

Применение систем радиосвязи для оперативного управления горнотранспортными комплексами в карьерах

Клебанова И.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993,
Россия*

e-mail: ira.klebanova@gmail.com

Аннотация

В статье дается описание функциональных возможностей автоматизированных систем управления горнотранспортными комплексами (АСУ ГТК) и приводятся основные требования к выбору беспроводных систем радиосвязи для обеспечения их эффективного функционирования в условиях горнодобывающего предприятий. На примере реализованных на практике проектов построения беспроводных сетей радиосвязи выявляются основные преимущества и недостатки современных систем широкополосной радиосвязи и оптимальные структура и состав беспроводной сети для надежной работы АСУ ГТК при добыче полезных ископаемых открытым способом.

Ключевые слова: системы широкополосной радиосвязи, мобильные объекты, ГЛОНАСС/GPS, автоматизированные системы управления, горнотранспортный комплекс, автоматизированные системы управления горнотранспортными

комплексами, диспетчерский центр, точка доступа, MESH, карьер, открытые горные работы.

Автоматизированные системы управления горнотранспортными комплексами (АСУ ГТК), основанные на технологии спутниковой навигации, в последние 10-15 лет стали широко применяться при добыче полезных ископаемых открытым способом[1]. АСУ ГТК представляют собой класс систем, предназначенных для автоматизации управления горным оборудованием (экскаваторами, самосвалами, бульдозерами, грейдерами, погрузчиками и др.) и горными работами в карьерах с целью повышения производительности и безопасности горных работ, контроля качества использования техники, снижения эксплуатационных издержек и себестоимости добычи полезных ископаемых. В общем случае АСУ ГТК состоят из следующих основных частей (рис. 1):

- программное обеспечение диспетчерского центра (ДЦ);
- специализированное бортовое оборудование и программное обеспечение;
- системы спутниковой навигации;
- системы передачи данных.

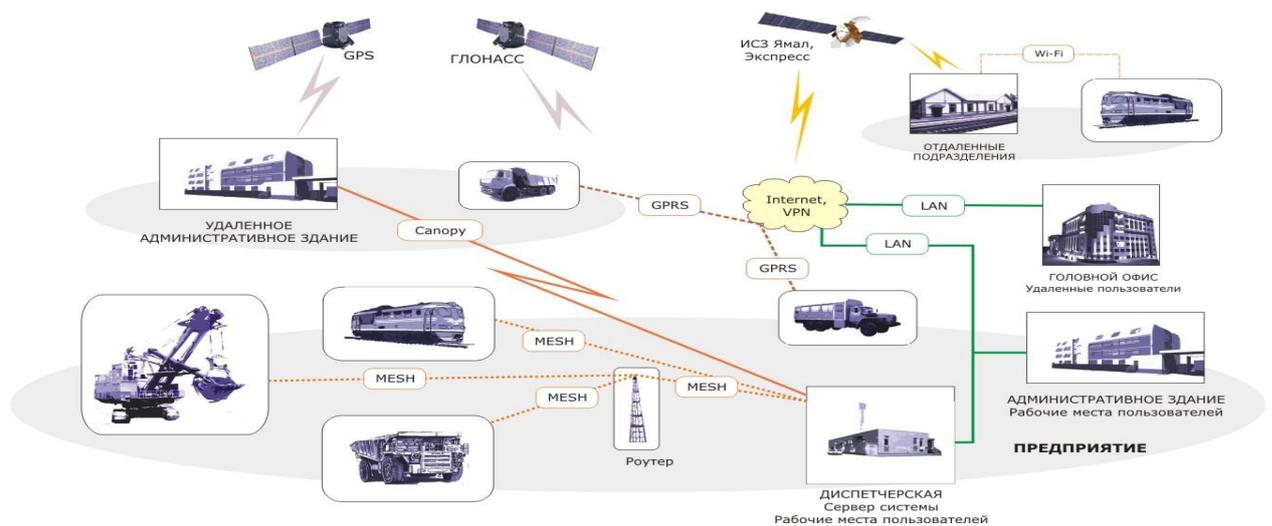


Рис. 1. Схема построения АСУ ГТК

Серверное оборудование и программное обеспечение диспетчерского центра составляют систему централизованного диспетчерского управления, которая решает комплекс задач оперативного контроля и планирования, обеспечивая управляющий персонал карьера всеми необходимыми для принятия решений информационно-справочными формами.

Бортовые программно-аппаратные комплексы, установленные в кабинах карьерных самосвалов, экскаваторов и другой горной техники, обеспечивают возможность многофункционального контроля и дистанционного управления горнотранспортным оборудованием.

Навигационные приемники ГЛОНАСС/GPS устанавливаются на все мобильные объекты и позволяют позиционировать мобильные объекты с точностью в плане порядка 3-5 м, достаточной для осуществления мониторинга и управления парком горнотранспортного оборудования. Для решения задач управления качеством полезных ископаемых на основе данных геологического

моделирования могут быть развернуты дополнительно системы высокоточного позиционирования, обеспечивающие дециметровую точность позиционирования ковша экскаватора.

