

# Бортовой радиотехнический комплекс «Кама»

для подвижного горнотранспортного оборудования открытых разрезов

Сергей Маргарян

В настоящей статье представлена краткая информация о мобильном бортовом радиотехническом комплексе (БРТК) «Кама», являющемся составной частью одноименного программно-технического комплекса (ПТК), предназначенного для автоматизированного управления работой горнотранспортного оборудования (железнодорожных локомотивосоставов, карьерных самосвалов, экскаваторов, бульдозеров и буровых станков), применяемого на открытых разрезах в горнодобывающей промышленности. БРТК представляет собой навигационно-связное устройство, оснащенное навигационным приемником ГЛОНАСС/GPS, средствами связи, работающими в диапазонах ультракоротких волн (УКВ) и сверхвысоких частот (СВЧ), и приборами отображения информации, которое реализовано на основе программируемого контроллера, функционирующего под управлением ОС FreeBSD.

Рассмотренная в статье информация может оказаться полезной при выполнении проектов, связанных с автоматизацией технологических процессов в горнодобывающей промышленности в части организации оперативно-диспетчерского управления горнотранспортным оборудованием различного назначения.

## Введение

Мы много знаем о встраиваемых и мобильных устройствах, которые окружают нас в повседневной жизни, — с ними мы сталкиваемся ежедневно в транспорте, магазине, собственном автомобиле, общественных учреждениях, квартирах и уже давно к ним привыкли. Однако существует большой класс таких устройств, известных лишь профильным специалистам, но без которых жизнь современного человека была бы совсем другой, если бы вообще стала возможной. Ниже мы постарались коротко рассказать об одном из них — мобильном бортовом радиотехническом комплексе, применяемом в горнодобывающей промышленности при разработке открытых угольных и рудных месторождений.

## Назначение БРТК «Кама»

Бортовой радиотехнический комплекс «Кама» служит для выполнения функциональных задач,

связанных со сбором и обменом навигационной и телеметрической информацией для организации автоматизированного диспетчерского управления подвижным горнотранспортным оборудованием (ГТО).

БРТК «Кама» обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматической регистрации и передачи в пункт диспетчерского управления (ПДУ) навигационной информации о текущем местоположении подвижного ГТО;
- регистрации, мониторинга и передачи в ПДУ данных об оперативном и техническом состоянии ГТО;
- автоматического определения выполняемой ГТО текущей технологической операции;
- автоматического определения параметров движения и режима функционирования ГТО;
- регистрации и передачи в ПДУ телеметрической информации от смежных подсистем управления;
- обмена с оператором ПДУ формализованными и текстовыми сообщениями;
- обмена формализованными и текстовыми сообщениями между операторами ГТО различных типов;
- автоматического получения и регистрации управляющих сигналов из ПДУ и от операторов ГТО других типов;
- автоматического приема сигналов тревог и оповещения операторов ГТО в нештатных ситуациях;
- аутентификации оператора ГТО и регистрации его в ПДУ;
- автоматической регистрации выполнения технологических карт;
- автоматической регистрации отклонений в графиках работы и маршрутах движения;
- регистрации сбоев в работе ГТО и автоматического оповещения о них оператора ПДУ;
- автоматического звукового сопровождения текущих состояний и выполняемых операций.

## Состав БРТК «Кама»

Бортовой радиотехнический комплекс «Кама» производится в четырех модификаци-

ях, отличающихся типом радиооборудования и наличием системы наружного видеоконтроля, предназначенных для эксплуатации на различных видах железнодорожной, гусеничной и колесной техники.

Общими для всех модификаций БРТК являются: вычислитель, радиомодем УКВ-диапазона (двух типов), пульт оператора и источник питания. В качестве дополнительного оборудования применяются: приемопередатчик СВЧ (Wi-Fi), источник питания приемопередатчика СВЧ и система видеоконтроля.

