

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
7-9 июня 2005 г., г.Варшава, Республика Польша

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу 7-10 ноября 2005 г.

Дата вступления в силу: 10 ноября 2005 г.

**Р
888**

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВНЕДРЕНИЮ ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
РАДИОСВЯЗИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ
СТАНДАРТА GSM-R**

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	3
2 Сетевые требования GSM-R.....	4
2.1 Описание структуры сети	6
2.2 Архитектура сети	13
2.3 Услуги сети.....	17
2.4 Система нумерации	21
2.5 Синхронизация.....	24
2.6 Гарантия доступности услуги.....	24
3 Терминальное оборудование GSM-R	25
3.1 Мобильный терминал локомотивов.....	25
3.2 Автомобильный терминал	27
3.3 Носимый технологический терминал	28
3.4 Носимый терминал общего пользования	28
3.5 Стационарный терминал диспетчера	29
3.6 Стационарный терминал оператора.....	30
4 Организация радиосвязи GSM-R.....	31
4.1 Общие требования к сетям GSM-R.....	31
4.2 Планирование сети GSM-R.....	33
4.3 Поездная и маневровая радиосвязь.....	35
4.4 Технологическая железнодорожная радиосвязь.....	38
4.5 Планирование обслуживания сети.....	39
5 GSM – R как составная часть ERTMS и ETCS.....	39
6 Организация увязки GSM – R с фиксированной сетью	41
7 Организация соединения с другими сетями GSM – R.....	44
8 Список сокращений	46

1 Введение

К железнодорожным сетям радиосвязи предъявляется множество различных специфических требований, касающихся как эксплуатации, так и технического обслуживания. На сегодняшний день в этой области используется множество разнообразных систем, каждая из которых ориентирована на решение конкретных задач. В большинстве случаев эти системы основаны на аналоговой технологии и используют индивидуальные частотные диапазоны и протоколы обмена. Как правило, системы не могут взаимодействовать между собой и обладают довольно существенными недостатками, среди которых можно выделить:

- невозможность создания единой международной сети радиосвязи на железнодорожном транспорте;
- ограниченность применения;
- неэффективность использования ресурсов (радиочастот, кабеля и т. п.);
- высокую стоимость внедрения, эксплуатации и техобслуживания;
- невозможность технической эволюции.

Ситуация осложняется тем, что в диапазоне частот 150-170 и 450-460 МГц, выделенном для железнодорожных сетей радиосвязи, уже практически не осталось свободных частот для реализации возникающих приложений. Более того, часть из этих частот может быть повторно использована лишь при условии ввода существенного защитного интервала. Поэтому актуальной становится задача поиска нового частотного диапазона.

В 1995 г. Международным Союзом железных дорог (МСЖД) была создана специальная рабочая группа (EIRENE), перед которой была поставлена задача разработки стандарта единой европейской интегрированной сети радиосвязи для железнодорожного транспорта. К работе этой группы, помимо экспертов в области связи, были привлечены также и поставщики телекоммуникационного оборудования. Новый стандарт, по мнению МСЖД, должен был удовлетворять следующим требованиям:

- за основу должен быть взят международный стандарт, который требовал бы минимальных модификаций, учитывающих специфику железнодорожного транспорта;
- должен быть проверен в сетях общего пользования;
- быть экономичным в эксплуатации;
- не должен использовать специфические для железных дорог элементы, с целью минимизации инвестиций;
- должен поддерживать существующие специфические услуги и системы радиосвязи;
- интегрировать все услуги в рамках единой сети;
- обладать высокой надежностью, доступностью и высоким качеством связи при скоростях до 500 км/ч;
- предусматривать возможность поэтапного ввода новых услуг.

Ключевым элементом МСЖД определил введение единого частотного диапазона. Наиболее привлекательным, по многим причинам, выглядел диапазон 900 МГц. Поэтому, оценив существующие стандарты радиосвязи, такие как TETRA и GSM, с точки зрения их функциональной пригодности для целей железных дорог, EIRENE остановила свой выбор на стандарте GSM. По ее мнению, именно GSM удовлетворяет всем предъявляемым требованиям. В 1995 г. ETSI был выделен и

гарантирован частотный диапазон, граничащий с диапазоном сетей GSM-900 общего пользования с сеткой частот 876-880 МГц и 921-925 МГц .

Сам же стандарт получил название GSM-R. Учитывая широкое распространение GSM в мобильных сетях общего пользования, следует отметить, что с GSM европейские железные дороги сделали правильный выбор. Успех более чем в ста странах и ежегодный рост числа абонентов подтверждают, что GSM является наиболее распространенной и надежной цифровой технологией систем беспроводной связи. Решение МСЖД выбрать технологию, которая широко распространена на мировом рынке, имеет множество различных поставщиков оборудования и которая требует минимальных модификаций для адаптации под нужды железных дорог, является оптимальным. Базовые услуги GSM-R в настоящее время уже реализованы, протестированы и приняты в эксплуатацию в железнодорожных сетях нескольких стран. Около 35 европейских железных дорог взяли на себя обязательство обеспечить полную эксплуатационную совместимость и в области радиосвязи остановили выбор на GSM-R. В рамках совмещенного проекта системы GSM-R и GSM можно получить дополнительную экономию, используя одни и те же мачты и излучающие фидеры. Интеграция этой сети в европейскую систему управления движением поездов ETCS/ERMIS позволит обеспечить эксплуатационную совместимость в международных железнодорожных сообщениях в Европе.

Стандарт GSM-R создан путем внесения специализированных функций и свойств в стандарт GSM, разработанный институтом ETSI для общедоступных сетей сотовой радиосвязи в качестве системы радиосвязи с подвижными объектами на железнодорожном транспорте. За основу приняты директивы 96/48/ЕС и 2001/16/ЕС Европейской комиссии, где сформулированы основные требования к эксплуатационной совместимости европейских железнодорожных сообщений и содержатся ссылки на соответствующие технические спецификации TSI. В свою очередь, спецификации TSI ссылаются на функциональные и системные спецификации требований системы CLA111D003 и CLA111D004 EIRENE и соответствующие детальные стандарты Европейского комитета по стандартизации в области электротехники CENELEC и Европейского института стандартизации в области электросвязи ETSI, в первую очередь на стандарт GSM.

2 Сетевые требования GSM-R

Все специфические функции существующих сетей радиосвязи, эксплуатируемых в настоящее время на железнодорожном транспорте, должны поддерживаться и в будущем. Помимо этого, новый стандарт должен обеспечить поддержку новых функций, связанных, прежде всего, с непрерывностью соединений, позволяющей свободное пересечение границ. Вместе с тем при организации адресации абонентов должны учитываться специальные требования, а именно:

специфическая внутрисетевая маршрутизация – гарантирует связь машиниста локомотива с соответствующим диспетчером в любое время. Эта операция должна выполняться с учетом текущего местонахождения (информация о ячейке GSM, GPS и т. п.), посредством преобразования информации о месторасположении абонента, идентификатора ячейки и короткого кода в соответствующий номер диспетчера;

функциональная адресация – позволяет диспетчеру связываться, например, с поездной бригадой при отсутствии сведений об именах абонентов и их действительных мобильных номерах. Соединение должно устанавливаться по схеме

адресации, сочетающей номер поезда и функциональный номер, например, руководителя бригады проводников;

реализация расширенных речевых услуг, типичных для частных мобильных радиосетей (PARM) в GSM, – для железнодорожных сетей связи определена и стандартизирована структура под названием «расширенные возможности голосового вызова» (ASCI). Большинство функциональных структур, описанных в ASCI, используется в поездном радио. Сюда включена функция под названием eMLPP – услуга расширенного многоуровневого приоритета и прерывания обслуживания, которая гарантирует, что в случае перегрузки сети соединения низшего приоритета, будут переведены в состояние ожидания, обеспечивая преимущество сообщениям, имеющим более высокий приоритет (например, аварийным вызовам или сигналам управления поездами). Услуга группового голосового вызова (VGCS) позволит персоналу определенных групп связаться друг с другом. Она предназначена, прежде всего, маневровым и аварийным бригадам. И третья услуга PARM в GSM-R – вещание речи (VBS), которое позволит координировать групповые вызовы (например, аварийные вызовы) определенных абонентов в предварительно выделенных зонах. Структура сети GSM-R существенно не отличается от структуры мобильных сетей общего пользования и их расширений в смысле элементов сети, стандартизованных интерфейсов и сопряжения. Повторное использование частот для расширения емкости сети, микросотовая структура в зонах высокой плотности (например, на железнодорожных станциях) и принципы наложенной сети с зависящим от скорости переключением уже используются в сети GSM общего пользования и поэтому достаточно просто реализуемы в GSM-R с небольшими модификациями, учитывающими специфику железных дорог. Различия заключаются лишь в конфигурации и планировании сети, вытекающими из критических требований железнодорожных сетей.

Фундаментальным требованием к структуре сети GSM-R является наличие непрерывной сети радиосот, расположенных вдоль железнодорожной колеи. Каждая радиосота содержит одну или более приемо-передающих станций с направленными антеннами вдоль колеи, которые, в свою очередь, подключаются к контроллерам базовых станций. Каждый контроллер отвечает за обслуживание определенного количества радиосот. В целом контроллер базовых станций представляет собой интерфейс к системе коммутации, через которую подключаются все линии связи и обеспечивается соединение с другими сетями.

Так сложилось, что в пределах железнодорожных станций генерируется более высокий трафик (так называемая горячая зона), однако требования к надежности связи при перемещении в такой зоне не так высоки, как на скоростных участках. По этой причине на крупных железнодорожных станциях целесообразнее использовать секторизованные соты, а в зонах с пониженной плотностью абонентов и с невысокими скоростями движения объектов лучше использовать радиальные или всенаправленные соты.

Типичная структура сети GSM-R показана на рис.1. Сеть состоит из мобильного коммутационного центра MSC с регистрами «гостевых» абонентов (регистры перемещения) VLR. VLR подключаются к национальному или международному уровню так называемых регистров «домашних» абонентов (регистры положения) HLR, которые позволяют осуществить связь при пересечении границ.

Регистры группового вызова GCR отвечают за обслуживание групповых вызовов, одной из базовых услуг GSM-R для аварийной и маневровой связи. Центры радиосвязи OMC, подключенные к коммутационному центру, обеспечивают обмен сигнальной информацией для управления движением в пределах сети. Существующие

ним относятся "эстафетная передача", в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из соты в соту, и переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностях.

Каждый MSC обеспечивает обслуживание подвижных абонентов, расположенных в пределах определенной географической зоны. Для небольших железных дорог достаточно одного MSC или двух в случае полного резервирования системы связи GSM-R. MSC управляет процедурами установления вызова и маршрутизации. Для телефонной сети общего пользования PSTN MSC обеспечивает функции сигнализации по протоколу SS 7, передачи вызова или другие виды интерфейсов в соответствии с требованиями конкретного проекта.

MSC формирует данные, необходимые для учета трафика и формирования счетов за предоставленные сетью услуги связи, накапливает данные по состоявшимся разговорам и передает их в центр расчетов. MSC составляет также статистические данные, необходимые для контроля работы и оптимизации сети.

MSC поддерживает также процедуры безопасности, применяемые для управления доступами к радиоканалам.

MSC не только участвует в управлении вызовами, но также управляет процедурами регистрации местоположения и передачи управления, кроме передачи управления в подсистеме базовых станций BSS. Регистрация местоположения подвижных станций необходима для обеспечения доставки вызова перемещающимся подвижным абонентам от абонентов телефонной сети общего пользования или других подвижных абонентов. Процедура передачи вызова позволяет сохранять соединения и обеспечивать ведение разговора, когда подвижная станция перемещается из одной зоны обслуживания в другую. Передача вызовов в сотах, управляемых одним контроллером базовых станций BSC, осуществляется этим BSC. Когда передача вызовов осуществляется между двумя сетями, управляемыми разными BSC, то первичное управление осуществляется в MSC. В стандарте GSM также предусмотрены процедуры передачи вызова между сетями (контроллерами), относящимися к разным MSC. Центр коммутации осуществляет постоянное слежение за подвижными станциями, используя регистры положения HLR и перемещения VLR. В HLR хранится та часть информации о местоположении какой-либо подвижной станции, которая позволяет центру коммутации доставить вызов станции. Регистр HLR содержит международный идентификационный номер подвижного абонента IMSI. Он используется для опознавания подвижной станции в центре аутентификации AUC (рис. 2, 3).

Практически HLR представляет собой справочную базу данных о постоянно прописанных в сети абонентах. В ней содержатся опознавательные номера и адреса, а также параметры подлинности абонентов, состав услуг связи, специальная информация о маршрутизации. Ведется регистрация данных о роуминге (перемещении) абонента, включая данные о временном идентификационном номере подвижного абонента TMSI и соответствующем VLR. Для функциональной адресации используется соответствующий регистр FAR, групповые и циркулярные вызовы обеспечивает регистр групповых вызовов GCR. Для записи информации, связанной с управлением движения поездов, должен быть оборудован центр регистрации и записи переговоров RecC.