Для передачи телеметрической информации от мобильного горнотранспортного оборудования в ДЦ применяются беспроводные системы передачи данных, работающие на различных частотных диапазонах. Наибольшее распространение для задач диспетчеризации на открытых горных работах получили следующие системы передачи данных: системы, работающие в диапазоне УКВ, транкинговые системы (TETRA), сотовые системы передачи данных, а также широкополосные системы и технологии беспроводной передачи данных: WiFi, WiMax, специализированные стандарты, обеспечивающие топологию организации сети MESH. Широкополосные системы передачи данных обеспечивают надежное радиопокрытие и высокую скорость передачи данных, необходимые для организации системы видеонаблюдения, передачи диагностической информации и решения задач оперативного управления горнотранспортным комплексом.

Организация надежной сети передачи данных является ключевым звеном в работе АСУ ГТК, так как для оперативного управления горной техникой и решения задач автоматической диспетчеризации и оптимизации транспортных потоков необходимо, чтобы данные от всей горной техники, работающей в карьере, поступали на центральный сервер диспетчерского центра без задержек, прерываний и потерь информации.

Системы УКВ радиосвязи и транкинговые системы широко применялись при построении сети передачи данных на начальных этапах развития АСУ ГТК. Скорость передачи данных, обеспечивающая опрос не более 10 мобильных объектов в секунду, при надежном радиопокрытии и отсутствии теневых зон в карьере была достаточной для решения задач мониторинга горной техники, оперативного контроля и учета производственных и эксплуатационных показателей. Однако необходимость дальнейшего повышения операционной эффективности, производительности и безопасности открытых горных работ предъявляют совершенно новые требования к функциональным характеристикам АСУ ГТК. Современные АСУ ГТК должны обеспечивать возможности автоматического диспетчирования горной техники и динамической оптимизации транспортных потоков; построения систем видеонаблюдения и передачи в диспетчерский центр диагностической информации о работе основных узлов и агрегатов горной техники; значительного увеличения парка горнотранспортного оборудования, вовлеченного в работу АСУ ГТК; создания систем управления качеством добываемого полезного ископаемого; применения высокоточного позиционирования экскаваторов и буровых станков; применения в составе АСУ ГТК дистанционно управляемой и автономной горной техники.

Системы беспроводной передачи данных, гарантирующие решение перечисленных выше задач АСУ ГТК, должны обеспечивать:

- передачу данных телеметрии от мобильных объектов в ДЦ и передачу данных управляющих команд и текстовых сообщений от сервера ДЦ и пользователей системы;

- скачивание с мобильных объектов журналов данных, содержащих служебную информацию о работе систем и оборудования;

- передачу обновленных файлов настроек на мобильные объекты;

- удаленное подключение к рабочему столу графической панели для контроля действий водителей и операторов горной техники и тестирования системы;

- передачу дифференциальных поправок на навигационные приемники, использующие режим RTK.

При этом, для задач управления горнотранспортным комплексом средний размер одного сообщения - не менее 100 байт; максимальная частота формирования сообщений - одно сообщение в секунду и среднее - одно в 5 секунд; объем данных с одного мобильного объекта не превышает 50 Мбайт в месяц(без учета служебных данных); скорость передачи данных - не менее 150/Кбит/сек; систематическая задержка данных не должна превышать 1 сек; кратковременные сбои, связанные с перестроением маршрута передачи данных, не должны превышать 30 сек.

Очевидно, что транкинговые системы TETRA и TETRA2 и традиционные системы УКВ радиосвязи с шириной канала связи менее 50 КГц не

удовлетворяют требованиям к системам передачи данных современных АСУ ГТК. Сформулированные выше задачи АСУ ГТК могут быть решены только с использованием широкополосных систем и технологий передачи данных WiFi, WiMAX, GSM, а также специализированных протоколов передачи данных с применением технологии MESH.

При построении сетей передачи данных в условиях ведения открытых горных работ в последнее время часто используются MESH - технологии. MESH обеспечивает повышенную надежность и устойчивость радиосвязи в сложных горнотехнических условиях разработки полезных ископаемых. Когда один из узлов сети MESH перестает функционировать, другие узлы продолжают работу, соединяясь между собой напрямую или через другие промежуточные узлы. Первоначально система MESH создавалась по заказу МО США как быстро разворачиваемая система связи и обмена цифровыми данными между мобильными объектами на поле боя. В настоящее время аппаратура MESH доступна и гражданским потребителям. Сеть MESH наряду с мобильными может включать стационарные объекты. Передача данных внутри сети осуществляется на основе IP-технологии, что позволяет осуществлять обмен практически любым видом данных. Внутри сети возможна передача телеметрии, передача видео изображений, а в будущем - и голосовая связь (с ограничениями, налагаемыми пакетной технологией). Сеть MESH состоит из трех основных уровней[2]:

- Первый уровень – абонентские терминалы стационарного и мобильного исполнения

- Второй уровень – беспроводные маршрутизаторы, обеспечивающие необходимую зону покрытия при требуемой скорости. Обеспечивают транспорт и маршрутизацию потоков между абонентскими устройствами и точкой входа в наземную опорную сеть

- Третий уровень – беспроводные точки доступа, обеспечивающие соединение беспроводного сегмента с наземной опорной сетью и также маршрутизацию потоков

При построении MESH сетей для создания АСУ ГТК обычно используется оборудование ведущих мировых производителей, таких как, Motorola, АВВ, Cisco. При этом необходимо учитывать особенности работы радиосети в условиях горнодобывающего предприятия: непрерывно меняющуюся конфигурацию карьера и мобильность основного технологического оборудования - клиентов создаваемой сети. Поэтому при построении сети передачи данных АСУ ГТК стандартные сетевые решения, как правило, дорабатываются внутренним программным обеспечением, так, чтобы горнотранспортное оборудование работало наиболее эффективно и надежно. Рассмотрим некоторые примеры реализованных проектов по организации беспроводных сетей передачи данных ведущими компаниями - производителями современных АСУ ГТК: Modular(США), Wenco(Канада) и "ВИСТ Групп"(Россия).

