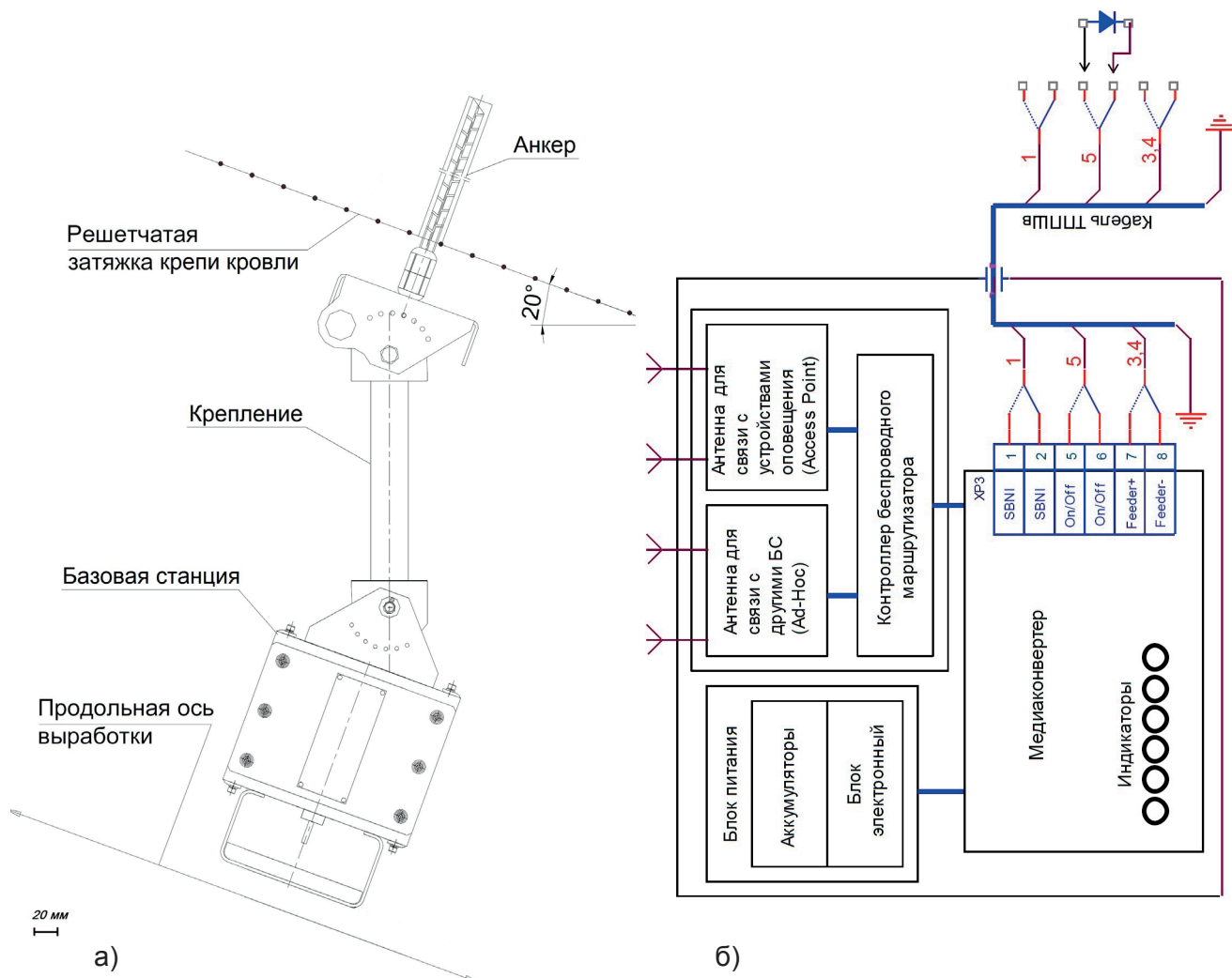