К данным, содержащимся в HLR, имеют дистанционный доступ все MSC и VLR сети и, если в сети имеются несколько HLR, в базе данных содержится только одна запись об абоненте, поэтому каждый HLR представляет собой определенную часть общей базы данных сети об абонентах. Доступ к базе данных об абонентах осуществляется по номеру IMSI или MSISDN (номеру подвижного абонента в сети

ISDN). К базе данных могут получить доступ MSC или VLR, относящиеся к другим сетям, в рамках обеспечения межсетевого роуминга абонентов.

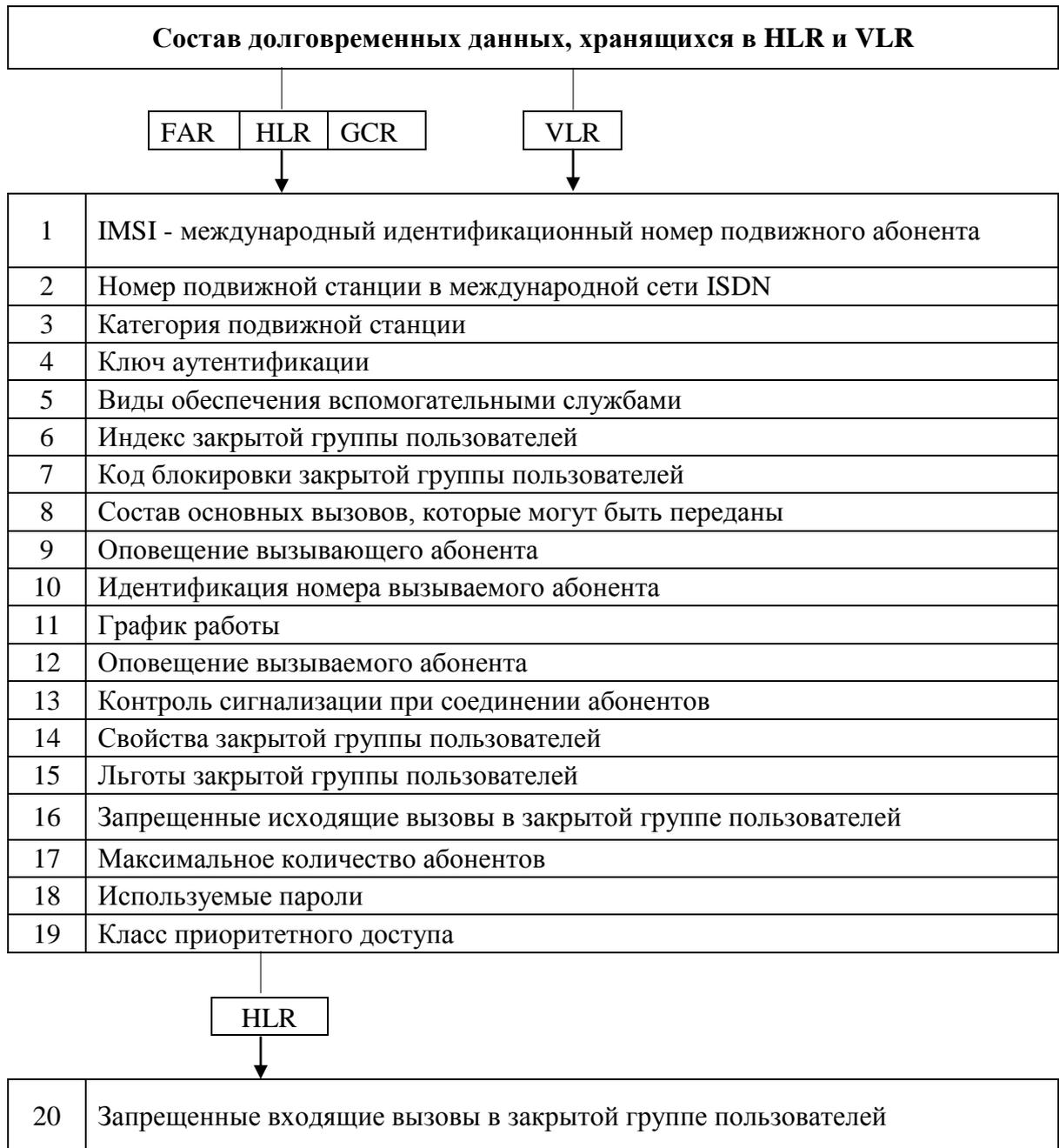


Рис. 2

Второе основное устройство, обеспечивающее контроль за передвижением подвижной станции из зоны в зону, – регистр перемещения VLR. С его помощью достигается функционирование подвижной станции за пределами зоны, контролируемой HLR. Когда в процессе перемещения подвижная станция переходит из зоны действия одного контроллера базовой станции BSC, объединяющего группу базовых станций, в зону действия другого BSC, она регистрируется новым BSC, и в VLR заносится информация о номере области связи, которая обеспечит доставку

вызовов подвижной станции. Для сохранности данных, находящихся в HLR и VLR, в случае сбоев предусмотрена защита устройств памяти этих регистров.

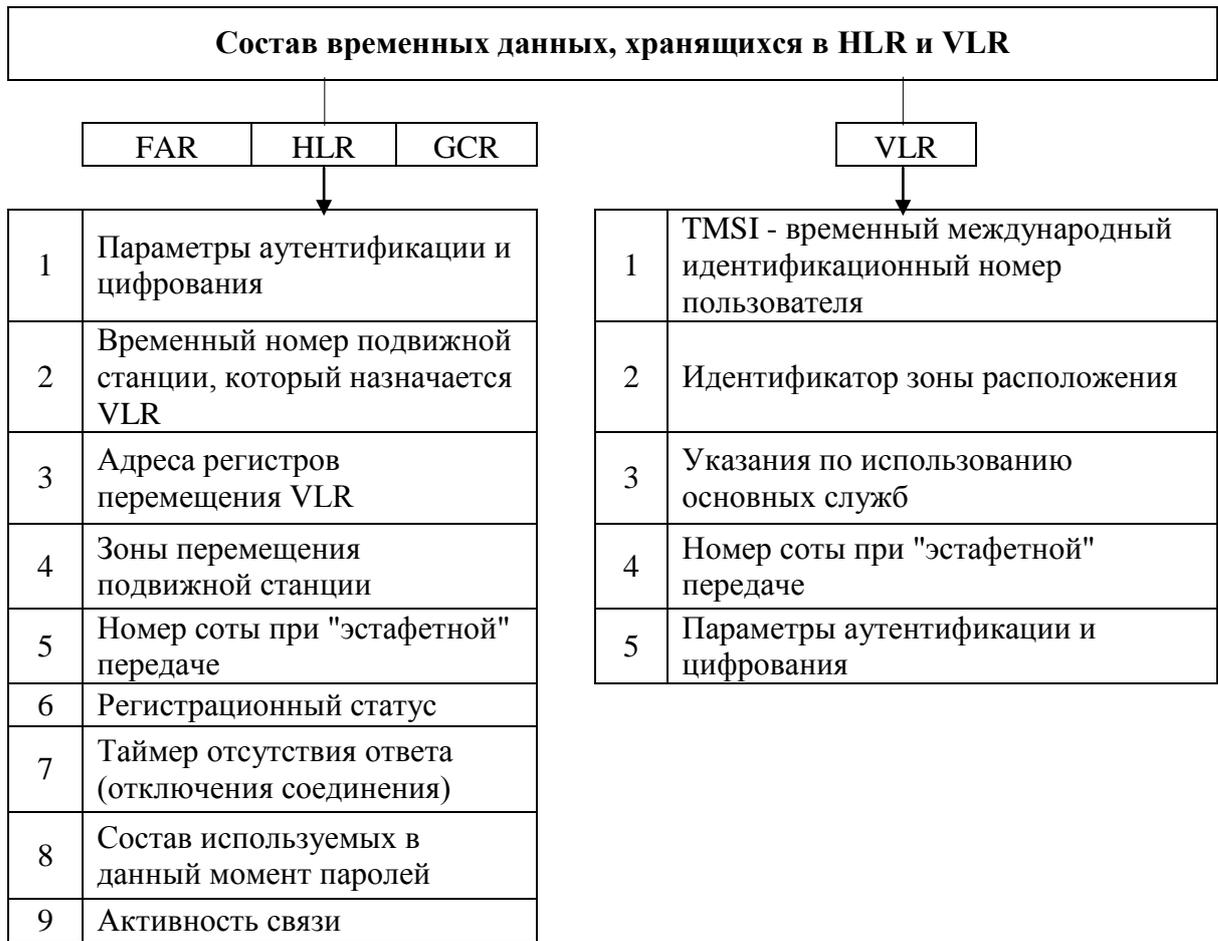


Рис. 3

VLR содержит такие же данные, как и HLR, однако эти данные содержатся в VLR только до тех пор, пока абонент находится в зоне, контролируемой VLR.

В сети подвижной связи GSM соты группируются в географические зоны LA, которым присваивается свой идентификационный номер LAC. Каждый VLR содержит данные об абонентах в нескольких LA. Когда подвижный абонент перемещается из одной LA в другую, данные о его местоположении автоматически обновляются в VLR. Если старая и новая LA находятся под управлением различных VLR, то данные на старом VLR стираются после их копирования в новый VLR. Текущий адрес VLR абонента, содержащийся в HLR, также обновляется.

VLR обеспечивает также присвоение номера "блуждающей" подвижной станции MSRN. Когда подвижная станция принимает входящий вызов, VLR выбирает его MSRN и передает его на MSC, который осуществляет маршрутизацию этого вызова к базовым станциям, находящимся рядом с подвижным абонентом.

VLR также распределяет номера передачи управления при передаче соединений от одного MSC к другому. Кроме того, VLR управляет распределением новых TMSI и передает их в HLR. Он также управляет процедурами установления подлинности во время обработки вызова. По решению оператора TMSI может периодически изменяться для усложнения процедуры идентификации абонентов. Доступ к базе данных VLR может обеспечиваться через IMSI, TMSI или MSRN. В целом VLR

представляет собой локальную базу данных о подвижном абоненте для той зоны, где находится абонент, что позволяет исключить постоянные запросы в HLR и сократить время на обслуживание вызовов.

Для исключения несанкционированного использования ресурсов системы связи вводятся механизмы аутентификации – удостоверения подлинности абонента. Центр аутентификации состоит из нескольких блоков и формирует ключи и алгоритмы аутентификации. С его помощью проверяются полномочия абонента и осуществляется его доступ к сети связи. AUC принимает решения о параметрах процесса аутентификации и определяет ключи шифрования абонентских станций на основе базы данных, сосредоточенной в регистре идентификации оборудования EIR.

Каждый подвижный абонент на время пользования системой связи получает стандартный модуль подлинности SIM-карты, который содержит международный идентификационный номер IMSI, свой индивидуальный ключ аутентификации, алгоритм аутентификации.

С помощью записанной в SIM информации в результате взаимного обмена данными между подвижной станцией и сетью осуществляется полный цикл аутентификации и разрешается доступ абонента к сети.

EIR – регистр идентификации оборудования, содержит централизованную базу данных для подтверждения подлинности международного идентификационного номера оборудования подвижной станции IMEI. Эта база данных относится исключительно к оборудованию подвижной станции. База данных EIR состоит из различных списков номеров IMEI.

К базе данных EIR получают дистанционный доступ MSC данной сети, а также MSC других подвижных сетей.

Как и в случае с HLR, сеть может иметь более одного EIR, при этом каждый EIR управляет определенными группами IMEI. В состав MSC входит транслятор, который при получении номера IMEI возвращает адрес EIR, управляющий соответствующей частью базы данных об оборудовании.

IWF – межсетевой функциональный стык, является одной из составных частей MSC. Он обеспечивает абонентам доступ к средствам преобразования протокола и скорости передачи данных так, чтобы можно было передавать их между его терминальным оборудованием DTE сети GSM и обычным терминальным оборудованием фиксированной сети. IWF также обеспечивает интерфейсы прямого соединения для различных протоколов, включая пакетную передачу данных PAD.

ЕС – эхоподавитель, используется в MSC со стороны PSTN для всех телефонных каналов (независимо от их протяженности) из-за физических задержек в трактах распространения, включая радиоканал, сетей GSM. Типовой эхоподавитель может обеспечивать подавление в интервале 68 миллисекунд на участке между выходом ЕС и телефоном фиксированной телефонной сети. Общая задержка в канале GSM при распространении в прямом и обратном направлениях, вызванная обработкой сигнала, кодированием/декодированием речи, канальным кодированием и т.д., составляет около 180 мс. Эта задержка была бы незаметна подвижному абоненту, если бы в телефонный канал не был включен гибридный трансформатор с преобразованием тракта с двухпроводного на четырехпроводный режим, установка которого необходима в MSC, так как стандартное соединение с PSTN является двухпроводным. При соединении двух абонентов фиксированной сети эхо-сигналы отсутствуют. Без включения ЕС задержка от распространения сигналов в тракте GSM будет вызывать ухудшение качества связи.

ОМС – центр эксплуатации и технического обслуживания, является центральным элементом сети GSM, который обеспечивает контроль и управление

другими компонентами сети и контроль качества ее работы. ОМС соединяется с другими компонентами сети GSM по каналам пакетной передачи.