Опыт разработки и внедрения радиосетей передачи данных на горных предприятиях позволил компании Modular разработать собственное решение - MASTERLINK [3]. Основное покрытие сети обеспечивается точками доступа, установленными в поле горных работ. К ним подводится питание 220 В и, при возможности, кабельное подключение к локальной сети для связи с центральным сервером ДЦ. При невозможности подключить точку доступа напрямую к локальной сети, используется мощный беспроводный радиомост Cisco. Мобильные передвижные точки доступа служат для обеспечения связи в местах, где по производственным причинам не могут располагаться фиксированные точки, либо возникает временная необходимость обеспечить радиопокрытие. Мобильные точки могут быть оперативно передвинуты на буксируемой тележке. Питание происходит от аккумуляторов, заряд осуществляется посредством солнечных панелей или ветряных генераторов. Сеть MASTERLINK дополняется диагностическим оборудованием и программным обеспечением, облегчающими ее обслуживание. Обеспечивается работа на частотах 2,4 ГГц или 5,8ГГц со скоростью передачи данных 54 Мбит/сек.

Российская компания "ВИСТ Групп", разработчик АСУ ГТК "КАРЬЕР", совместно с компанией Сага Телеком реализовали более 15 проектов создания беспроводной сети передачи данных для российских, казахстанских, украинских и марокканских горнодобывающих предприятий на основе технологии Motorola MESH. Реализованные проекты показали эффективность

применения оборудования Motorola для построения беспроводной сети передачи данных на горных предприятиях:

- достигается большая скорость передачи данных на одну точку доступа - 300 Мбит/с, благодаря использованию стандарта 802.11n ;
- для мобильных объектов при движении от одной точки доступа к другой обеспечивается бесшовный роуминг.

Между тем, система Motorola MESH строится только через стационарные объекты и не позволяет построение через движущиеся объекты.

Стандартная процедура проектирования инфраструктуры беспроводной сети передачи данных для использования ее в АСУ ГТК горнодобывающих предприятий заключается в следующем. В проектировании помимо компании-разработчика принимают участие специалисты горной компании: геологи и маркшейдеры, планирующие развитие горных работ в карьере, энергетики, представители службы безопасности. В проекте определяются места в карьере, удобные для размещения точек доступа и оборудования магистральных каналов. При выборе мест установки могут параллельно учитываться возможности использования точек доступа для видеонаблюдения, а также их переноса при развитии горных работ. При этом должны быть предусмотрены подвод электроэнергии, направление развития горных работ, места размещения беспроводных маршрутизаторов, расширяющих сеть: питание(возможно на фотоэлементах), вопросы сохранности, вандалоустойчивости , возможность переноса инфраструктуры на другое место и проч.

На рис. 2 представлена схема расположения объектов сетевой инфраструктуры одного из реализованных проектов по внедрению АСУ ГТК "КАРЬЕР" на Коршуновском ГОКе (ОАО "МЕЧЕЛ", Иркутская область)