Радиомодем УКВ служит для обеспечения связи между БРТК и ПДУ, приемопередатчик СВЧ-диапазона — для связи между БРТК и ПДУ, а также между различными БРТК, оборудованными приемопередатчиками СВЧ-диапазона. Пульт оператора позволяет управлять параметрами БРТК, посылать и принимать текстовые и формализованные сообщения ПДУ, отображать состояние БРТК, просматривать состояние выполнения текущего задания.

Система видеоконтроля устанавливается в кабине первого локомотива в сцепке и обеспечивает ведение локомотивосостава в прямом и обратном направлениях. При этом локомотивная бригада не меняет кабину, если состав движется в обратном направлении, а использует данные с видеокамер, отображаемые на мониторе машиниста. Реализация данной функции позволила существенно сократить время, отведенное на технологическую операцию по транспортировке вскрышной породы, поскольку не нужна полная проверка тормозов, необходимая при смене кабины перед обратным движением.

Все модификации БРТК выполнены в пылевлагозащищенном шкафу ELDON серии MAS0406021R5 со степенью защиты IP66 по ГОСТу 14254-96. Полный перечень оборудования, включаемого в состав БРТК, представлен в таблице 1.

### Технические характеристики БРТК «Кама»

Технические характеристики БРТК «Кама» обеспечивают его долговременную эксплуатацию на подвижном объекте практически в любой климатической зоне и предусматривают минимальное техническое обслуживание. БРТК имеет модульную конструкцию. Наряду со специализированными компонентами в его составе применяются выпускаемые серийно типовые элементы (программируемый контроллер со встроенным сетевым маршрутизатором), которые могут обновляться в процессе эксплуатации.

Технические характеристики БРТК «Кама» представлены в таблице 2.

Блок-схема БРТК «Кама» представлена на рис. 1–3.

БРТК «Кама» модификации БРТК.01 подключается к подвижной технологической радиосети УКВ-диапазона с использованием радиомодема GeminiG3 и не имеет встроенного приемопередатчика Wi-Fi. Все данные передаются и принимаются только в оперативном режиме. Обеспечивается связь с операторами пункта диспетчерского управления и ГТО раз-

Таблица 1. Перечень оборудования, включаемого в состав БРТК «Кама»

Наименование параметра	Модель
Вычислитель	Программируемый контроллер «Кама»
Радиомодем УКВ	GeminiG3 Viper-SC
Приемопередатчик СВЧ	Wi-Fi-приемопередатчик
Пульт оператора	Графический ЖК-дисплей
Приемник навигационный ГЛОНАСС/GPS	На базе NV08C
Источник питания комплекса	200 Вт, вх. 9–36 В, вых. 12 В
Система видеоконтроля	Видеосервер, Wi-Fi IP-камера и монитор

Таблица 2. Технические характеристики БРТК «Кама»

Наименование параметра	Характеристика
Конструктивное исполнение	Шкаф ELDON MAS0406021R5
Беспроводные каналы связи	УКВ 136...174 МГц, максимальная мощность 10 Вт, максимальная скорость обмена 64 кбит/с; УКВ 403...512 МГц, максимальная мощность 40 Вт, максимальная скорость обмена 64 кбит/с; СВЧ 2,4...2,497 ГГц, максимальная мощность 400 мВт, максимальная скорость обмена 54 Мбит/с
Проводные каналы связи	Ethernet 10/100BASE-T; RS485 с гальванической развязкой
Питание, В	+12...+72
Ток потребления, А	13,5 для модификаций 1, 3 и 4 7,5 для модификации 2
Рабочая температура, °С	-40...+60
Степень защиты	IP66
Габаритные размеры (ШхГхВ), мм	400×600×210
Масса, кг	17,6