ОМС обеспечивает функции обработки аварийных сигналов, предназначенных для оповещения обслуживающего персонала, и регистрирует сведения об аварийных ситуациях в других компонентах сети. В зависимости от характера неисправности ОМС позволяет обеспечить ее устранение автоматически или при активном вмешательстве персонала. ОМС может обеспечить проверку состояния оборудования сети и прохождения вызова подвижной станции. ОМС позволяет производить управление нагрузкой в сети. Функция эффективного управления включает сбор статистических данных о нагрузке от компонентов сети GSM, записи их в дисковые файлы и вывод на дисплей для визуального анализа. ОМС обеспечивает управление изменениями программного обеспечения и базами данных о конфигурации элементов сети. Загрузка программного обеспечения в память может производиться из ОМС в другие элементы сети или из них в ОМС.

NMC – центр управления сетью, позволяющий обеспечивать рациональное иерархическое управление сетью GSM. Он обеспечивает эксплуатацию и техническое обслуживание на уровне всей сети, поддерживаемой центрами ОМС, которые отвечают за управление региональными сетями. NMC обеспечивает управление трафиком во всей сети и обеспечивает диспетчерское управление сетью при сложных аварийных ситуациях (например, выход из строя или перегрузка узлов). Кроме того, он контролирует состояние устройств автоматического управления, задействованных в оборудовании сети, и отражает на дисплее состояние сети для операторов NMC. Это позволяет операторам контролировать региональные проблемы и, при необходимости, оказывать помощь ОМС, ответственному за конкретный регион. Таким образом, персонал NMC контролирует состояние всей сети и может дать указание персоналу ОМС изменить стратегию решения региональной проблемы.

NMC концентрирует внимание на маршрутах сигнализации и соединениях между узлами с тем, чтобы не допускать условий для возникновения перегрузки в сети. Контролируются также маршруты соединений между сетью GSM и PSTN во избежание перегрузки между сетями. При этом персонал NMC координирует вопросы управления сетью с персоналом других NMC. NMC обеспечивает также возможность управления трафиком для сетевого оборудования подсистемы базовых станций BSS. Операторы NMC в экстремальных ситуациях могут задействовать такие процедуры управления, как "приоритетный доступ", когда только абоненты с высоким приоритетом могут получить доступ к системе.

NMC может брать на себя ответственность в каком-либо регионе, когда местный ОМС является необслуживаемым, при этом ОМС действует в качестве транзитного пункта между NMC и оборудованием сети. NMC обеспечивает операторов функциями, аналогичными функциям ОМС.

NMC является также важным инструментом планирования сети, так как NMC контролирует сеть и ее работу на сетевом уровне, а, следовательно, обеспечивает планировщиков сети данными, определяющими ее оптимальное развитие.

BSS – оборудование базовой станции, состоит из контроллера базовой станции BSC и приемо-передающих базовых станций BTS. Контроллер базовой станции может управлять несколькими приемо-передающими блоками. BSS управляет распределением радиоканалов, контролирует соединения, регулирует их очередность, обеспечивает режим работы с прыгающей частотой, модуляцию и демодуляцию сигналов, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию скорости передачи для речи, данных и вызова, определяет очередность передачи сообщений персонального вызова.

BSS совместно с MSC, HLR, VLR выполняет некоторые функции, например: освобождение канала, главным образом, под контролем MSC, но MSC может запросить базовую станцию обеспечить освобождение канала, если вызов не проходит из-за радиопомех. BSS и MSC совместно осуществляют приоритетную передачу информации для некоторых категорий подвижных станций.

TCE (TRAU) – транскодер, обеспечивает преобразование выходных сигналов канала передачи речи и данных MSC (64 кбит/с ИКМ) к виду, соответствующему рекомендациям GSM по радиоинтерфейсу (Рек. GSM 04.08). В соответствии с этими требованиями скорость передачи речи, представленной в цифровой форме, составляет 13 кбит/с. Этот канал передачи цифровых речевых сигналов называется "полноскоростным".

Транскодер обычно располагается вместе с MSC, тогда передача цифровых сообщений в направлении к контроллеру базовых станций - BSC ведется с добавлением к потоку со скоростью передачи 13 кбит/с, дополнительных битов (стаффинговое) до скорости передачи 16 кбит/с. Затем осуществляется уплотнение с кратностью 4 в стандартный канал 64 кбит/с. Так формируется определенная Рекомендациями GSM 30-ти канальная ИКМ-линия (E1), обеспечивающая передачу 120 речевых каналов. Шестнадцатый канал (64 кбит/с), "временное окно", выделяется отдельно для передачи информации сигнализации и часто содержит трафик SS 7 или LAPD. В другом канале (64 кбит/с) могут передаваться также пакеты данных, согласующиеся с протоколом X.25.

Таким образом, результирующая скорость передачи по указанному интерфейсу составляет $30 \times 64 \text{ кбит/с} + 64 \text{ кбит/с} + 64 \text{ кбит/с} = 2048 \text{ кбит/с}$.

Все внутренние интерфейсы сетей GSM должны соответствовать требованиям Рекомендаций ETSI/GSM 03.02.

Интерфейс между MSC и BSS (A-интерфейс) обеспечивает передачу сообщений для управления BSS, передачи вызова, управления передвижением. A-интерфейс объединяет каналы связи и линии сигнализации. Последние используют протокол SS 7 ISUP2. Полная спецификация A-интерфейса соответствует требованиям серии 08 Рекомендаций ETSI/GSM.

Интерфейс между MSC и HLR совмещен с VLR (B-интерфейс). Когда MSC необходимо определить местоположение подвижной станции, он обращается к VLR. Если подвижная станция инициирует процедуру местонахождения с MSC, он информирует свой VLR, который заносит всю изменяющуюся информацию в свои регистры. Эта процедура происходит всегда, когда MS переходит из одной области местонахождения в другую. В случае, если абонент запрашивает специальные дополнительные услуги или изменяет некоторые свои данные, MSC также информирует VLR, который регистрирует изменения и при необходимости сообщает о них HLR.

Интерфейс между MSC и HLR (C-интерфейс) используется для обеспечения взаимодействия между MSC и HLR. MSC может послать указание (сообщение) HLR в конце сеанса связи для учета трафика разговора. Когда сеть фиксированной телефонной связи не способна исполнить процедуру установления вызова подвижного абонента, MSC может запросить HLR с целью определения местоположения абонента для того, чтобы послать вызов MS.

Интерфейс между HLR и VLR (D-интерфейс) используется для расширения обмена данными о положении подвижной станции, управления процессом связи. Основные услуги, предоставляемые подвижному абоненту, заключаются в возможности передавать или принимать сообщения независимо от местоположения. Для этого HLR должен пополнять свои данные. VLR сообщает HLR о положении MS,

управляя ею и переназначая ей номера в процессе блуждания, посылает все необходимые данные для обеспечения обслуживания подвижной станции.

Интерфейс между MSC (E-интерфейс) обеспечивает взаимодействие между разными MSC при осуществлении процедуры HANDOVER – "передачи" абонента из зоны в зону при его движении в процессе сеанса связи без ее прерыва.

Интерфейс между BSC и BTS (A-bis интерфейс) служит для связи BSC с BTS и определен Рекомендациями ETSI/GSM для процессов установления соединений и управления оборудованием, передача осуществляется цифровыми потоками со скоростью 2,048 Мбит/с. Возможно использование физического интерфейса 64 кбит/с.

Интерфейс между BSC и OMC (O-интерфейс) предназначен для связи BSC с OMC, используется в сетях с пакетной коммутацией.

Внутренний BSC-интерфейс контроллера базовой станции обеспечивает связь между различным оборудованием BSC и оборудованием транскодирования TCE (TRAU), использует стандарт ИКМ-передачи 2,048 Мбит/с и позволяет организовать из четырех каналов со скоростью 16 кбит/с один канал на скорости 64 кбит/с.

Интерфейс между MS и BTS (Um-радиоинтерфейс) определен в сериях 04 и 05 Рекомендаций ETSI/GSM.

Сетевой интерфейс между OMC и сетью, так называемый управляющий интерфейс между OMC и элементами сети, определен ETSI/GSM Рекомендациями 12.01 и является аналогом Q.3-интерфейса, который определен в многоуровневой модели открытых сетей ISO OSI.

Соединение сети с OMC могут обеспечиваться системой сигнализации SS 7 или сетевым пакетным протоколом для соединений с объединенными сетями или с PSDN в открытом или закрытом режимах.

Протокол управления и обслуживания сети GSM-R также должен удовлетворять требованиям Q.3-интерфейса, который определен в ETSI/GSM Рекомендациях 12.01.

Интерфейс между MSC и сервис-центром SMSC необходим для реализации службы коротких сообщений. Он определен в ETSI/GSM Рекомендациях 03.40.

Интерфейс к другим OMC обеспечиваются X-интерфейсами в соответствии с Рекомендациями ETSI M.30. Для взаимодействия OMC с сетями высших уровней используется Q.3-интерфейс.

2.2 Архитектура сети

Базовая архитектура стандартной сети GSM приведена на рис. 4. Использование компонентов мобильных сетей общего пользования гарантирует высокую надежность системы, так как в ней предусмотрена избыточность аппаратных средств, а функции программного обеспечения предусматривают обработку отказов. Эти компоненты широко распространены на рынке и используют современную технологию, которая уже в течение многих лет применяется в сетях общего пользования. Наличие развитой инфраструктуры стандартной сети GSM исключает необходимость создания собственного специализированного оборудования для сети железных дорог, что, в свою очередь, существенно снижает затраты администраций на эксплуатацию и техническое обслуживание сети.

Особые требования, предъявляемые к сетям GSM-R, связаны с обеспечением гарантированной связи при скоростях движения объектов до 500 км/ч. Кроме того, необходимо обеспечить равномерное покрытие железнодорожного пространства, особенно в пределах железнодорожных станций и маневровых зон, вне зависимости от того, на какой местности лежит полотно – в тоннеле или на открытом пространстве.

Связь должна устанавливаться в очень короткий срок, а скорость переключения между сетями должна быть максимальной. И наконец, каналы передачи должны быть всегда доступны.

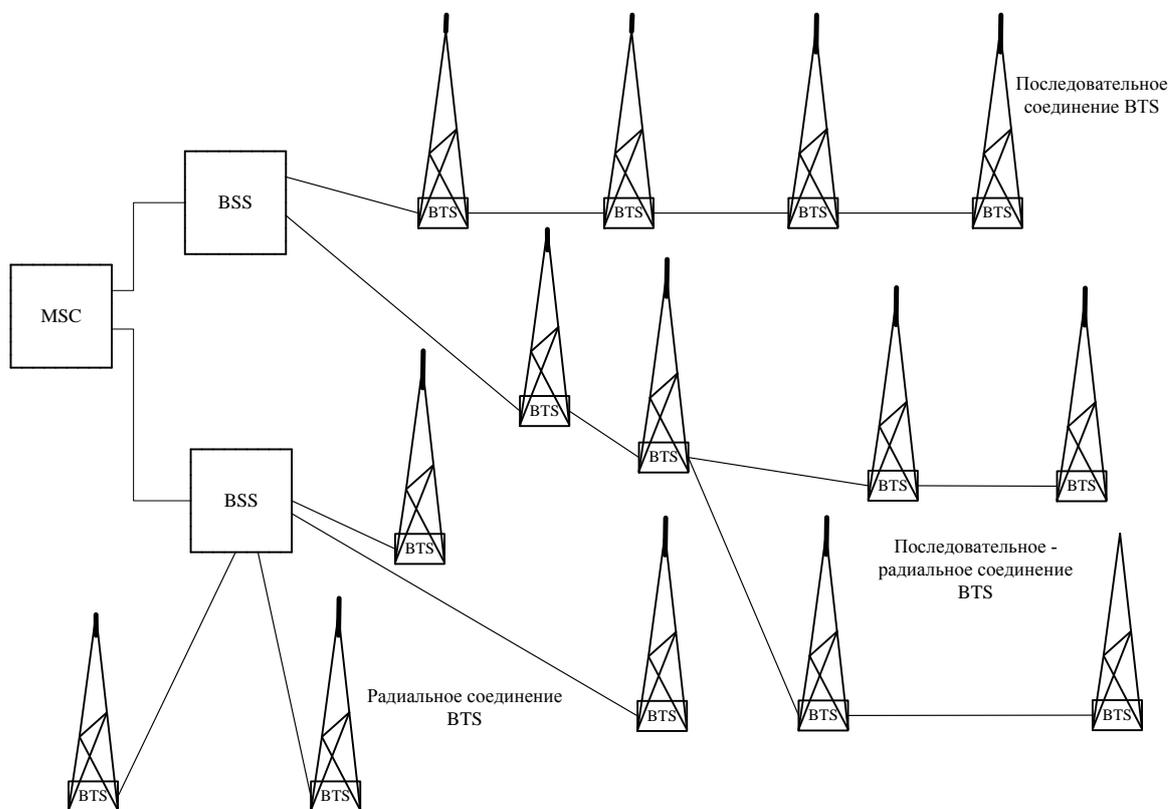


Рис. 4

Эти требования являются более или менее строгими для различных приложений GSM-R. Кроме того, при построении сети следует учитывать, планирует администрация железной дороги развертывание общегосударственной сети или же лишь оборудование системами GSM-R скоростных и международных магистралей. Помимо предусмотренной избыточности коммутатора и базовых станций, в GSM-R должны быть реализованы некоторые дополнительные концепции, гарантирующие повышенную надежность системы. Как известно, критическим местом в любой системе является точка подключения кабеля к BTS. Поскольку надежность медного кабеля или оптоволоконного кабеля в сочетании с необходимыми устройствами линейного окончания (HDSL-модемами или мультиплексорами ввода/вывода) не является обязательно такой же, как надежность самих BTS и BSC, даже очень высоконадежная BTS не обеспечит улучшения доступности системы. По этой причине железнодорожные сети с высокими требованиями к данному параметру должны использовать петлевую архитектуру. Такой подход имеет свои преимущества, поскольку перекрытие BTS двух различных петель уменьшит последствия выхода из строя BTS или BSC. Радиальное соединение используется специально для секторизованных BTS с несколькими носителями. При последовательном соединении BTS в случае сбоя BTS или дефекта интерфейса канала связи для соединения A_{bis} реле производит сквозное переключение канала E1 к следующей BTS. Переключение будет „мягким“ для соединения.