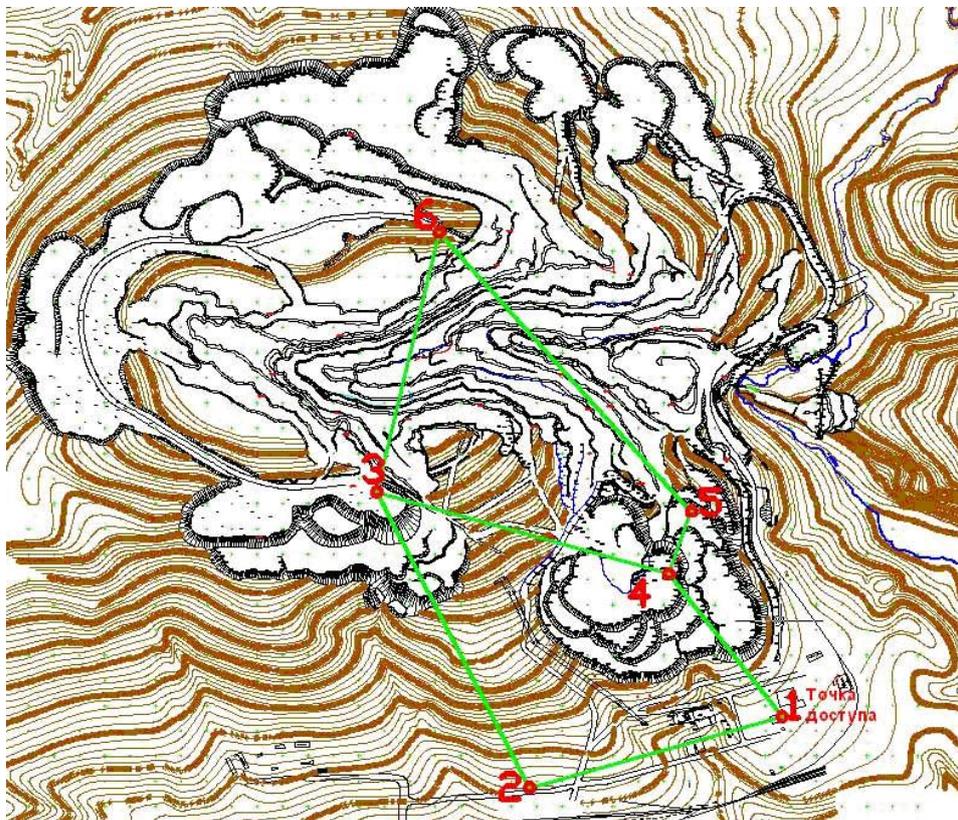


Рис. 2 Построение сети MESH на Коршуновском ГОКе

Состав оборудования беспроводной сети:

- точка доступа 1 ед + 1 ЗИП
- роутеры - 5 ед + 4 резерв на расширение площадки покрытия
- автомобильные модемы - 23 ед + 2 резерв
- инфраструктура - маршрутизатор Cisco + ПО Mesh Manager

Применение технологии Motorola MESH в проекте внедрения АСУ ГТК "КАРЬЕР" на Коршуновском ГОКе позволило решить проблему оперативной

доставки сообщений для динамического распределения автосамосвалов на линиях грузоперевозок, а также позволило практически без ограничений передавать в ДЦ диагностические и эксплуатационные параметры работы машин и механизмов, работающих в карьере. В то же время испытания на стадии проектирования и выбора сети технологии WiFi показали ее ненадежную работу, вследствие радиопомех, возникающих при работе электрических машин(экскаваторов) и природных помех от добываемой в карьере железной руды.

С момента установки системы Motorola MESH в ноябре 2007 года не произошло ни одного сбоя в работе системы и не потребовалось проведение работ по дополнительной настройке системы. Система передачи данных с большим запасом обеспечивает функционирование АСУ ГТК "КАРЬЕР" и учитывает развитие горных работ в карьере. Специалисты ГОКа получили возможность доступа в корпоративную вычислительную сеть предприятия в любой точке горных работ, что позволяет коренным образом усовершенствовать механизм управления горными работами, применять в перспективе роботизированную горную технику для добычи и транспортировки полезных ископаемых.

Помимо проектов компаний "ВИСТ Групп" и Сага Телеком по развертыванию беспроводной сети передачи данных Motorola MESH в горнодобывающих компаниях ОАО "СУЭК", ОАО "МЕЧЕЛ", ЗАО "СДС-уголь", ОАО "Междуречье", ОАО "Полиметалл", ОАО "ЕВРОХИМ", АО

"Олкон" и др. интересен также опыт компаний "НЕМАН"(Россия) и WENCO(Канада) по организации сети Motorola MESH для золотодобывающей компании ЗАО "Полюс"[4].

Инфраструктура сети Motorola MOTOMESH SOLO была построена в конце 2011 года компанией "НЕМАН" для внедрения АСУ ГТК компании WENCO на месторождении "Благодатное" в Красноярском крае. Для надежного радиопокрытия карьера сетью MOTOMESH SOLO на его территории были размещены точки доступа в специальном исполнении для горно-технологических условий открытых горных работ в северных регионах. В выбранных местах карьера для установки точек доступа сети на бетонном блоке размещается термошкаф антивандального исполнения, так как есть вероятность попадания горной породы при ведении взрывных работ. Термошкаф оснащен двойными стенками, системой терморегуляции и вентиляции для поддержания оптимальной температуры в любое время года. Внутри шкафа размещается активное сетевое оборудование, защищенное источником бесперебойного питания APC от крайне нестабильного электропитания на территории карьера. На этом же бетонном блоке устанавливается телескопическая мачта высотой 10 метров, на которой смонтированы точка доступа MESH IAP6300 с абонентским модулем БШД. В качестве каналов привязки для передачи данных от точки доступа MESH во внешнюю сеть используется оборудование Cambium Saporu, хорошо зарекомендовавшее себя за годы эксплуатации, а применение единого сервера

мониторинга и управления OnePoint Wireless Manager 3.0 повысило надежность и комфортность управления всей сетью. Весь трафик сети MESH сосредоточен в Центральной точке доступа MOTOMESH, в которой размещено оборудование MESH IAP6300, а также базовая станция Canopy с панельной антенной.

Последние разработки компании ABB в области беспроводных широкополосных систем радиосвязи WiFi показали перспективность их использования в горнодобывающей промышленности при построении АСУ ГТК в карьерах.

Точки доступа ABB WiFi Tropos 6310, беспроводные мосты 1410 и клиентское оборудование Tropos 3310 позволяют создавать мобильную MESH топологию сети, включающую движущиеся объекты. В то же время, сеть WiFi независимо от использования MESH технологии имеет несомненное преимущество в задачах построения АСУ ГТК, связанное с тем, что WiFi позволяет образовывать прямые TCP соединения между мобильными объектами, например, для быстрой передачи показаний системы загрузки самосвала на экскаватор. Однако попытка использования сети передачи данных WiFi без технологии MESH в проектах внедрения АСУ ГТК "КАРЬЕР" в ЗАО "СДС-уголь"(Кузбасс) показал, что приемлемое для бесперебойной работы АСУ ГТК радиопокрытие WiFi может быть достигнуто только при очень большом числе точек доступа, что трудно реализуемо в условиях горных работ в карьере и по финансовым соображениям нецелесообразно.