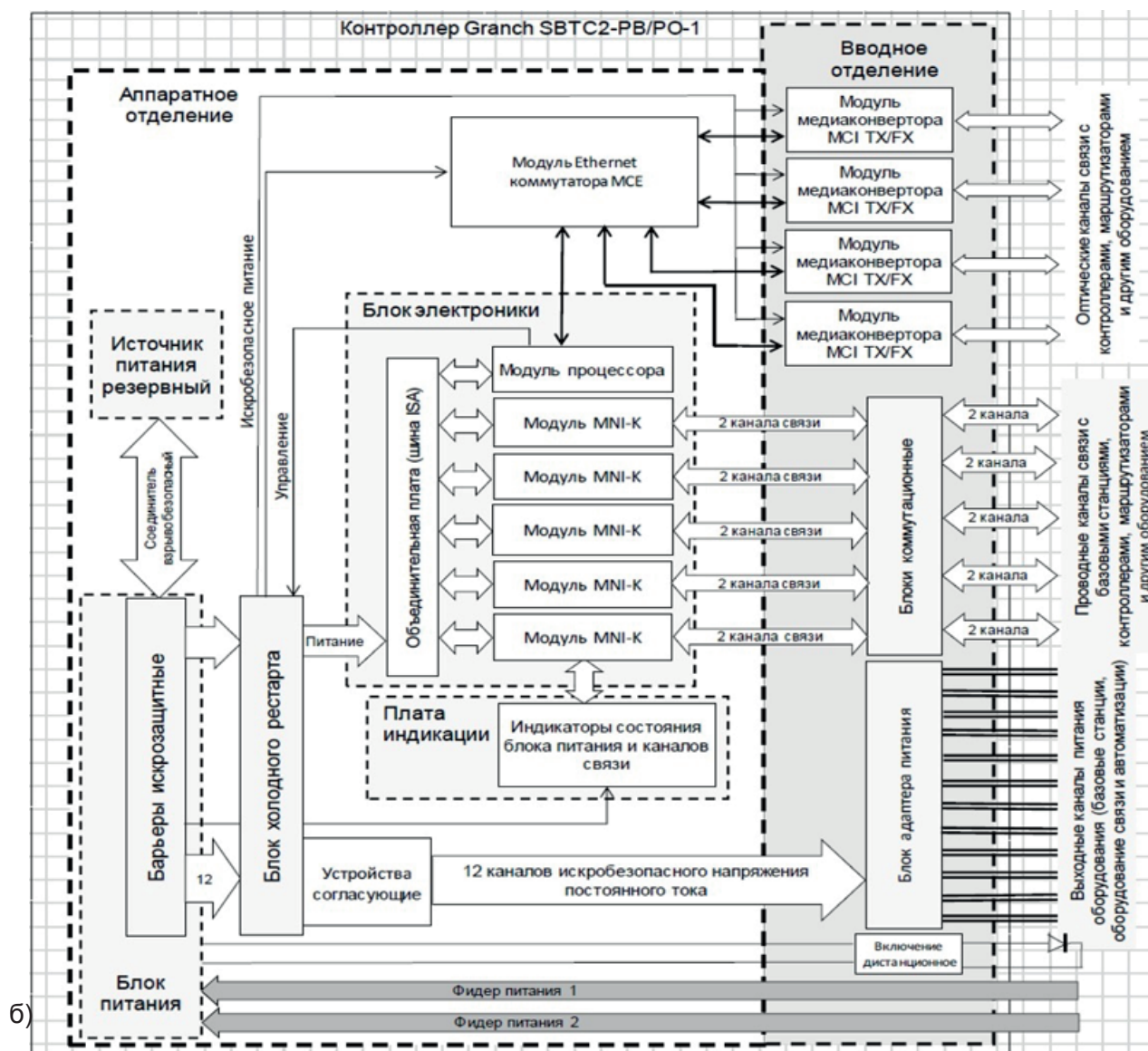