Последовательно – радиальная схема используется при недостаточном количестве каналов на определенных участках. Функционирование в случае выхода из строя BTS или канала связи аналогично первым описанным типам соединений.

На рис. 5 изображена структура, обеспечивающая более высокие показатели надежности системы.

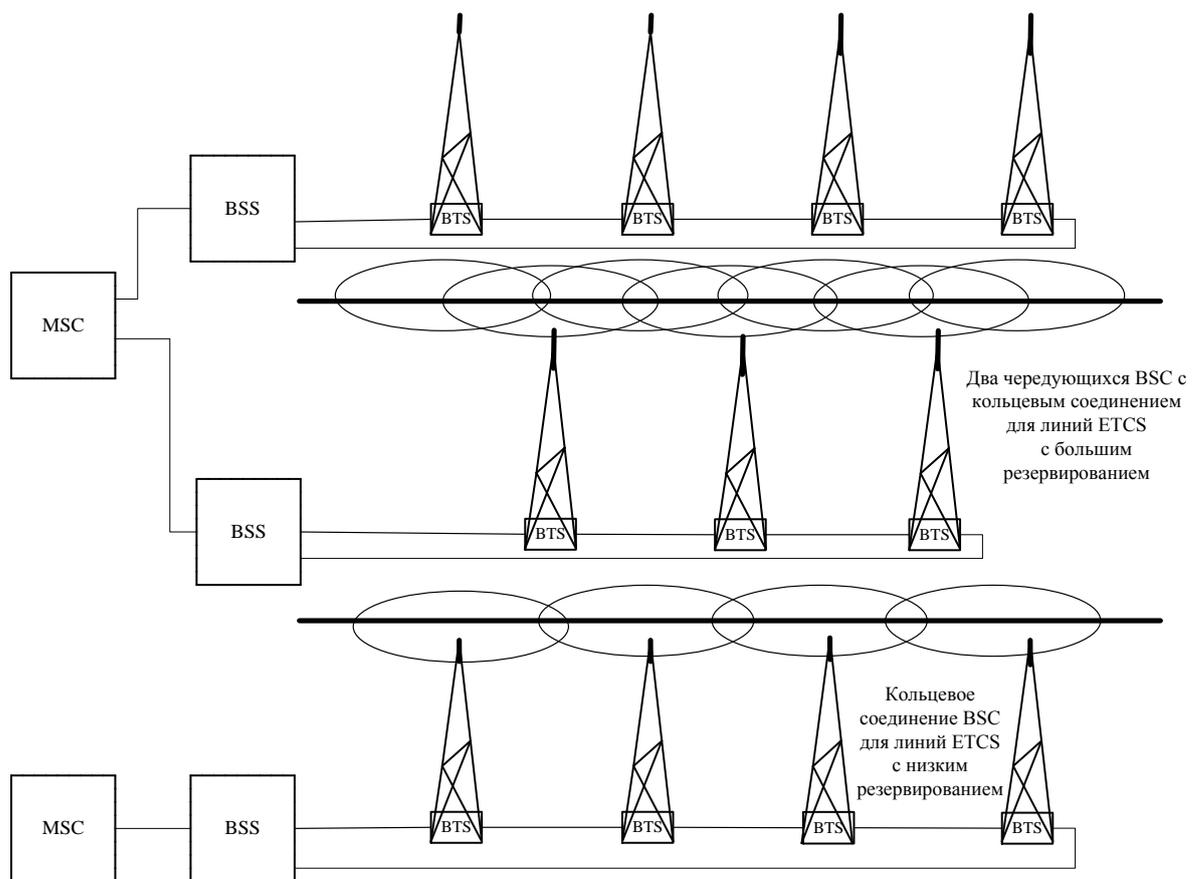


Рис. 5

При использовании резервированных каналов связи SDH надежность системы будет определяться бесперебойностью работы BTS и интерфейсов каналов, поэтому предпочтительнее схема организации связи с высоким резервированием или с полным резервированием (Рис. 6).

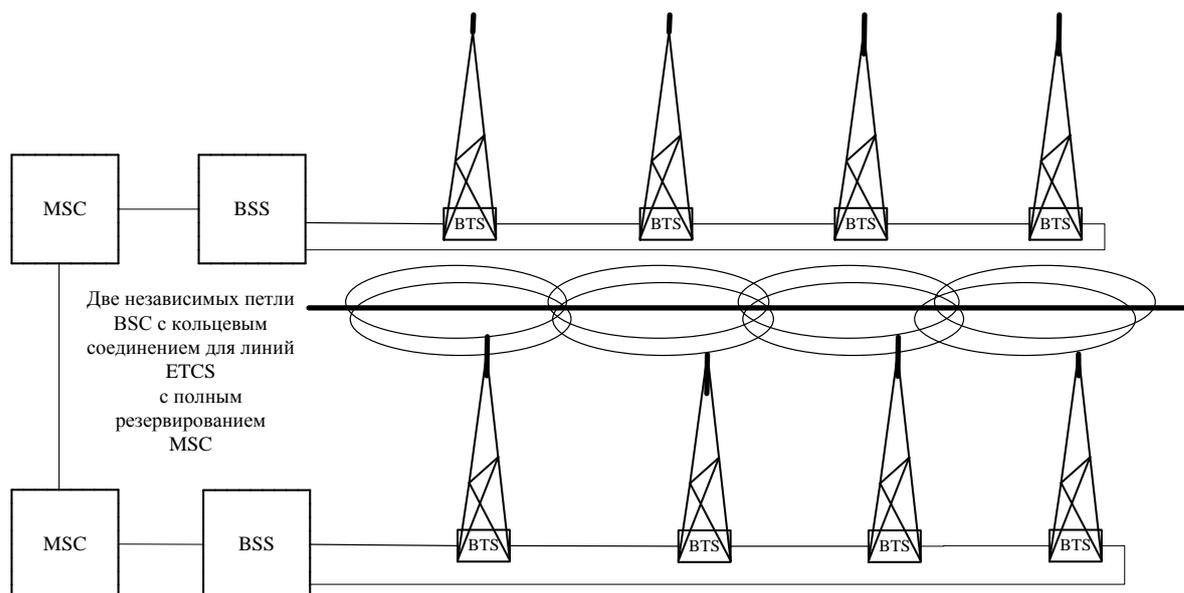


Рис. 6

Показанный выше вариант представляет собой полностью дублируемую сетевую структуру с соотнесенными или расположенными в шахматном порядке радиоячейками.

Типовая сеть GSM-R состоит из нескольких эллиптических ячеек вдоль железнодорожных путей, предпочтительно с направленными антеннами по направлению пути. Часто используются составные ячейки, т.е. направленные антенны вдоль пути, которые образуют только одну ячейку. Использование этой технологии предпочтительно на линиях с ETCS при желании уменьшить число переключений.

На железнодорожных станциях требуется большее количество трафика, в то время как требования по скорости снижаются. Поэтому большие железнодорожные станции, как правило, должны быть оборудованы секторизованными ячейками. Для участков с низкоскоростным железнодорожным сообщением требуется просто речевая связь среднего уровня. Здесь ячейки могут функционировать как ненаправленные (участки без ETCS). Различные по направленности ячейки приведены на рис. 7.

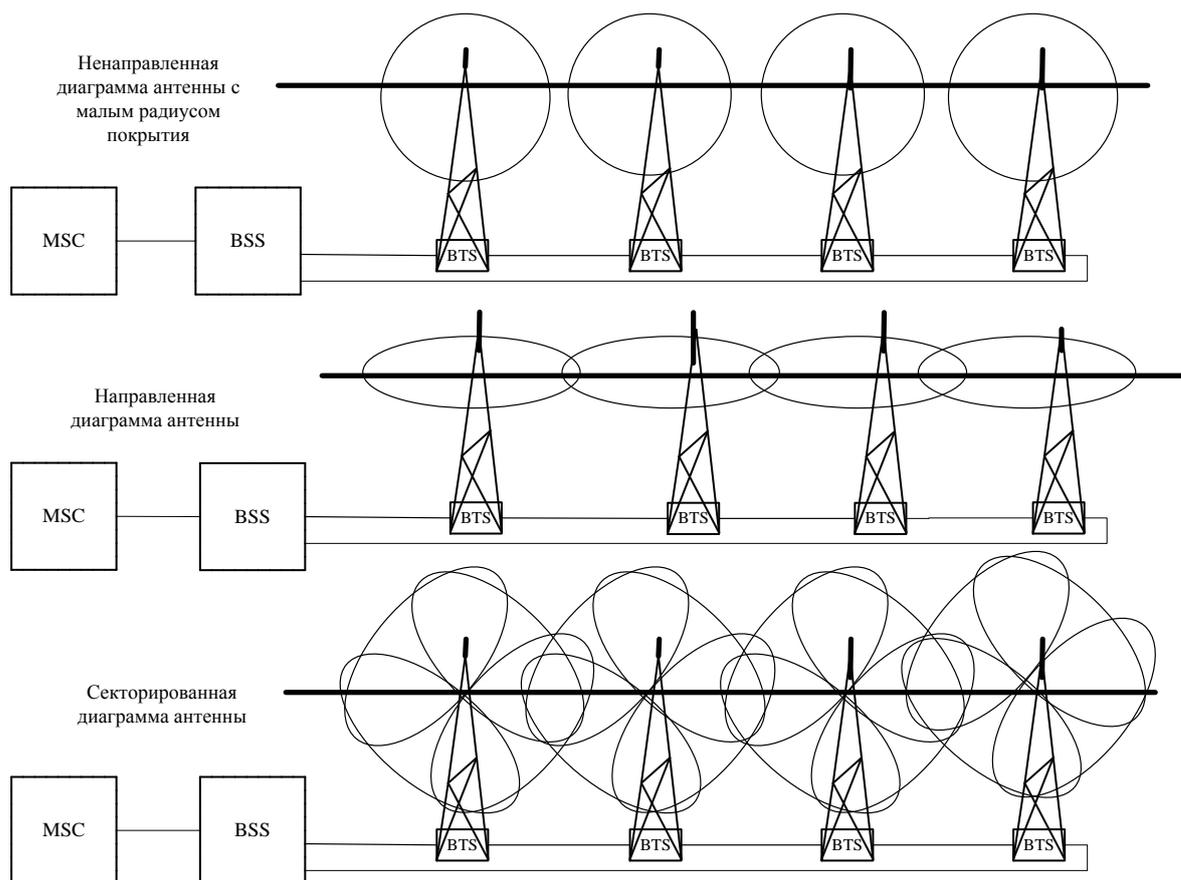


Рис. 7

Взаимодействие национальных сетей GSM-R рекомендуется выполнить по утвержденной схеме увязки национальных телекоммуникационных железнодорожных узлов стран – членов ОСЖД по выделенным каналам E1 рекомендации G.703. Количество соединительных каналов как минимум два по альтернативным маршрутам, сигнализация взаимодействия с протоколом SS7 ISUP2. Количество транзитных узлов в соединении не должно превышать два.

2.3 Услуги сети

Большинство требований железнодорожных сетей связи может быть удовлетворено посредством обычных услуг стандартного GSM. Кроме того, сети, построенные по стандарту GSM-R, должны обладать рядом дополнительных свойств, в числе которых предоставление расширенных услуг телефонной связи ASCII, которые позволяют удовлетворить особые потребности железных дорог за счет применения групповых VGCS и циркулярных VBS вызовов, а также механизма приоритетов eMLPP.

Ниже рассмотрены основные специфичные функции системы связи GSM-R.

Групповой звонок VGCS – это голосовое соединение между несколькими участниками в границах заранее определенной области (групповой звонок передается только на заранее определенные станции определенной области, Service Area), где все участники разговора должны быть членами одной группы. Групповой звонок может инициировать любой участник группы, набрав номер группового вызова.