Технология AVB Tropos WiFi MESH реализована в 2015 году при модернизации АСУ ГТК "КАРЬЕР" на железорудном карьере Стойленского ГОКа(Белгородская область). Новая система передачи данных показала преимущества по сравнению с технологией Motorola MESH именно за счет возможности создания динамической MESH через движущиеся объекты с применением стандартного WiFi протокола (рис. 3).



Рис.3 Оборудование структуры передачи данных на Стойленском ГОКе.

Условные обозначения:

 - Стационарные точки, имеющие проводное подключение к ЛВС.

 - Стационарные точки, не имеющие проводного подключения к ЛВС.

 - Мобильные точки, не имеющие проводного подключения к ЛВС.

 - Контур зоны гарантированного покрытия

На территории карьера(на рисунке выделенная зона) предъявляются повышенные требования к беспроводной связи по времени задержки при передаче данных и по кратковременным сбоям, связанным с перестроением маршрута передачи данных.

Использование сети передачи данных GSM является наиболее простым с технической точки зрения и наиболее экономичным способом организации системы радиосвязи при внедрении АСУ ГТК. Такой проект был реализован в 2014 году компанией "ВИСТ Групп" при внедрении АСУ ГТК "КАРЬЕР" на угольном разрезе "Распадский" компании "ЕВРАЗ". Преимуществами построения сети передачи данных с использованием сети общего пользования GSM также являются отсутствие необходимости лицензирования радиочастот и относительная дешевая стоимость радиомодемов.

Однако такой способ построения сети имеет существенные недостатки по сравнению с технологиями широкополосной передачи данных MESH:

- GSM является сетью общего пользования и ее работа зависит от внешних по отношению к горному предприятию факторов: регламентные работы, перегрузка сети в праздничные дни, сбои в работе и другие обстоятельства, не зависящие от горного предприятия. В то же время система АСУ ГТК должна работать бесперебойно независимо от внешних обстоятельств, так как от ее

работы непосредственно зависят технология ведения горных работ, производственные показатели работы предприятия и безопасность горных работ;

- .проблемы появления теневых зон при развитии карьера невозможно быстро решить, это требует согласований и монтажных работ совместно с оператором сотовой связи;

- передача видеоизображений и дифференциальной поправки при использовании высокоточных систем навигации работает нестабильно.

Последнее обстоятельство привело к необходимости применения "гибридных" систем радиосвязи при внедрении АСУ ГТК "КАРЬЕР" на разрезе "Распадский": система GSM используется для мониторинга и диспетчеризации горной техники, а для передачи видеоизображений и дифференциальных поправок организована беспроводная передача данных WiFi. Для выбора мест расположения точек доступа WiFi было проведено радиообследование и определены их координаты. Требования к количеству и расположению точек продиктованы следующими соображениями:

- прямая видимость на все экскаваторы, работающих в карьере, от точки доступа, либо от роутера;

- максимальное расстояние от точки доступа до роутера или экскаватора не должно превышать 800 метров, данное расстояние продиктовано разрешенной мощностью передатчиков;

- обеспечение дополнительного требования - возможности установки на экскаваторы видеокамер, требующих канала на каждый объект с пропускной способностью не менее 5 Мбит/сек;

- отсутствие гарантии получения частот шириной 40 МГц и возможностью с очень высокой вероятностью получить частоты шириной 20 МГц.

Для связи точек доступа между собой были построены магистральные каналы связи.

Следует отметить, что организация "гибридных" сетей беспроводной передачи данных при внедрении АСУ ГТК на горных предприятиях является наиболее перспективным путем организации эффективного многофункционального управления горными работами и персоналом. Так, только высокоскоростные широкополосные системы радиосвязи и технологии MESH могут обеспечить надежную и устойчивую передачу в ДЦ диагностических и эксплуатационных параметров горной техники, решение задач автоматической диспетчеризации и оптимизации транспортных потоков при добычи полезных ископаемых, управление буровзрывными работами и качеством полезного ископаемого с применением высокоточной навигации, управление роботизированной горной техникой. В то же время, системы сотовой связи GSM могут быть успешно реализованы для управления вспомогательного транспорта горных предприятий, не задействованных в основных технологических процессах добычи и транспортировки полезных ископаемых. В тех же случаях, когда горное предприятие, осознав все риски,

принимает решение использовать систему сотовой связи общего назначения GSM для управления основными технологическими процессами горной добычи и транспортировки - в этом случае для организации систем высокоточной навигации и видеонаблюдения на экскаваторах и буровых станках может быть организована локальная сеть передачи данных WiFi, которая будет использоваться исключительно для решения перечисленных выше задач и передачи дифференциальных поправок в RTK режиме [7].