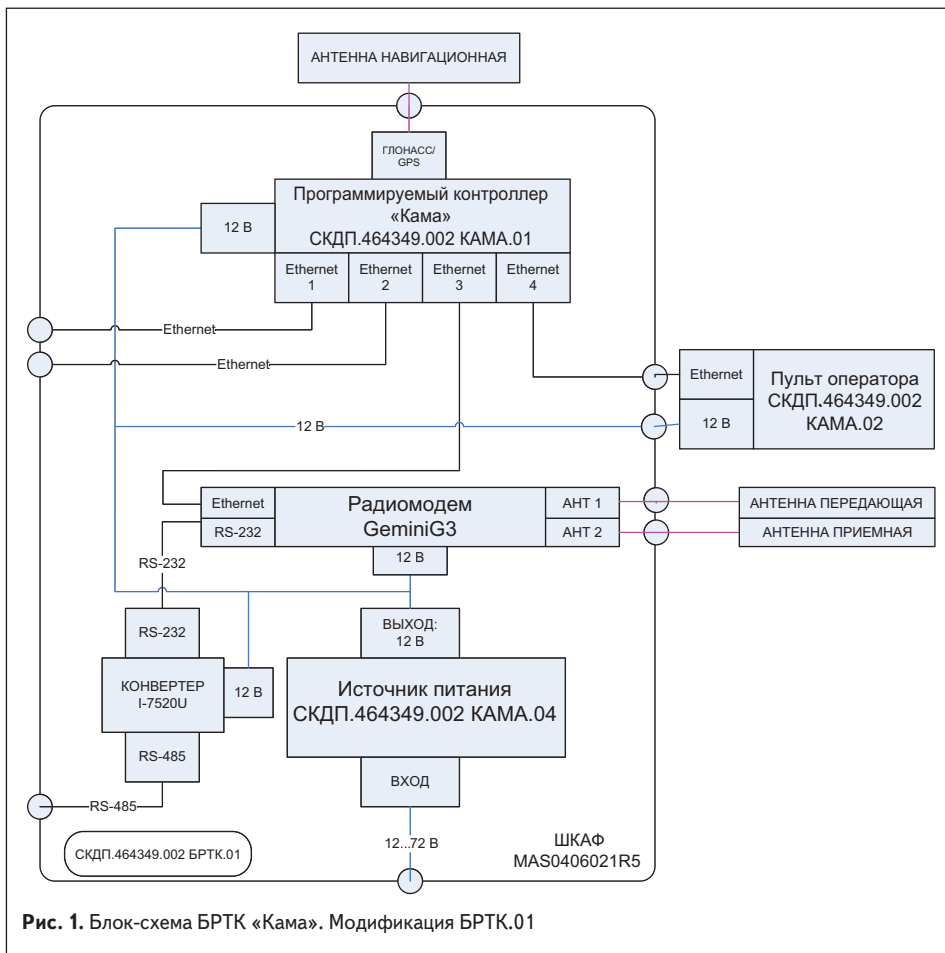


Рис. 1. Блок-схема БРТК «Кама». Модификация БРТК.01



Таблица 3. Технические характеристики программируемого контроллера «Кама»

Наименование параметра	Характеристика
Процессор	ARM9 ATMEL AT91RM9200
Оперативная память, Мбайт	SDRAM 32
Память программ, Мбайт	FLASH 8
Энергонезависимая память	CompactFlash
Навигационный приемник	ГЛОНАСС/GPS «Навис» CH-4706
Средняя квадратичная погрешность определения текущих координат места при отсутствии затенений	Типовое значение 5 м; с использованием дифференциальных поправок в режиме DGNSS 2 м
Средняя квадратичная погрешность определения высоты при отсутствии затенений	Типовое значение 8 м; с использованием дифференциальных поправок в режиме DGNSS 5 м
Время получения параметров с заданной погрешностью	Среднее 50 с, но не более 90 с при отсутствии альманаха; в среднем 3 с, но не более 10 с при потере спутников менее чем на 30 с
Операционная система	FreeBSD 7,1
Протоколы транспортного уровня	TCP, UDP
Протоколы уровня приложений	TELNET, FTP, SSH, HTTP, HTTPS, NTP
Протокол IP	IP v4, IP v6
Автоматическая конфигурация	IPv4: DHCP (RFC 2131), IPv6: AUTOCONF
Протокол HTTP	HTTP/HTTPS (RC 2616), Web-интерфейс пользователя
Безопасность SSH	SSH v1.3, SSH v1.5, SSH v2 (OpenSSH). Удаленное управление операционной системой и параметрами работы
Telnet	Telnet (RFC 854-861). Управление режимами работы
FTP	Прием и передача файлов
Последовательные интерфейсы	2 RS232; 2 RS485/422
Сетевые интерфейсы	4x10/100Base-T
Внутренние интерфейсы для расширения и настройки	USB; SPI; I <sup>2</sup> C; JTAG; DebugPort
Питание, В	+12...+72
Ток потребления, А	0,5
Рабочая температура, °С	-40...+60
Степень защиты	IP55
Габаритные размеры (ШxГxВ), мм	260x175x65
Масса, кг	2,0