Одновременно может говорить только один участник группы. Разговорный канал можно активизировать, нажав кнопку разговора (Push-to-Talk-Taste PTT). Участник может присоединиться к разговору и после его начала (Late Entry). Инициатор группового звонка группу может оставить, прервав групповой звонок или оставив его в силе. В этом случае участники разговора могут его продолжать. Один участник может быть членом различных групп. В группе могут быть одновременно клиенты мобильной и стационарной сети телекоммуникаций. Если активизируется групповой звонок, участник может выбрать, принять его или нет.

В соответствии со стандартом GSM-R на SIM-карте может быть установлено до 50 групп. Количество участников в группе не ограничено. Чтобы получить групповой звонок, соответствующая группа должна быть активирована на SIM-карте.

Голосовое вещание и голосовые сборные звонки VBS. В отличие от Voice Group Call Service, Voice Broadcast Service – это соединение одного участника в одном направлении со многими участниками в определенной области (Service Area). Эти участники должны быть членами одной VBS-группы. Говорить может только тот, кто инициировал вещание, и только он может прервать соединение. И здесь участник может быть членом многих групп.

В отношении групп здесь распространяются те же правила, как при групповых звонках.

Преимущество и исключение - приоритеты eMLPP. Различным видам звонков можно присвоить различные приоритеты. Приоритетные классы установлены МСЖД в соответствии с таблицей 1. Звонки с более высоким приоритетом в случае проблемы сети, когда нет свободных каналов, отключают звонки с более низким приоритетом.

Таблица 1

Категории приоритетов МСЖД		
Приоритет МСЖД	eMLPP	Категории приоритета
Вызов в случае железнодорожной аварийной ситуации	0	Высшая
Управление поездом и безопасность	1	
Вызов в случае публичной внештатной ситуации	2	
Железнодорожное движение/ эксплуатация	3	
Железнодорожная информация и другие звонки	4	Низшая

Эти функции являются важными для организации железнодорожного движения. Высший приоритет всегда у тех соединений, которые относятся к безопасности движения.

Дополнительно к функциям ASCII железная дорога использует такие специфические функции, как, например, особая адресация разговора. Эти функции частично были специально разработаны для нужд GSM-R или уже включены в GSM, но только теперь активно используются.

Функциональная адресация FA. В случае функциональной адресации звонок адресуется, используя не номер адресата, который присвоен его конечному терминалу,

например, номер MSISDN, а функцию или должность (функциональный номер, функциональный адрес).

Адресация, зависящая от места LDA. В случае звонка по адресации, зависящей от географической зоны, соединения составлены для производителей определенных функций в зависимости от места нахождения звонящего, например, для имеющихся центров управления поездами на определенной территории.

Железнодорожные аварийные вызовы. Железнодорожные внеочередные вызовы – это групповые звонки, которые с высшим приоритетом адресованы всем участникам какой-либо группы по заранее установленной географической области (Service Area). Они используют функцию eMLPP и поэтому исключают во время звонка имеющиеся другие соединения. Имеются два вида внеочередных звонков: внеочередной звонок поездного движения и внеочередной звонок маневровых и сортировочных работ. Если производится аварийный звонок, прерываются все простые разговоры, даже связанные с организацией движения и маневровой работы. Эти услуги могут быть реализованы в системе поездной радиосвязи, где диспетчер может, например, вызвать все поезда, находящиеся в пределах зоны группового вызова, составленной из зон действия нескольких базовых радиостанций. Механизм приоритетов вызовов и их замещения работает при разных уровнях загрузки сети, т. е. экстренный вызов поезда возможен в любое время даже при занятых ресурсах.

Режим прямой связи Direct Mode. Для данной функции, прямое соединение между конечным оборудованием без использования инфраструктуры, зарезервированы 5 частот между 876.0125 и 876.0625 MHz с разносом через 125 KHz.

EIRENE выделяет четыре категории специфичных услуг для систем GSM-R.

Железнодорожная сигнализация. Эта категория услуг непосредственно связана с задачей управления движением. Бортовой поездной компьютер должен передавать данные о нахождении поезда, его скорости, количестве вагонов и другую информацию в Радио Блок Центры автоблокировки (RBC). Сеть RBC сравнивает данные, полученные от всех поездов в соответствующей зоне, рассчитывает необходимую информацию о профиле скорости для каждого поезда и передает ее на бортовой компьютер. Такой подход в сочетании с отсутствием проводных каналов позволяет перейти от традиционной фиксированной блочной структуры управления движением к подвижной блочной структуре. При этом появляется возможность уменьшения средней безопасной дистанции между поездами, что позволяет оптимизировать движение и минимизировать задержки поездов. Эти функции реализуются в рамках европейской системы управления железнодорожным движением и европейской системы управления поездом ERTMS/ETCS. Путевое и бортовое оборудование ERTMS/ETCS имеет модульную архитектуру, которая обеспечивает гибкую установку на различных типах транспортных средств и адаптацию к различным путевым интерфейсам. RBC формируют команды, исходя из информации, получаемой от системы централизации и блокировки, в соответствии со стандартами ERTMS/ETCS и передают их транспортным средствам с помощью мобильной радиосвязи GSM-R. Бортовые системы обрабатывают получаемую информацию. Это позволяет вести наблюдение за такими параметрами, как разрешенная скорость на линии и кривыми торможения, которые отображаются на экране интерфейса машиниста. Транспортные средства сообщают свое местоположение на RBC. Описание функциональных принципов системы ERTMS/ETCS приведено ниже в разделе 5.

К категории железнодорожной сигнализации или передачи данных относятся также услуги, связанные с дистанционным управлением различными функциональными устройствами, начиная с дистанционного управления маневровыми

локомотивами, кранами и сигнальными мостиками и заканчивая телеуправлением и телеконтролем различными объектами инфраструктуры.

Функциональная голосовая связь. Поездное радио охватывает широкий набор различных функциональных систем связи, каждая из которых характеризуется типичным набором услуг, пришедших из оперативно-технологических радиосистем. Эти услуги должны поддерживаться системой GSM-R с модификациями и расширениями. Помимо этого, должны быть обеспечены и дополнительные услуги. Основная функция поездного радио заключается в обеспечении связи поездного или маневрового диспетчера с машинистом поезда и наоборот. В аварийных ситуациях соответствующие должностные лица должны иметь возможность связаться с любым поездом, а также иметь доступ к выделенным и другим функциям поездов в пределах конкретной зоны.

Члены маневровых бригад также должны связываться друг с другом и с фиксированным диспетчерским центром. Обычно дуплексная связь для таких бригад необходима только для обеспечения соединений «точка–точка», тогда как при групповом вызове может использоваться симплексный режим. Эта услуга в зависимости от требований конкретной железной дороги может быть либо непосредственно определена в GSM-R как мультиабонентский вызов, либо реализована с помощью бортовой проводной системы.

Персонал бригад путевого, электротехнического хозяйства использует сегодня либо радиостанции, либо установленные вдоль железнодорожных путей телефоны, обеспечивающие связь через проводные линии, либо мобильные телефоны публичного пользования. Это требует большого количества различных терминалов, что увеличивает расходы на эксплуатацию и техобслуживание.

Персонал бригад, обслуживающий инфраструктуру, должен использовать терминалы GSM-R, а установленные вдоль путей телефонные аппараты должны использоваться в аварийных ситуациях. Радиотелефонные трубки путевых бригад и установленные вдоль путей телефонные аппараты должны поддерживать взаимное соединение посредством увязки GSM-R и фиксированной сетей. Локальная связь на железнодорожных станциях и участках обычно обеспечивается посредством фиксированных сетей PABX, PBX. Для улучшения функциональности и доступности эти сети могут быть подключены к GSM-R MSC/VLR непосредственно или как удаленные устройства доступа.

Глобальная связь в современных железнодорожных сетях обычно представляет собой связь между различными железнодорожными организациями. Сегодняшние требования мобильности для этого типа соединений существуют только до определенного предела. Поэтому данная категория услуг может быть отнесена к связи с низкой мобильностью или без мобильности вообще и не будет использовать GSM-R для поддержки своего функционального назначения. Тем не менее, в зависимости от концепции конкретной железной дороги, эти абоненты могут подключаться к виртуальным частным сетям с помощью SSS GSM-R.

Дополнительные услуги связи для пассажиров. Сегодня пассажиры не могут получить по бортовой связи полной информации, касающейся поездки, или справок от поездного персонала. В будущем информация в пути следования должна быть доступна через сеть радиосвязи. Новые услуги, такие как резервирование билетов, изменение или отмена брони, доведение информации об изменениях в расписании движения поездов, о задержках и пересечениях поездов для транзитных пассажиров, заказ гостиницы, такси или авиабилетов, планирование маршрута, должны быть доступны для пассажиров.

Приложения GSM-R по определению EIRENE

Таблица 2

Требования по железнодорожной сигнализации	Автоматическое управление движением поездов Дистанционное управление
Оперативная речевая связь	Оперативная связь диспетчер-машинист Вещание в аварийной зоне Маневровая, станционная радиосвязь Оперативная связь машинист-машинист Технологическая железнодорожная связь Поездная радиосвязь Ремонтно-оперативная радиосвязь
Локальная и глобальная (не оперативная) связь для передачи речи и данных	Местная связь на станциях и в депо Глобальная связь
Обслуживание пассажиров	Услуги для пассажиров

2.4 Система нумерации

План нумерации сети GSM – R можно рассматривать на следующих уровнях:

- межгосударственный уровень открытых пользователей* – роуминг обеспечивается аналогично публичной сети GSM по национальному коду страны;
- межгосударственный уровень нумерации поездов международного обращения* – роуминг обеспечивается в выделенном каждым железнодорожным предприятием диапазоне нумерации с конвертацией в уникальный (неповторяющийся) номер поезда, «двойная нумерация» с соединением по национальному коду страны;
- национальный уровень открытых пользователей (технологическая связь)* – роуминг обеспечивается аналогично публичной сети GSM внутри страны в выделенном каждому железнодорожному предприятию диапазоне нумерации. Перечисленные выше уровни нумерации должны находиться в базах данных пользователей во всех национальных сетях GSM – R;
- национальный закрытый план нумерации поездов международного, местного и пригородного обращения с присвоением уникального номера каждой графиковой нитке (номер поезда), каждой тяговой (самоходной) подвижной единице и конвертацией в равномерный семизначный план;*
- национальный закрытый план нумерации операторов движения, поездных диспетчеров;*
- национальный закрытый/открытый план нумерации отдельно по всем специализированным службам железнодорожного предприятия;*
- национальный закрытый план нумерации по кругам поездной диспетчерской радиосвязи;*
- национальный закрытый план нумерации по кругам маневровой радиосвязи;*

национальный закрытый план нумерации по кругам оперативной радиосвязи; национальный закрытый/открытый план аварийной нумерации поезда и маневровой диспетчерской радиосвязи.

Для обеспечения межгосударственных и национальных соединений должен быть выделен нумерационный ресурс публичного диапазона, для большинства стран достаточно стотысячного индекса. Вызов абонента другой железнодорожной сети осуществляется путем набора номера + XXX (код страны) АВxxxxx (номер абонента).

Пример деления общего нумерационного ресурса

Таблица 3

Национальный план нумерации GSM-R (общее деление диапазонов)			
Группы пользователей	Межгосударственный уровень пользователей	Национальный уровень открытых пользователей	Национальный уровень закрытых пользователей
Деление диапазонов нумерации	АВ10000 - АВ19999 (десятитысячная группа, для больших стран - несколько десятитысячных групп)	АВ20000 - АВ99999 (несколько десятитысячных групп, для больших стран - стотысячных групп)	АВ50000 - АВ99999 (несколько десятитысячных групп, дублирование номеров открытого доступа)

Пример деления нумерационного ресурса межгосударственного уровня

Таблица 4

Межгосударственный уровень пользователей GSM-R							
Группы пользователей	Международные поезда		Пользователи международного уровня				
	пассажирского обращения	грузового обращения	служба движения	пассажирская служба	коммерческая служба	Служба, обслуживающая инфраструктуру	другие пользователи
Деление диапазонов нумерации	АВ11000 - АВ11999	АВ12000 - АВ13999	АВ14000 - АВ14999	АВ15000 - АВ15999	АВ16000 - АВ16999	АВ17000 - АВ17999	АВ18000 - АВ19999

Пример деления нумерационного ресурса национального уровня

Таблица 5

Национальный уровень открытых пользователей GSM- R												
Группы пользователей	Подвижные рельсовые средства				Пользователи национального уровня							
	поезда пассажирского обращения	поезда грузового обращения	рабочие поезда	тяговые, самоходные моторельсовые	служба движения	пассажирская служба	коммерческая служба	Служба, обслуживающая инфраструктуру	локомотивная служба	вагонная служба	администрация дирекции	другие пользователи
Деление диапазонов нумерации	AB20000 - AB21999	AB22000 - AB25999	AB26000 - AB26999	AB27000 - AB29999	AB30000 - AB39999	AB40000 - AB49999	AB50000 - AB59999	AB60000 - AB69999	AB70000 - AB79999	AB80000 - AB89999	AB90000 - AB99999	AB00000 - AB09999

Структура нумерационного плана публичной мобильной сети GSM

Таблица 6

Структура номера GSM		
MCC	MNC	MSISDN
Код государственной мобильной сети	Код мобильной сети	Мобильный идентификационный номер абонента
1-3 цифры	2-3 цифры	макс. 10 цифр (обычно 5-6 цифр)
	7-9 цифр скоординированного закрытого национального плана нумерации	
максимально 16 цифр		

В основе плана нумерации GSM-R лежит функциональная адресация, с помощью которой можно производить звонки в пределах одной сети GSM-R.