Совершенно новые возможности открывает применение высокоскоростной беспроводной широкополосной связи для применения дистанционно управляемой и автономной горной техники в карьерах. Проект создания роботизированной системы грузоперевозок для условий Черногорского угольного разреза (ОАО "СУЭК - Хакасия") разработан компанией "ВИСТ Групп" в 2015 году [5]. В проекте предусмотрена роботизированная перевозка горной массы от породного бункера обогатительной фабрики на отвал. Предполагается, что транспортировка горной массы будет происходить пятью карьерными самосвалами-роботами "БелАЗ" грузоподъемностью 130 тонн по выделенному маршруту между обогатительной фабрикой и отвалом Черногорского угольного разреза. Транспортировка на маршруте будет проходить в полностью автономном режиме, а в случае возникновения нештатных ситуаций, при заезде самосвала под породный бункер и при его разгрузке на отвале - будет обеспечиваться режим дистанционного управления. Для организации режима дистанционного управления самосвалами - роботами

"БелАЗ- 75131" в проекте предусмотрено развертывание широкополосной системы радиосвязи Motorola MESH (рис. 4).

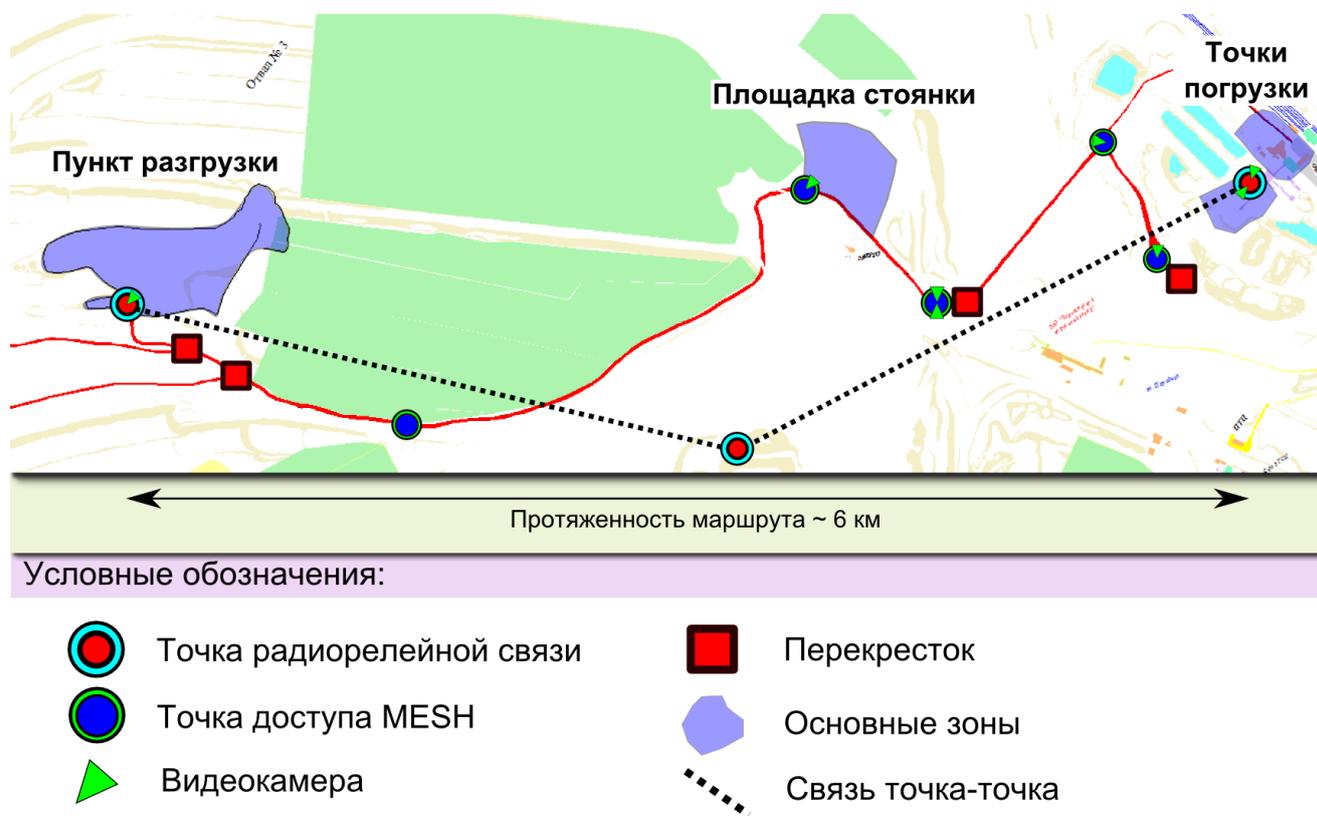


Рис. 4 Схема маршрута роботизированных автосамосвалов на участке «породный бункер-отвал» разреза «Черногорский»

При выборе системы передачи данных в этом проекте принимались во внимание следующие требования:

- обеспечение возможности передачи данных в зоне работы автоматизированной техники и возможных мест нахождения автоматизированной техники;
- обеспечение возможности минимальными средствами без изменения настроек сети проводить модернизацию, необходимую в связи с изменением пространственного расположения работ;

- обеспечение функционирования беспроводной сети передачи данных при отключении питания отдельного ретранслятора;
- включение в локальную вычислительную сеть рабочих мест пользователей Системы на территориально удаленных объектах;
- для оборудования, находящегося в зоне работы автоматизированной техники и возможных мест нахождения автоматизированной техники требуется постоянный режим онлайн.