Рисунок 2 – Базовая станция Системы: а) вид общий; б) структурная схема и схема подключения базовой станции



а)



б)

Рисунок 3 – Контроллер кластера базовых станций: а) вид общий; б) структурная схема

устройств оповещения, а также наземный маршрутизатор. К подземной части относятся базовые станции, контроллеры кластера базовых станций (контроллер) и устройства оповещения (рис. 1).

Базовые станции (рис. 2) устанавливаются в горных выработках под кровлей на расстояниях 200 м друг от друга.

Группа базовых станций (до 8 штук) объединяется в кластер через контроллер (рис. 3) по проводным линиям. В кластере в дополнение к физическим линиям связь организована по радиоканалу (технология Wi-Fi) – между базовыми станциями и базовых станций с устройствами оповещения (в прямом и обратном направлениях). Контроллеры (рис. 3) связываются друг с другом и затем с сервером, находящимся на земной поверхности, по медным проводным каналам связи (технология SBNI) либо по оптоволоконным каналам связи – в зависимости от объемов передаваемой информации. В случае повреждения проводной связи между соседними контроллерами реализуется беспроводная связь между ближайшими базовыми станциями соседних кластеров.

Отличительной особенностью инфраструктуры Системы является технология Mesh-Net (ячеистая топология сети), учитывающая непрерывные подключения и изменения конфигурации сети при возникновении проблем (неисправный узел или заблокированный путь), выбирая оптимальный путь (переключаясь от узла до узла, пока не будет достигнут адрес назначения). При пропадании сигнала по проводной линии связи базовая станция автоматически включает режим Ad-Hoc (децентрализованная беспроводная сеть, образованная случайными абонентами) и связывается с ближайшей базовой станцией по беспроводному каналу.

Резервирование каналов связи обеспечивается для магистральных каналов наличием резервных (обходных) маршрутов, для связи внутри кластера – наличием проводного и беспроводного каналов связи до каждой базовой станции.

Питание базовых станций (особо взрывобезопасное электрооборудование с маркировкой PO Ex s ia I Ma) осуществляется искробезопасным напряжением от контроллеров «своего» кластера с учетом удаления на расстояния до 2,5 км. Базовые станции и контроллеры оснащены резервными аккумуляторами, что обеспечивает автономную работу Системы в течение 16 часов, не менее.

Контроллер питается от электросети пере-

менного тока с частотой 50 Гц и напряжением 127 В. Уровни взрывозащиты контроллера при питании от сети переменного тока – взрывобезопасное электрооборудование с маркировкой PB Exd[ia] I, при снятии напряжения питания от сети переменного тока и переходе на питание от внутреннего источника – особо взрывобезопасное электрооборудование с маркировкой PO Exs[ia] ia I.

Функции Системы

Основные функции Системы:

- определение местоположения персонала в горных выработках шахты;
- аварийное оповещение на основе оперативной и аварийной подземной связи;
- поиск и обнаружение людей, застигнутых аварий.

Определение местоположения персонала в горных выработках шахты

Перед спуском в шахту работнику в ламповой, расположенной в административно-бытовом комбинате шахты, выдается устройство оповещения (рис. 4), которое при помощи пульта выдачи закрепляется за ним до момента выхода из шахты и сдачи в ламповую.

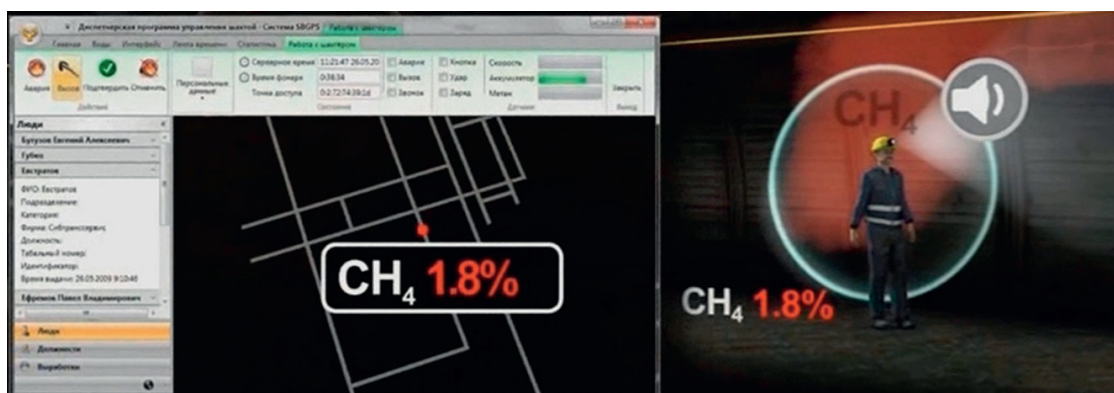
После включения устройство оповещения связывается с базовыми станциями и непрерывно измеряет напряженность радиополя, создаваемого базовыми станциями Системы в выработках шахты. Формируемая информация периодически передается на сервер по цепи устройств: ближайшая базовая станция, контроллер данного кластера и далее - последовательность контроллеров с выходом на сервер. Сервер Системы рассчитывает координаты людей, находящихся в горных выработках с разрешением ± 20 м. Координаты местоположения конкретного человека рассчитываются по методу RSSI (Received Signal Strength Indication) – вычисляется уровень мощности принимаемого радиосигнала ближайшими к устройству оповещения базовыми станциями. Данные о местонахождении людей отображаются на 3D-модели шахты.