Структура нумерационного плана мобильной сети GSM-R

Таблица 7

Структура номера GSM-R согласно EIRENE			
IC	CT	UIN	FN
Код страны (CC)	Тип звонка (префикс выбора направлений)	Мобильный идентификационный номер абонента	Функциональный номер
1-3 цифры	1-2 цифры	макс. 10 цифр	8-10 цифр
максимально 16 цифр (UIN или FN)			

Некоторым европейским странам, где строго контролируется соблюдение скоординированного закрытого плана национальной нумерации, придется использовать «параллельные» планы 7-8-значной нумерации как публичной, так и функциональной закрытой нумерации.

2.5 Синхронизация

Синхронизация национального уровня системы GSM – R обеспечивается в соответствии с рекомендациями производителя коммутационного и сетевого оборудования.

Синхронизацию межгосударственного уровня рекомендуется выполнять по приоритету более стабильного тактового генератора и на двухсторонней основе устанавливать ведомый/ведущий статус центрального коммутационного узла. Для синхронизации используется выделенный тайм-слот в канале E1. Рекомендуется не использовать тактовые генераторы со стабильностью хуже 10 в минус десятой степени.

2.6 Гарантия доступности услуги

Доступность услуги и соответственно зону покрытия уверенного приема рекомендуется обеспечивать согласно национальным требованиям правил эксплуатации железных дорог при максимально разрешенных скоростях движения. В большинстве стран – членов ОСЖД требуется безусловная гарантия доступности услуги для поездной и маневровой радиосвязи на внешнюю антенну подвижных единиц – 99,9%. Для других групп пользователей GSM-R допускается гарантия доступности услуги 95 – 97% (на внутреннюю антенну). Требуемая доступность услуги достигается правильными проектными решениями по планированию сетевого покрытия, выбором нужного количества BSC, BTS, соединительных каналов, выбором высоты мачтовых сооружений, установкой необходимых приоритетов, квалифицированным администрированием аппаратного и программного обеспечения (Hardware и Software). На предпусковой стадии ввода в эксплуатацию рекомендуется тщательное тестирование доступности услуги и измерение напряженности поля на всех участках железной дороги. По результатам опытной эксплуатации при необходимости выполняется дополнительное проектирование и оснащение сети GSM-R.

3 Терминальное оборудование GSM-R

Требования к терминальному оборудованию и функциональности радиосредств рекомендуется определять в соответствии с национальными правилами эксплуатации железных дорог, сложившейся спецификой использования аналоговых радиостанций и технологическими возможностями производителей. Радиостанции должны удовлетворять общим требованиям виброустойчивости, влагозащищенности, помехозащищенности и другим характерным требованиям при эксплуатации оборудования на электрифицированных участках железных дорог, в опасных зонах маневровой работы подвижного состава. Локомотивные терминалы, радиостанции моторельсового и автотранспорта должны иметь универсальный источник питания постоянного тока бортовой сети (DC 12 – 110V). Аккумулятор переносных радиостанций должен обеспечивать непрерывную работу не менее 24 часов в режиме соединения точка - точка 20%, групповые соединения 5% и ожидание 75%. Конфигурация радиостанции, пользовательские установки, записанные номера, закодированные клавиши сокращенного набора, архивные файлы и другие важные функции должны сохраняться при отключении или переключении питания. Стационарные терминалы настольного типа, терминалы передачи данных управления и контроля объектами инфраструктуры должны иметь сетевой источник питания переменного тока в соответствии с национальным стандартом (AC 220V) с резервированием от аккумуляторной батареи или источник питания постоянного тока (DC 24V или 48V). Все терминалы должны иметь интерфейсы передачи данных, в том числе инфракрасные порты, встроенные аккумуляторные батареи типа Li-Ion.

В рамках стандарта GSM принято пять классов подвижных станций от модели 1-го класса с выходной мощностью 20 Вт, устанавливаемой на транспортном средстве, до портативной модели 5-го класса, максимальной мощностью 0,8 Вт (табл. 8). При передаче сообщений предусматривается адаптивная регулировка мощности передатчика, обеспечивающая требуемое качество связи.

Таблица 8

Класс мощности	Максимальный уровень мощности передатчика	Допустимые отклонения
1	20 Вт	1,5 дБ
2	8 Вт	1,5 дБ
3	5 Вт	1,5 дБ
4	2 Вт	1,5 дБ
5	0,8 Вт	1,5 дБ

3.1 Мобильный терминал локомотивов

- Питание постоянного тока DC 48-110V (локомотивы), 12V, 24V +/- 15% (дрезины, путевые машины)
- Размеры терминала без пульта не более Н (высота) – 500 mm, L (ширина) – 300 mm, P (глубина) – 300 mm
- Вес терминала не более 10 кг
- Работа в условиях от -40° C до +70° C

- Работа в условиях влажности 100%
- Работа при вибрациях частотой 1-100 Hz при ударах до 10 g
- Работа в условиях пыли и солевых загрязнений воздуха
- Экранированный кабель питания длиной до 25 м с двойной оболочкой, с многожильным проводом, сечением не менее 10 мм²
- Защитный предохранитель цепи питания
- Помехозащищающий фильтр на входе блока питания от пульсаций и перенапряжений
- Модульная металлическая конструкция с герметичным корпусом и вентиляторами охлаждения
- Защитный пломбируемый кожух с герметизацией и окнами охлаждения
- Тестовая панель на рабочих модулях для выполнения тестирования терминала без выносного пульта. Требования к тестовой панели:
 - возможность проверки исправности передатчика
 - возможность проверки исправности приемника
 - возможность тестирования в сети
 - возможность вызвать абонентов с дополнительной трубкой
- Индикация тестовых и вызывных режимов на тестовой модульной панели
- Выносной пульт машиниста (для двухкабинного локомотива) с экранированным кабелем, с возможностью выноса от базового блока до 30 метров и функциональностью основного пульта
- Дисплей пульта размером не менее 150mmx50mm, цветной, высококонтрастный с количеством строк не менее 5, с высотой символов не менее 8 mm
- Защищенная кнопка аварийного вызова
- 4 сенсорные кнопки быстрого набора определенных абонентов
- Сенсорные кнопки тастатурного набора номера абонента
- Кнопки меню
- Микротелефонная трубка с шумозащищенным микрофоном
- Выносной динамик с регулируемой мощностью 0,5-10W
- Наличие памяти номеров абонентов на 200 номеров
- Возможность сокращенного набора абонентов (20 номеров)
- Память на последние 20 пропущенных входящих звонков с указанием даты и времени
- Память на последние 20 входящих/исходящих звонков с указанием даты и времени
- Автодозвон
- Возможность упрощенного повтора набора занятого номера
- Подсветка дисплея и тастатуры в ночное время
- Постоянные показания даты и текущего времени на дисплее
- Антенна с креплением на крыше подвижного состава с кабелем до 30 метров
- Выполнение всех функциональных требований
- Интерфейс передачи данных (RS 422, RS 485, Blue tooth и др. по дополнительному согласованию)
- Устройство подзарядки для носимого терминала

3.2 Автомобильный терминал

- Питание постоянного тока DC 12 V +/- 15%, 24 V +/- 15%
- Размеры терминала без трубки не более Н (высота) – 150 mm, L (ширина) – 130 mm, P (глубина) – 150 mm
- Крепление для трубки совмещенное с терминалом
- Наличие дисплея и тастатуры на одной из сторон терминала
- Вес терминала не более 5 кг
- Работа в условиях от -40° C до +70° C
- Работа в условиях влажности 100%
- Работа при вибрациях частотой 1-100 Hz при ударах до 10 g
- Работа в условиях пыли и солевых загрязнений воздуха
- Экранированный кабель питания длиной до 7 метров с двойной оболочкой, с многожильным проводом, сечением не менее 10 мм²
- Защитный предохранитель цепи питания
- Помехозащищающий фильтр на входе блока питания от пульсаций и перенапряжений
- Модульная металлическая конструкция с герметичным корпусом и вентиляторами охлаждения
- Тестовая панель на рабочих модулях для выполнения тестирования терминала. Требования к тестовой панели:
 - возможность проверки исправности передатчика
 - возможность проверки исправности приемника
 - возможность тестирования в сети
- Индикация тестовых и вызывных режимов на дисплее
- Дисплей размером не менее 80ммx50мм, цветной, высококонтрастный с количеством строк не менее 5, с высотой символов не менее 5 мм
- Защищенная кнопка аварийного вызова
- 4 сенсорные кнопки быстрого набора определенных абонентов
- Кнопки меню
- Микротелефонная трубка с шумозащищенным микрофоном включаемая в терминал
- Выносной динамик с регулируемой мощностью 0,5-10 W
- Наличие памяти номеров абонентов на 200 номеров
- Возможность сокращенного набора абонентов (20 номеров)
- Память на последние 20 пропущенных входящих звонков с указанием даты и времени
- Память на последние 20 входящих/исходящих звонков с указанием даты и времени
- Возможность упрощенного повтора набора занятого номера
- Автодозвон
- Подсветка дисплея и тастатуры в ночное время
- Постоянные показания даты и текущего времени на дисплее
- Антенна с креплением на крыше автомобиля с кабелем до 7 метров
- Выполнение всех функциональных требований
- Интерфейс передачи данных (RS 422, RS 485, Blue tooth и др. по дополнительному согласованию)
- Устройство подзарядки для носимого терминала

3.3 Носимый технологический терминал

- Питание постоянного тока от аккумулятора типа Li-Ion с продолжительностью работы не менее 12 часов (50 % ожидание, 50% разговор), не менее 160 часов в режиме ожидания
- Размеры терминала без манипулятора не более Н(высота) – 100 mm, L (ширина) – 60 mm, P (глубина) – 30мм
- Наличие дисплея и тастатуры на одной из сторон терминала
- Вес терминала не более 0,3 кг
- Работа в условиях от –40° С до +70° С
- Работа в условиях влажности 100%
- Работа при вибрациях частотой 1-100 Hz при ударах до 10 g
- Работа в условиях пыли и солевых загрязнений воздуха
- Защитный чехол с ремешком для ношения поверх тела человека
- Индикация тестовых и вызывных режимов на дисплее
- Дисплей размером не менее 40ммх40мм, монохромный или цветной, высококонтрастный с количеством строк не менее 5, с высотой символов не менее 4 мм
- Защищенная кнопка аварийного вызова
- 4 кнопки быстрого набора определенных абонентов
- Кнопки меню
- Возможность управления с отдельного манипулятора
- динамик с регулируемой мощностью 0,1-0,5 W
- Наличие памяти номеров абонентов на 200 номеров
- Возможность сокращенного набора абонентов (20 номеров)
- Память на последние 20 пропущенных входящих звонков с указанием даты и времени
- Память на последние 20 входящих/исходящих звонков с указанием даты и времени
- Возможность упрощенного повтора набора занятого номера
- Автодозвон
- Подсветка дисплея и тастатуры в ночное время
- Постоянные показания даты и текущего времени на дисплее
- Встроенная антенна
- Громкоговорящий режим /режим свободных рук/
- Выполнение всех функциональных требований
- Интерфейс передачи данных (RS 422, RS 485, Blue tooth и др. по дополнительному согласованию)
- Зарядное устройство AC 220V
- Модификации зарядного устройства DC 12-110V

3.4 Носимый терминал общего пользования

- Питание постоянного тока от аккумулятора типа Li-Ion с продолжительностью работы не менее 8 часов (50 % ожидание, 50% разговор), не менее 160 часов в режиме ожидания
- Размеры терминала без манипулятора не более Н(высота) – 80 mm, L (ширина) – 60 mm, P (глубина) – 30 мм

- Наличие дисплея и тастатуры на одной из сторон терминала
- Вес терминала не более 0,2 кг
- Работа в условиях от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$
- Работа в условиях влажности 100%
- Работа при вибрациях частотой 1-100 Hz при ударах до 10 g
- Работа в условиях пыли и солевых загрязнений воздуха
- Защитный чехол с креплением
- Индикация тестовых и вызывных режимов на дисплее
- Дисплей размером не менее 40ммx40мм, монохромный или цветной, высококонтрастный с количеством строк не менее 5, с высотой символов не менее 4 мм
- Защищенная кнопка аварийного вызова
- Кнопки меню
- Возможность управления с отдельного манипулятора
- Наличие памяти номеров абонентов на 200 номеров
- Возможность сокращенного набора абонентов (20 номеров)
- Память на последние 20 пропущенных входящих звонков с указанием даты и времени
- Память на последние 20 входящих/исходящих звонков с указанием даты и времени
- Возможность упрощенного повтора набора занятого номера
- Автодозвон
- Подсветка дисплея и тастатуры в ночное время
- Постоянные показания даты и текущего времени на дисплее
- Встроенная антенна
- Режим /свободных рук/
- Выполнение всех функциональных требований
- Интерфейс передачи данных (RS 422, RS 485, Blue tooth и др. по дополнительному согласованию)
- Зарядное устройство AC 220V