Рассмотрим подробнее проектные решения по выбору беспроводной сети передачи данных для обеспечения работы роботизированной системы грузоперевозок на маршруте "породный бункер - отвал" Черногорского угольного разреза (ОАО "СУЭК - Хакасия).

Беспроводная сеть передачи данных, предложенная для данного проекта, основана на комбинировании и совмещении следующих технологий:

• **Motorola WING 5.** Передача данных с основного технологического оборудования и приборов и территориального расширения зоны покрытия сети [6];

• **Cambium Networks PTP800.** Для объединения в одну коммуникационную подсистему точек доступа; территориального расширения зоны покрытия сети передачи данных; создания рабочих мест пользователей на территориально удаленных объектах.

Структура беспроводной сети передачи данных и внешнего видеонаблюдения представлена на рисунке 5.

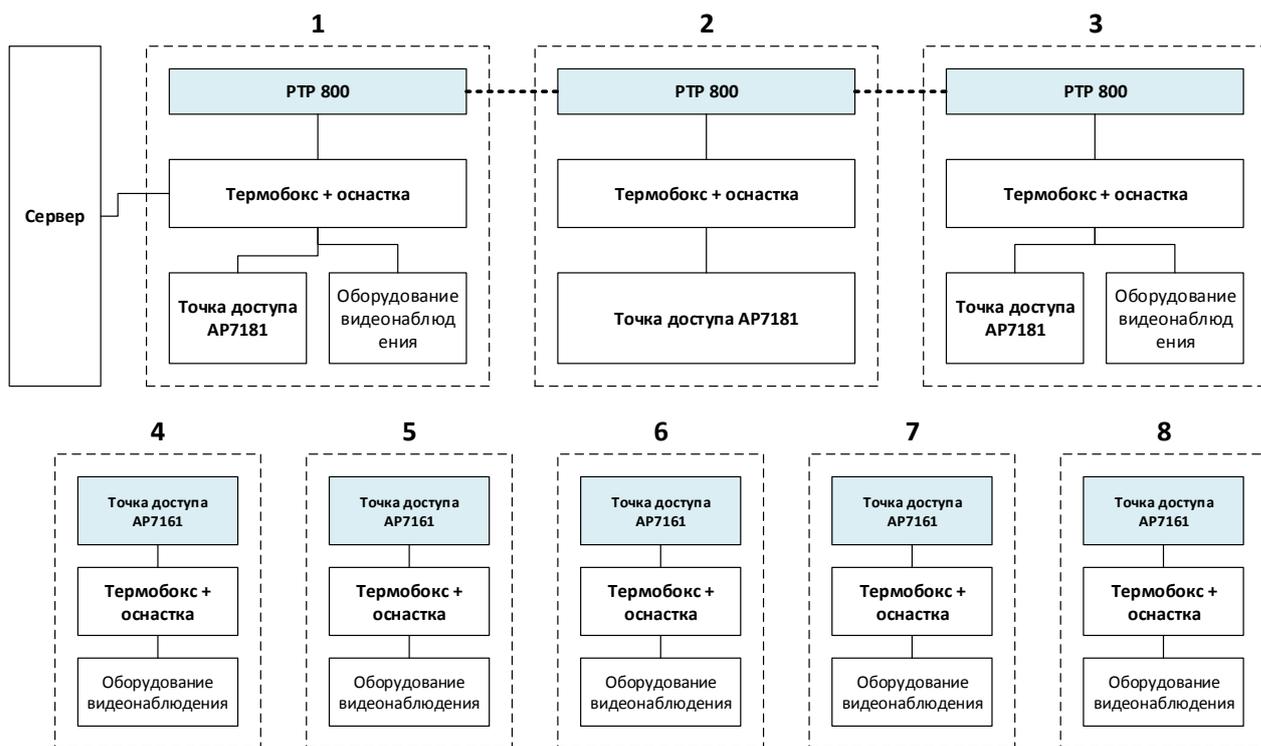


Рис. 5. Структура беспроводной сети передачи данных и внешнего видеонаблюдения

В состав беспроводной сети передачи данных и внешнего видеонаблюдения входит следующее оборудование:

- Мосты РТР для подключения удаленных точек доступа к серверному оборудованию АС;
- Точки доступа для расширения зоны покрытия сети и передачи данных с оборудования внешнего видеонаблюдения;
- IP видеокамеры для контроля за основными зонами работы автоматизированной техники;
- Термошкафы, обеспечивающие работу оборудования при температурах до -40 С.

В проекте предполагается использование следующего оборудования:

1) Для подключения удаленных точек к серверному оборудованию АС используется технология **Cambium Networks PTP800 (точка-точка)**.

2) В качестве основных точек доступа предполагается использовать точки доступа AP 7181. AP 7181 – высокопроизводительная точка доступа с несколькими радиомодулями стандарта 802.11n для использования вне помещений. Полноценная поддержка стандарта 802.11n, а также оптимизация радиокomпонентов и ПО позволяют этой точке доступа поддерживать максимальные показатели Mesh-сети по пропускной способности и по количеству соединений. Модель AP 7181 позволяет устанавливать высокоскоростные, стабильные соединения и распространить возможности стандарта 802.11n за пределы помещений.