Вся информация, полученная от устройств оповещения и базовых станций, заносится в базу данных (БД) сервера и после обработки программным обеспечением Системы в доступной форме отображается на экране АРМ оператора Системы, которым, как правило, является горный диспетчер.

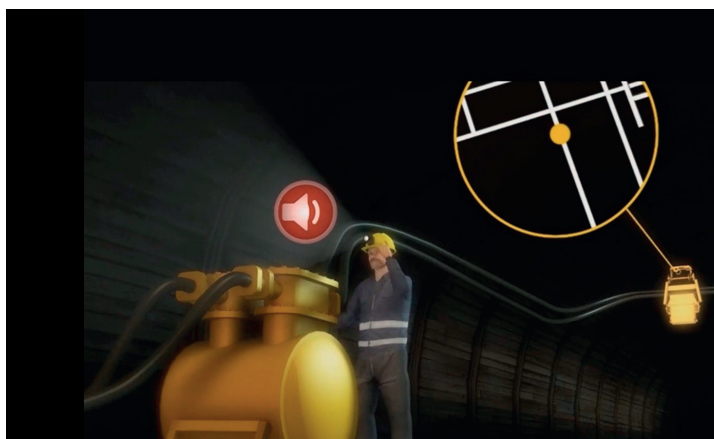
Кроме получения непрерывных данных о местонахождении людей, диспетчер видит в ре-



а)



б)



в)

Рисунок 4 – Устройство оповещения: а) вид общий; б) сигнализация о превышении концентрации метана; в) автоматическое подтверждение на пульт диспетчера о доставке сообщения адресату

жиме реального времени следующую информацию:

- фамилия, имя, отчество каждого человека, должность, подразделение;
- состояние устройства оповещения (уровень заряда АКБ, наличие связи с сервером);
- концентрация метана, измеряемая встроенным в фару устройства оповещения датчиком метана;
- состояние человека (подвижен или неподвижен).

Система записывает историю всех событий в журнал – при необходимости можно воспроизвести местоположение любого человека в интересующий момент времени в течение календарного месяца.

Время хранения в БД Системы информации, полученной от всех устройств оповещения, – не менее одного месяца.

При необходимости время хранения может быть увеличено путем добавления накопителей с соответствующей ёмкостью.

Оповещение персонала

Функция оповещения в Системе реализуется с использованием подземной инфраструктуры и индивидуальных устройств оповещения, находящихся непрерывно на связи в сети Системы.

С этой целью устройство оповещения снабжено мощным динамиком, звук которого слышен в горных выработках даже вблизи работающего оборудования.

Отличительные особенности функции оповещения Системы:

- оповещение происходит при помощи голосовых команд;
- существует автоматическое подтверждение о доставке сообщения адресату с устройства оповещения на пульт диспетчера;
- имеется обратная связь: шахтер отправляет сигнал, что оповещение получено.

Сигнал оповещения может быть адресован как индивидуально любому работнику, так и группе работников, выбранной по определенным критериям (например, всем, находящимся в данной выработке), или всем шахтерам, находящимся в шахте. Сигнал оповещения может подаваться в следующих случаях:

- при возникновении аварийной ситуации (текст сообщения может варьироваться в зависимости от ситуации);
- необходимости покинуть шахту;
- необходимости связаться с диспетче-

ром;

- наличии в зоне нахождения людей опасной газовой обстановки.

В целом устройство оповещения воспроизводит до 500 различных голосовых фраз.

Поиск людей, застигнутых аварией

Поиск людей, застигнутых аварией, осуществляется в два этапа, которые обеспечиваются заложенными в Систему возможностями.