доступ не только к БРТК, но и отдельным его компонентам, позволяя организовать сбор диагностической информации и удаленную настройку оборудования в оперативном режиме. Так, в одном из реализованных проектов при возникновении сбоя в работе БРТК инженеры компании имеют возможность подключиться из технического центра в Москве к эксплуатируемому в разрезе на территории Республики Казахстан оборудованию и произвести его проверку и настройку без выезда специалиста на объект.

### Технические характеристики основных встраиваемых компонентов БРТК «Кама»

#### Программируемый контроллер

Программируемый контроллер «Кама» является центральным вычислительным элементом БРТК «Кама», его технические характеристики представлены в таблице 3.

БРТК «Кама» является составной частью одноименного ПТК и поддерживает все алгоритмы и протоколы обмена данными, необходимые для его функционирования в составе комплекса, который также включает радиотехническую аппаратуру базовых станций подвижной технологической радиосети, технические средства сопряжения аппаратуры базовых станций с магистральными каналами передачи данных, опорную станцию ГЛОНАСС/GPS, вычислительный комплекс управления радиосетью, программно-технические средства

Таблица 4. Технические характеристики радиомодема Viper-SC

Общие характеристики	Viper-100/400/900		
	ОВЧ	УВЧ	900 МГц
Диапазон частот, МГц	136–174	406–512	928–960
Шаг сетки частот, кГц	6,25; 12,5; 25 (настраивается программно)		
Тип излучения	6K00F1D, 9K30F1D, 15K3F1D		
Потребляемый ток, А	прием	480 (10 В); 250 (20 В); 180 (30 В)	
	передача 40 дБм (10 Вт)	4,6 (10 В); 2,04 (20 В); 1,37 (30 В)	
	передача 30 дБм (1 Вт)	1,23 (10 В); 630 мА (20 В); 440 мА (30 В)	
Номинальная задержка при холодном старте, с	20 с		
Рабочее напряжение, В	10–30 (постоянного тока)		
Рабочая температура, °С	-30...+60		
Габаритные размеры (ШxГxВ), см	13,97x10,80x5,40		
Масса (в упаковке), кг	1,1		
Рабочий режим	Симплекс или полудуплекс		
<b>Приемник</b>			
Чувствительность (вероятность ошибки 1x10 <sup>-6</sup> ), дБм	25 кГц	-111 (16 кбит/с), -103 (32 кбит/с)	
	12,5 кГц	-111 (8 кбит/с), -105 (16 кбит/с)	
	6,25 кГц	-111 (4 кбит/с), -100 (8 кбит/с)	
Интермодуляция, дБ	>75 дБ		
Избирательность, дБ	>70 для 25 кГц; >60 для 12,5 кГц; >55 для 6,25 кГц		
<b>Передатчик</b>			
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	406,1–470: 64; 450–512: 62	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1–10		1–8
Рабочий цикл	100%		
Стабильность частоты	1,0 ppm		
<b>Модем</b>			
Скорость	4, 8, 16 или 32 кбит/с		
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача		
Вид модуляции	2 FSK, 4 FSK		

сбора, отображения, обработки и хранения информации, разворачиваемые в пунктах диспетчерского управления и связи.

### Радиомодемы GeminiG3 и Viper-SC

Применяемые в составе БРТК «Кама» радиомодемы обеспечивают их функционирование в составе подвижной или стационарной технологической радиосети обмена данными

УКВ-диапазона на радиомодемах GeminiG3 или Viper-SC соответственно. Технические характеристики радиомодемов представлены в таблицах 4 и 5.