Точка доступа AP 7181 обеспечивает быструю передачу управления между ячейками, интеллектуальную маршрутизацию и постоянно действующую защиту. AP 7181 оснащена радиомодулями диапазонов 2,4 ГГц и 5,х ГГц, поддерживающими технологию 3x3 MIMO (Multiple Input Multiple Output), что позволяет достичь скорости передачи данных 300 Мбит/с.

3) Для объединения точек доступа в одну сеть предполагается использовать контроллер Motorola NX 9000. Коммутатор Motorola NX 9000 построен на базе архитектуры Motorola Wireless Next Generation (Wi-NG) и поддерживает технологии Wi-Fi и RFID, роуминг без прерывания связи, систему самовосстановления нового поколения, обратное соединение по

широкополосным беспроводным сетям 3G/4G, многоуровневую защиту, широкие возможности определения местоположения, технологию 802.11g с поддержкой Mesh, централизованное управление и т.д. Motorola NX 9000 обеспечивает единую точку для настройки, установки политик и удаленного поиска и устранения неисправностей. Конфигурирование общих точек доступа, управление политиками безопасности, сбор статистики – все это выполняется одним мощным контроллером, расположенным в ДЦ.

4) Для расширения зоны покрытия сети, а также передачи данных с камер внешнего видеонаблюдения предполагается использовать точки доступа AP 7161. Точка доступа AP 7161 обеспечивает максимальную пропускную способность беспроводной сети, поддерживая работу практически любого приложения предприятия, включая передачу голоса и видео. Точка доступа AP 7161 оптимизирована в рамках платформы WiNG 5 компании Motorola, что обеспечило ей превосходную мощность, производительность и конструкцию.

5) Для видеонаблюдения за основными зонами работы автоматизированной техники будут использованы сетевые видеокамеры AXIS Q1604-E. Камера обеспечивает качество изображения, прогрессивную развертку в 1MP или HDTV 720p в соответствии со стандартом разрешения SMPTE. Модель может одновременно генерировать несколько отдельно настраиваемых видеопотоков в форматах H.264 и Motion JPEG.

Камера имеет защиту от пыли, дождя, снега и солнечных лучей и может работать даже при температурах от -40 °C до 50°C. Технология Power over

Ethernet (IEEE 802.3af), исключая необходимость использования кабелей питания и сокращая расходы на установку. На камере имеется гнездо SD/SDHC для локального хранения записей.

6) В связи с температурным режимом, установленным на карьере, оборудование не предназначенное для использования вне помещений будет размещено в специализированных термобоксах, которые обеспечивают нормальную эксплуатацию оборудования при температурах до -60 С. В термобоксы устанавливаются блоки бесперебойного питания. Размер термобокса составляет 650X500X220 мм, а вес 25 кг.

7) Для размещения радиооборудования потребуется установка вышек/антенных мачт высотой 10 м.

Выводы.

1. Современные широкополосные системы радиосвязи с технологией MESH и системы высокоточного позиционирования находят широкое применение при решении задач оперативного управления горнотранспортными комплексами и открытыми горными работами. Именно горнодобывающая отрасль промышленности явилась одной из первых областей гражданского применения технологий спутниковой навигации и беспроводной широкополосной связи для управления подвижными объектами, разработанных ранее для военных применений.

2. В статье приведены примеры практической реализации АСУ ГТК при разработке полезных ископаемых открытым способом с применением

технологий беспроводной радиосвязи для организации работы таких систем. Опыт применения беспроводных систем радиосвязи для оперативного управления горнотранспортными комплексами в карьерах может оказаться очень полезен при реализации аналогичных проектов управления подвижными объектами и в других областях применения - гражданских и военных.

3. В условиях горных предприятий, в том числе и российских, при внедрении АСУ ГТК широко применяются беспроводные системы радиосвязи ведущих мировых производителей - Motorola, АВВ, Cisco. С учетом экономической стратегии импортозамещения было бы целесообразно ускорить конверсионные процессы в профильных НИИ и КБ, отвечающих за разработку отечественных систем беспроводной широкополосной радиосвязи.

Библиографический список

1. Трубецкой К.Н., Кулешов А.А., Клебанов А.Ф., Владимиров Д.Я. Современные системы управления горно-транспортными комплексами. - СПб: Наука, 2007, - 306 с.
2. http://www.sagatelecom.ru/radiosystems/wireless_system/mesh.php
3. <http://www.modularmining.com/ru/product/masterlink-3/>
4. <http://www.skneiman.ru/set-peredachi-dannyx-motorola-mesh-dlya-zao-polyus/>

5. Трубецкой К.Н., Клебанов Д.А., Ясюченя С.В. Основы создания и научно-технические этапы реализации роботизированной системы грузоперевозок на действующих горных предприятиях // Горный журнал. 2013. №10. С. 67-73.

6. Штробель О. Система автоматического управления поездами с использованием оптоволоконных беспроводных локальных сетей // Труды МАИ, 2015, №83: <https://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=62240>

7. Бородин В.В., Петраков А.М., Шевцов В.А. Анализ эффективности передачи данных в сети связи группировки беспилотных летательных аппаратов // Труды МАИ, 2015, №81: <https://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=57894>