Первый этап – определение координат местонахождения человека и его состояния (подвижен/неподвижен) на время начала спасательных работ. Система «помнит» последние зафиксированные координаты человека с разрешением ± 20 м и сообщает их команде горноспасателей.

Второй этап – поиск человека посредством акустической поисковой системы с учетом прогноза его местоположения. При аварийной ситуации устройство оповещения без дополнительных действий владельца переходит в режим поиска и посылает в окружающее пространство периодические мощные акустические и световые сигналы, указывающие на местонахождение человека.

Развитие функциональности

Кроме основных функций Система располагает возможностями развития функциональности.

Функции, реализуемые в Системе без применения дополнительного оборудования:

- контроль доступа в опасные помещения;
- отправка работником запроса о помощи диспетчеру;
- оповещение персонала при нахождении вблизи запускаемого оборудования (например, конвейера);
- предотвращение передвижения на ленточном конвейере;
- акустический сигнал, автоматически включающийся при пропадании связи с базовой станцией;
- контроль за передвижением и местонахождением внутришахтного автономного транспорта (монорельсовый, напочвенный);
- голосовое меню и подсказки по направлению движения согласно плану ликвидации аварии.

Дополнительные функции, реализуемые за счет нового оборудования:

- а) устройство переговорное (мобильный радиотелефон) (рис. 5):



Рисунок 5 – Устройство переговорное: а) вид общий; б) мобильная связь между устройствами переговорными и с АРМ (пульт) диспетчера

- беспроводная связь между абонентами в шахте и абонентов из шахты с горным диспетчером;
- передача фотографий и видеоданных на сервер (АРМ горного диспетчера, АРМ пользователей).

С применением мобильных радиотелефонов реализуется оперативная и аварийная связь в дополнение к функциям, выполняемым с помощью устройства оповещения.

б) блок сопряжения данных:

- передача параметров работы комбайнов и самоходного транспорта на сервер.

Выводы

Система в соответствии с назначением отвечает требованиям промышленной безопасности и по своим функциональности и техническим характеристикам не имеет аналогов в мире.

С внедрением Системы существенным образом повышается безопасность работ. Наличие информации о местонахождении людей в любой точке подземного пространства и в любой момент времени приводит к значительному по-

вышению дисциплины труда – обеспечивается эффективный контроль за движением шахтеров по установленным маршрутам и нахождением на рабочих местах.

На шахтах появляется реальная возможность формировать полноценный управленческий центр, который, несмотря на значительную удаленность от рабочих участков, всегда получает в режиме реального времени полную информацию о важнейших событиях, происходящих в подземном пространстве шахты. Это позволяет принимать управляющие решения максимально объективно, а не на основе отчетов, которые формируются конкретными людьми и, в связи с этим, всегда «не вполне объективны» и имеют задержку по времени.

Спектр вопросов, которые решает Система, не является чем-то особенным для конкретной шахты. Все это – универсальные проблемы обеспечения безопасности и управления производственным процессом. Люди, работающие на всех предприятиях угольной промышленности, имеют одинаковое право на обеспечение максимальной безопасности труда на своем рабочем месте!

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». – Серия 05.– Выпуск 40. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 200 с.
2. ГОСТ 15971-90 «Системы обработки информации. Термины и определения». – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990.
3. ГОСТ Р 55154-2012 «Оборудование горно-шахтное. Системы безопасности угольных шахт многофункциональные. Общие технические требования»: Введ. 22.11.2012. – М.: Стандартиформ, 2013.

REFERENCES

1. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti v ugot'nyh shahtah» [Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Safety rules in coal mines"]. (2014). Moscow: ZAO «Nauchno-tehnicheskij centr issledovanij problem promyshlennoj bezopasnosti» [In Russian].
2. Sistemy obrabotki informacii. Terminy i opredelenija [Information processing systems. Terms and Definitions]. (1990). HOST 15971-90. Moscow: Gosudarstvennyj komitet SSSR po upravleniju kachestvom produkcii i standartam [In Russian].
3. Oborudovanie gorno-shahtnoe. Sistemy bezopasnosti ugot'nyh shaht mnogofunkcional'nye. Obshhie tehnicheckie trebovanija [Mining equipment. Security systems collieries multifunctional. General specifications] (2013). HOST R 55154-2012 from 22th November 2012. Moscow: Standartinform [In Russian].