3.5 Стационарный терминал диспетчера

- Питание постоянного тока DC 48V (или 24V) или переменного тока AC 220V с допусками в соответствии с национальными требованиями
- Защитный предохранитель в цепи питания
- Помехозащитный фильтр на входе блока питания от пульсаций и перенапряжений
- Размеры панели управления терминала не более Н (высота) – 70mm, L (ширина) – 600 mm, Р (глубина) – 300 мм
- Вес терминала не более 5 кг
- Работа в условиях от 0°C до $+50^{\circ}\text{C}$
- Работа в условиях влажности 90%
- Работа при вибрациях частотой 1-100 Hz при ударах до 3 g
- Два порта 100 Mbps для работы терминала по сети Ethernet (по дополнительному согласованию)
- Панель управления с клавиатурой, кнопками аварийного вызова, быстрого набора

- Типа TFT экран не менее 21 дюйма по диагонали, цветной, высококонтрастный, для работы в условиях засветки солнечным светом и в затемненных условиях. Регулировки уровней контрастности и яркости на передней панели
- Возможность тестирования терминала и сети с терминала. Наличие индикации при проведении тестов и проверок
- Индикация тестовых и вызывных режимов на экране или пульте
- Возможность включения виртуальной клавиатуры на экране специальной кнопкой на панели управления
- Защищенная кнопка аварийного вызова
- 40 кнопок быстрого набора определенных абонентов
- Встроенный в панель управления направленный шумозащищенный микрофон с регулировкой высоты и положения
- Микротелефонная трубка с шумозащищенным микрофоном
- Выносной динамик с регулируемой мощностью 0,5-10 W
- Встроенный динамик с регулируемой мощностью 0,5-2 W
- Наличие памяти номеров абонентов на 300 номеров
- Возможность сокращенного набора абонентов (40 номеров)
- Память на последние 20 пропущенных входящих звонков с указанием даты и времени
- Память на последние 20 входящих/исходящих звонков с указанием даты и времени
- Автодозвон
- Возможность упрощенного повтора набора занятого номера
- Подсветка дисплея и клавиатуры в ночное время
- Постоянные показания даты и текущего времени на дисплее
- Выполнение всех функциональных требований
- Интерфейс передачи данных (RS 422, RS 485, Blue tooth и др. по дополнительному согласованию)

3.6 Стационарный терминал оператора

- Питание постоянного тока DC 48 V (или 24 V) или переменного тока AC 220 V с допусками в соответствии с национальными требованиями
- Защитный предохранитель цепи питания
- Помехозащищающий фильтр на входе блока питания от пульсаций и перенапряжений
- Размеры панели управления терминала не более Н(высота)-70mm L (ширина)-400mm P(глубина)-300mm
- Вес терминала не более 4 кг
- Работа в условиях от 0 °C до +50 °C
- Работа в условиях влажности 90%
- Работа при вибрациях частотой 1-100 Hz при ударах до 3 g
- Два порта 100 Mbps для работы терминала по сети Ethernet (по дополнительному согласованию)
- Панель управления с клавиатурой, кнопками аварийного вызова, быстрого набора, совмещенная с типа TFT экраном диагональю 12 дюймов
- Типа TFT экран не менее 12 дюйма по диагонали, цветной, высококонтрастный, для работы в условиях засветки солнечным светом и в затемненных условиях, с

регулировкой наклона экрана. Регулировки уровней контрастности и яркости на передней панели

- Возможность тестирования терминала и сети с панели управления. Наличие индикации при проведении тестов и проверок
- Индикация тестовых и вызывных режимов на экране или пульте
- Возможность включения виртуальной клавиатуры на экране специальной кнопкой на панели
- Защищенная кнопка аварийного вызова
- 20 кнопок быстрого набора определенных абонентов
- Встроенный в панель управления направленный шумозащищенный микрофон с регулировкой высоты и положения
- Микротелефонная трубка с шумозащищенным микрофоном
- Выносной динамик с регулируемой мощностью 0,5-10 W
- Встроенный динамик с регулируемой мощностью 0,5-2 W
- Наличие памяти номеров абонентов на 300 номеров
- Возможность сокращенного набора абонентов (30 номеров)
- Память на последние 20 пропущенных входящих звонков с указанием даты и времени
- Память на последние 20 входящих/исходящих звонков с указанием даты и времени
- Автодозвон
- Возможность упрощенного повтора набора занятого номера
- Подсветка дисплея и клавиатуры в ночное время
- Постоянные показания даты и текущего времени на дисплее
- Выполнение всех функциональных требований
- Интерфейс передачи данных (RS 422, RS 485, Blue tooth и др. по дополнительному согласованию)

4 Организация радиосвязи GSM-R

4.1 Общие требования к сетям GSM-R

- Бесперебойная связь при скорости движения до 500 км/ч
- Эффективное использование ограниченного количества частот (4 МГц)
- С/Л на уровне 12 дБ мин (требование EIRENE – 15 дБ)
- 99 %-ный устойчивый прием за 99 % времени в назначенной зоне покрытия при уровне выше - 90 дБм
- Норма успешного переключения более 99,5 %
- Высокая доступность как канала передачи, так и сетевого оборудования, в зависимости от используемого приложения
- Время установления вызова в 99 % всех случаев, как указано в таблице

Время установления соединения между пользователями

Тип вызова	Время установления связи
Аварийный железнодорожный вызов	< 2 с
Вызов машиниста от диспетчера или дежурного	< 5 с
Групповые вызовы между машинистами в одной и той же зоне	< 5 с
Все оперативные вызовы с мобильного терминала машиниста на терминал дежурного или диспетчера	< 5 с
Вызовы составитель-машинист и машинист-составитель	< 5 с
Вызовы составитель-дежурный и дежурный-составитель	< 5 с
Все оперативные вызовы со стационарного терминала на мобильный, и с мобильного на стационарный, не относящиеся к вышеуказанным	< 7 с
Все оперативные вызовы с мобильного терминала на мобильный, не относящиеся к вышеуказанным	< 10 с
Все вызовы с низким приоритетом	< 10 с

Вызовы составитель-машинист и машинист-составитель и вызовы составитель-дежурный и дежурный-составитель после первичного установления связи в специальном режиме оперативной работы не должны превышать 2 с.

Пример планирования и группирования пользователей сети GSM-R приведен на рис.8. На всех участках, станциях железной дороги рекомендуется иметь полную схему организации всех видов технологической и общетеchnологической радиосвязи с учетом всех пользователей мобильных, носимых терминалов и радиосредств телеметрии и телеуправления.

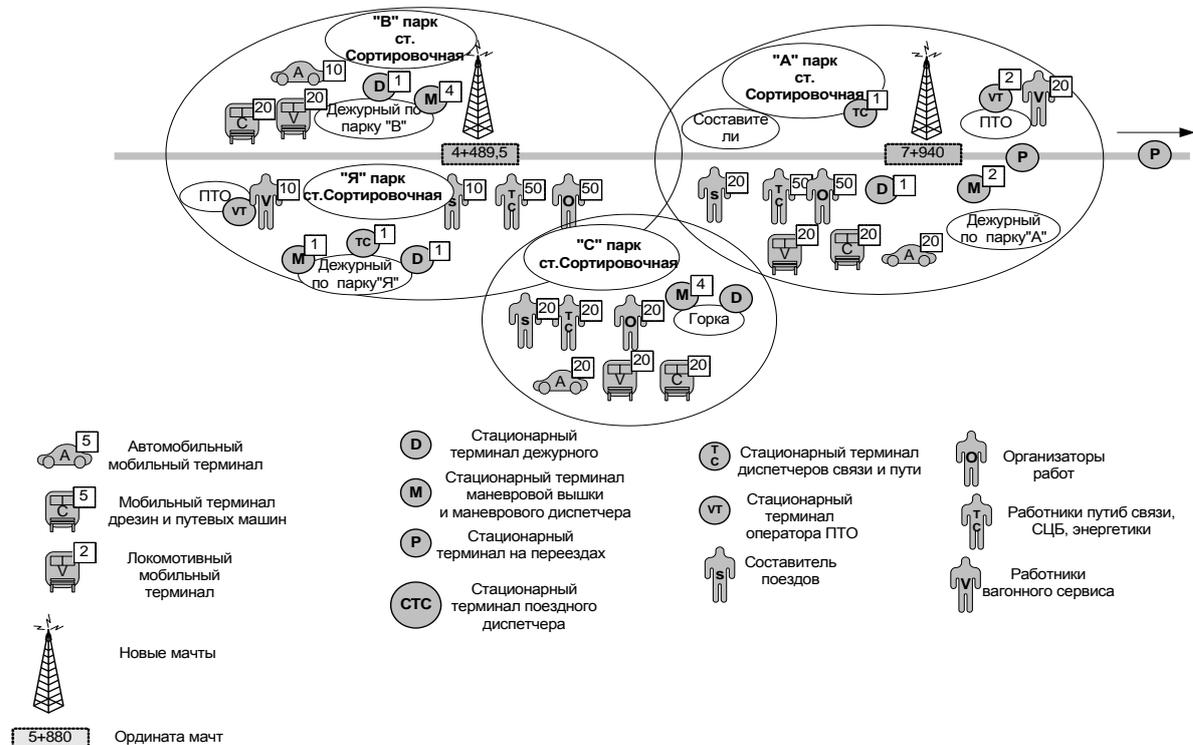


Рис. 8

Сеть GSM-R должна состоять из зон покрытия вдоль железнодорожных путей, предпочтительно с направленными антеннами по направлению пути и должны обеспечивать следующие зоны покрытия:

- продольное перекрытие на станциях, маневровых зонах и перегонах в соответствии с базовыми требованиями обеспечения голосовой связи и передачи данных;
- поперечное перекрытие на перегоне должно составлять не менее 3-10 км от оси пути для обеспечения работы мобильных терминалов автомашин и штата на прилегающих автомобильных дорогах;
- на железнодорожных узлах необходимо обеспечить полное покрытие всей территории станции и города и не менее 8 км в сторону железнодорожных перегонов. Построение сети базовых станций в пределах узла должно обеспечивать полное перекрытие при выключении из работы одной базовой станции.

Сеть GSM-R должна обеспечивать уровни сигналов в зонах покрытия достаточные чтобы выполнить следующие функции:

- эксплуатационная связь;
- управление и передачу сигналов для автоматического управления поездом (ETCS).

Для оптимальной организации работ и исходя из сложившейся структуры необходимо иметь возможность формирования различных групп пользователей:

- поездная работа (поездной диспетчер, машинист, дежурный по станции или парку);
- маневровая работа (маневровый диспетчер, машинист, составитель, дежурный по станции или парку и др.);
- технологическая работа (вагонники ПТО, подзарядчики, дежурный по станции или парку, оператор ПТО);
- внутрипоездная связь (машинист – машинист);
- работы по обслуживанию оборудования связи (электромеханик – диспетчер связи - поездной диспетчер);
- работы по обслуживанию энергетического хозяйства (энергодиспетчер – энергетик – поездной диспетчер);
- работы по обслуживанию пути (диспетчер пути – работник пути – машинист путевых машин – поездной диспетчер);
- организация различных видов работ для обще-технологических целей (общая технологическая связь).

Пользователи общей технологической связи должны кроме этого иметь выход на фиксированную железнодорожную сеть и с учетом прав доступа на телефоны других операторов.

4.2 Планирование сети GSM-R

Планирование и реализация строительства сети GSM-R должны выполняться с учетом:

- функциональных и сетевых требований к системе радиосвязи;
- стандарта GSM и других стандартов, определяющих интерфейсы и протоколы взаимодействия;
- покрытия сети и обеспечения голосового трафика и передачи данных с доступностью не менее 99,5%;
- европейских и национальных требований по сетке радиочастот;

- европейских и национальных требований по общедоступному плану нумерации
- национальных и европейских обязательств по роумингу, поддержке аварийной и экстренной связи;
- национальных требований по электропитанию;
- общепринятых этапов и состава эскизного и технического проектов;
- национальных требований по общестроительной и архитектурной части (мачтовые сооружения, внешние сети электроснабжения, контейнеры для размещения оборудования, телекоммуникационные внешние сети и др.)