### Выводы

Полная совместимость созданных на единой технологической основе мобильных БРТК семейства «Кама» позволяет создавать эффективные

интегрированные интеллектуальные системы оперативно-диспетчерского управления для всех видов горнотранспортного оборудования и функционировать совместно с имеющимися информационными системами различного назначения. Использование БРТК позволяет расширить функциональные возможности этих информационных систем и повысить эффективность их применения. ■

Таблица 5. Технические характеристики радиомодема GeminiG3

Общие характеристики		GeminiG3	
Диапазон рабочих частот, МГц	403–460, 450–512	Прием: 792–803, Передача: 762–773	Прием: 851–869, Передача: 806–824
Разнос радиочастот	Любой	номинально 30 МГц	номинально 55 МГц
Шаг сетки радиочастот	25 или 50 кГц		
Скорость обмена данными	32,0; 48,0 или 57,6 кбит/с в канале с шагом сетки 25 кГц	64,0; 96,0 или 128,0 кбит/с в канале с шагом сетки 50 кГц	32,0; 48,0 или 64,0 кбит/с в канале с шагом сетки 25 кГц
Вид модуляции	SRRC4FSK, SRRC8FSK, SRRC16FSK		
<b>Тип излучения:</b>			
16,0 кбит/с (SRRC4FSK)			10K0F1D(H)
24,0 кбит/с (SRRC8FSK)			10K0F1D(H)
32,0 кбит/с (SRRC16FSK)			10K0F1D(H)
43,2 кбит/с (SRRC8FSK)	16K4F1D(C)		14K4F1D(G)
48,0 кбит/с (SRRC8FSK)	16K4F1D(C)		14K4F1D(G)
64,0 кбит/с (SRRC4FSK)		28K0F1D	
64,0 кбит/с (SRRC16FSK)	16K4F1D(C)		14K4F1D(G)
96,0 кбит/с (SRRC8FSK)		28K0F1D	
128,0 кбит/с (SRRC16FSK)		28K0F1D	
Габаритные размеры (Ш×В×Г), см	15,4×5,1×18,2		
Количество каналов	32 (программируемые, удаленная настройка)		
Режим работы	Полудуплекс		
Питающее напряжение, В	13,6 В; 10,9–16,3		
Рабочая температура, °С	–30...+60		
Защита данных	AES 128-бит		
Защита по питанию	15 А (внешний предохранитель), защита от переплюсовки		
Потребляемый ток	передача при 13,3 В	<12 А	
	прием при 13,3 В	<750 мА (включая навигационный приемник)	
<b>Приемник</b>			
Чувствительность, дБм	–98 (64 кбит/с) –104 (48 кбит/с) –108 (43,2 кбит/с) –110 (32 кбит/с)	–94 (128 кбит/с) –100 (96 кбит/с) –106 (64 кбит/с)	–95 (64 кбит/с) –101 (48 кбит/с) –105 (43,2 кбит/с) –107 (32 кбит/с)
Избирательность, дБ	77 номинально; >75 минимально (25 кГц)	68 номинально; >65 минимально (50 кГц)	77 номинально; >75 минимально (25 кГц)
Интермодуляция, дБ	80 номинально, >75 минимально	78 номинально, >75 минимально	80 номинально, >75 минимально
<b>Передатчик</b>			
Время атаки передатчика	<10 мс (отклонение не более 1 мс)		
Выходная мощность, Вт	10–40	10–35	
<b>Модем</b>			
Коррекция ошибки	Гиперкод		
Программная синхронизация	Поддерживается при затухании сигнала		
Достоверность	1×10 <sup>-9</sup> (номинально, поврежденные пакеты посылаются повторно)		
Частота появления ошибок	<1% (–107 с коррекцией ошибки на скорости 32,0 кбит/с); <1% (–110 с коррекцией ошибки на скорости 25,6 кбит/с); <1% (–112 с коррекцией ошибки на скорости 19,2 кбит/с)		
Защита данных	128-битный ключ		
Протокол обмена данными	TCP/IP		