Общий проект сети GSM-R может состоять из следующих разделов:

Раздел 1	Общие требования к системе GSM-R
Раздел 2	Функции системы GSM-R для Заказчика
Раздел 3	Пользователи системы, организация радиосвязи GSM-R
Раздел 4	Проектирование системы и документация
Раздел 5	Объем работ
Раздел 6	Кабельная канализация на станциях
Раздел 7	Мачтовые сооружения, антенны, контейнеры для базовых станций, электропитание
Раздел 8	Новые оптические, электрические кабельные линии и оборудование для построения сетей
Раздел 9	Существующие сети SDH, IP для системы GSM-R
Раздел 10	Оборудование базовых станций системы GSM-R
Раздел 11	Терминальное оборудование системы GSM-R
Раздел 12	План нумерации системы GSM-R, функциональная нумерация
Раздел 13	Центральная станция GSM-R, система тарификации, система записи переговоров
Раздел 14	Организация соединения системы GSM-R с фиксированной сетью
Раздел 15	Организация соединения системы GSM-R с другими сетями GSM-R, GSM, обеспечение роуминга, аварийной связи
Раздел 16	GSM – R как составная часть ERTMS и ETCS
Приложение 1	Схемы и таблицы к разделу 3
Приложение 2	Схемы и таблицы к разделу 7
Приложение 3	Схемы и таблицы к разделу 8
Приложение 4	Схемы и таблицы к разделу 10-16
Приложение 5	Таблицы объема работ, материалов, оборудования
Приложение 6	Стандарты
Приложение 7	Условные сокращения

Важное место занимает планирование размещения BTS, радиочастот и обеспечение требуемого покрытия. Типовой подход предусматривает обследование территории, выбор площадок строительства, проверку зоны покрытия и верификацию

в национальных органах власти. Выбор площадок строительства BTS целесообразно производить в зоне станционных зданий, автомобильных переездов, постов контрольного оборудования на перегонах с максимальным использованием существующей инфраструктуры транспортной сети, мачтовых сооружений, внешнего электроснабжения и полосы землеотчуждения для железной дороги. Целесообразно размещать BTS на всех станциях, разъездах и маневровых парках. На длинных перегонах (более 10 – 12км) следует размещать дополнительные базовые станции. За основу рекомендуется принять один – два варианта мачтовых сооружений (40 и 50м) и размещение оборудования в комбинированном контейнере с резервным дизельгенератором. На данной стадии проекта детализируются ординаты размещения BTS, высота размещения, направленность и коэффициент усиления антенн, определяются мощности передатчиков. Далее моделируются зоны покрытия с учетом рельефа местности, застройки и определяется ожидаемый минимальный уровень напряженности радиосигнала. Для уменьшения потерь должны быть унифицированы и оптимизированы антенно-фидерные подключения.

Планирование радиочастот (по три–четыре группы из девятнадцати) на каждую BTS выполняется по требованиям разности базовых станций для исключения перекрестных помех с учетом диаграммы направленности антенн. Особое внимание следует уделить планированию радиочастот на пограничных переходах, конкретизации зон «захвата» – в данном случае требуется взаимное согласование проекта. Количество BTS выбирается исходя из обеспечения, в том числе, максимального трафика на крупных железнодорожных узлах и станциях (в отдельных случаях по две–три в одной зоне). Количество соединительных каналов E1 (обычно два–четыре) с альтернативными маршрутами определяется исходя из максимального ожидаемого трафика и обеспечения приоритетов вызовов.

Резервный ресурс системы GSM-R в части коммутационного и сетевого оборудования рекомендуется принимать не менее 30% с учетом национального и международного трафиков, возможных «домашних» и «гостевых» пользователей и требуемого количества соединительных интерфейсов, в том числе, с другими GSM-R, мобильными и фиксированными сетями.

На начальной стадии проектирования следует определиться по архитектуре сети, количеству региональных MSC, по выбору варианта резервирования зоны покрытия и коммутационного оборудования.

На различных этапах эскизного и технического проектирования может использоваться цифровая топография в масштабе от 1:100000 до 1:250.

4.3 Поездная и маневровая радиосвязь

Поездная и маневровая радиосвязь должна обеспечивать связь между дежурными по станциям, диспетчером и машинистами поездов, дрезин, путейских машин, специальных автомашин, дежурными постов безопасности. Должны выполняться следующие функции:

Функции ASCI должны включать в себя следующие услуги:

- речевой широкополосный вызов, при котором вызывающий абонент может установить связь одновременно с несколькими абонентами в определенной зоне (например, со всеми машинистами локомотивов, находящихся в зоне управления диспетчера) и передать информацию каждому из них. Вызываемые абоненты могут при этом только слушать, но не могут ответить вызывающему;

- речевой групповой вызов в пределах заданной группы, абоненты, входящие в группу, могут участвовать в переговорах. Указанные группы должны быть классифицированы как “Пользователи системы”;
- приоритетное обслуживание, при котором в экстренной ситуации даже при занятых сетевых ресурсах можно прервать соединение с более низким приоритетом.

Кроме того, в сети GSM-R должны быть методы установки соединений, чтобы позволить быстрее установить связь в экстренных ситуациях. Должны быть особые функции набора, например функциональная адресация, при которой диспетчер может установить связь с машинистом локомотива, даже если не знает ни его телефонного номера, ни его местоположения.

Функции поездной и маневровой радиосвязи на станциях и перегона.

Главной функцией поездной и маневровой радиосвязи является радиосвязь между станцией диспетчера (дежурного), машинистами поездов и составителей. К этой связи предъявляются следующие требования:

Каналы радиосвязи для передачи данных и речи между терминалом поездного диспетчера и терминалом поезда. При этом должна быть обеспечена:

- возможность немедленного вызова машиниста со стороны поездного диспетчера
- возможность немедленного вызова машиниста со стороны дежурного
- возможность немедленного вызова диспетчера или дежурного со стороны машиниста
- возможность немедленного вызова поездного диспетчера или дежурного со стороны другого дежурного или диспетчера
- возможность немедленного вызова машиниста со стороны составителя одного из маневровых районов
- возможность немедленного вызова одного машиниста со стороны другого машиниста;
- возможность немедленного вызова со стороны одного составителя к другому составителю;
- возможность немедленного вызова и другими работниками, обеспечивающими безопасность движения.

Для установления данных вызовов необходимы различные режимы адресации: Установление вызова должно быть возможно путем набора номера движущегося поезда и функционального кода. Должна быть реализована функция преобразования адреса из номера реального движущегося поезда, локомотива или пассажирского вагона и функционального идентификатора в реальный номер абонента. В дальнейшем должна быть возможной адресация для различных функций на поезде.

Каналы для передачи данных и речевой информации должны предусматривать:

- возможность передачи от терминала машиниста одного поезда к нескольким терминалам диспетчера и дежурных, в том числе и к терминалам фиксированной сети;
- возможность передачи от терминала диспетчера или дежурного к нескольким поездам в зоне ответственности диспетчера или дежурного;
- возможность передачи от одного машиниста к машинистам нескольких поездов данного или разных маневровых районов или направлений;
- возможность передачи от одного составителя к машинистам нескольких поездов данного или разных маневровых районов;
- возможность передачи от одного составителя к нескольким составителям данного или разных маневровых районов;

- возможность передачи от одного машиниста к нескольким составителям данного или разных маневровых районов.

Это требование означает функцию вещания (от одной точки к нескольким) для информирования, например, всех поездов в определенной зоне или всех поездов, следующих в одном направлении. Эти вызовы могут устанавливаться в обычном режиме работы или в аварийных ситуациях. В аварийной ситуации необходимо быстрое установление вызова в течение двух секунд, а связь должна устанавливаться немедленно, даже если мобильная станция занята.

В поездах необходимо обеспечить радиосвязь старшего машиниста с остальными машинистами или подключение другого машиниста к связи в качестве третьего абонента.

Групповая радиосвязь в поезде (Group Communication in Train – GCiT). Эта услуга соединяет весь персонал, зарегистрированный в поезде. Все эти лица автоматически включаются в справочник группового вызова (GroupCallReference) для данного поезда. За счет этого между данными лицами должен устанавливаться групповой вызов.

Приоритет вызова в поездной и маневровой радиосвязи. Для полноценного управления движением поездов и маневровой работы должны соблюдаться следующие приоритеты установления соединений и вызовов в системе GSM-R:

- приоритет поездного диспетчера при установлении соединения на участках с диспетчерским управлением;
- приоритет дежурного по станции при работе в зоне ответственности дежурного по станции при местном управлении на станциях;
- приоритет дежурного маневрового района в зоне проведения маневровых работ.

В разных случаях при вызове участников движения со стороны диспетчера или дежурного с высшим приоритетом должны прерываться все соединения с низшим приоритетом для установления соединения с диспетчером или дежурным, имеющим высший приоритет.

В случае аварийной ситуации должен быть предусмотрен групповой вызов, имеющий высший приоритет над всеми остальными соединениями

Вещание в аварийной зоне по поездной и маневровой радиосвязи. Железнодорожный аварийный вызов устанавливается машинистом поезда, диспетчером, дежурным по станции, составителем или другим лицом, имеющим право на данную функцию. Железнодорожный аварийный вызов должен представлять собой речевое вещание на определенную зону, где возникла аварийная ситуация со следующими функциями:

- приоритетом пользуется лицо, инициирующее аварийный вызов, и затем руководитель движения в данной зоне (диспетчер, дежурный по станции, дежурный маневрового района и другие). Данная функция должна быть реализована на всех терминалах (стационарных, мобильных, носимых);
- время установки аварийного вызова не более 2 секунд;
- специальная кнопка аварийного вызова на терминалах всех видов;
- возможность программирования (для кнопки аварийного вызова) каждого терминала на определенную группу адресатов аварийного вызова;
- возможность отправки аварийного вызова на любой из адресов из библиотеки номеров каждого терминала.

4.4 Технологическая железнодорожная радиосвязь

Главной функцией технологической железнодорожной связи являются виды связи с функциями GSM-R для организации технологических процессов по обслуживанию подвижного состава и организации содержания путевого хозяйства, энергетики, связи, СЦБ, а также аварийно-восстановительных работ. В систему технологической связи входят следующие абоненты и группы:

- операторы вагонных депо и штат вагонников по обслуживанию подвижного состава на ПТО;
- энергодиспетчер и штат энергетиков по обслуживанию инфраструктуры энергоснабжения;
- диспетчер связи и штат электромехаников по обслуживанию инфраструктуры телекоммуникаций;
- диспетчер СЦБ и штат электромехаников по обслуживанию оборудования СЦБ;
- диспетчер по путевым работам и штат по обслуживанию путевого хозяйства, путевых машин, моторельсового транспорта и технологического автотранспорта;
- персонал пассажирских поездов;
- военизированная охрана;
- вспомогательные группы работников по обслуживанию подвижного состава и процессов движения

Функции технологической железнодорожной связи на станциях и перегонах.

Главной функцией технологической железнодорожной связи является радиосвязь между оператором или диспетчером одной из служб с линейным штатом по обслуживанию. К этой связи предъявляются следующие требования:

- возможность немедленного вызова работников ПТО со стороны оператора ПТО;
- возможность немедленного вызова оператора ПТО со стороны работников ПТО;
- возможность немедленного вызова диспетчера связи, СЦБ, энергодиспетчера, диспетчера пути со стороны линейных работников по обслуживанию инфраструктуры или со стороны машинистов путевых машин или дрезин;
- возможность немедленного вызова линейных работников по обслуживанию инфраструктуры или машинистов путевых машин или дрезин со стороны диспетчера связи, СЦБ, энергодиспетчера, диспетчера пути;
- возможность немедленного вызова водителей машин со стороны операторов или диспетчеров служб;
- возможность немедленного вызова оператора или диспетчера служб со стороны водителей автомашин;
- возможность немедленного вызова водителей машин со стороны линейного штата
- возможность немедленного вызова линейного штата со стороны водителей автомашин.

Каждая служба должна иметь закрытую сеть с возможностью перепрограммирования функций.

Для полноценной организации работ должны соблюдаться следующие приоритеты установления соединений и вызовов в системе GSM-R по технологической связи:

- приоритет диспетчера структуры или оператора ПТО при установлении соединения;
- приоритет руководителя работ в зоне проведения путевых работ или работ по обслуживанию инфраструктуры;

- приоритет руководителя работ в зоне проведения аварийно-восстановительных работ.

В разных случаях при вызове участников работ со стороны диспетчера или руководителя работ с высшим приоритетом, должны прерываться все соединения с низшим приоритетом, для установления соединения с диспетчером или руководителем работ, имеющим высший приоритет. В случае аварийной ситуации, должен быть предусмотрен групповой вызов, имеющий высший приоритет над всеми остальными соединениями.

4.5 Планирование обслуживания сети

При планировании обслуживания сети следует использовать сложившиеся системы и методы эксплуатации и технической поддержки услуг и сервис цифровых телекоммуникационных систем. Важную роль составляет техническое оснащение Центра управления и контроля сети GSM-R, полный мониторинг работоспособности отдельных элементов сети, тестирование подвижными измерительными средствами качества сервиса и зоны покрытия. По результатам приемочных и плановых тестов должны выполняться мероприятия по ликвидации проблем.

Общий подход по организации обслуживания можно разделить на несколько составляющих:

- обучение персонала;
- эксплуатация – плановые и восстановительные работы, в том числе ведение абонентской базы, учет трафика, статистика исполненных вызовов, анализ отказов, наличие подменного оборудования и т.д.;
- развитие сети – по анализу качества сервиса, неисполненных вызовов, требуемое дооснащение сети;
- техническая поддержка по аппаратному и программному обеспечению фирмы производителя.

По структуре подразделения обслуживания следует выделить:

- персонал коммутационных станций;
- персонал BTS, BSC;
- персонал терминального оборудования;
- персонал контрольно-измерительных ремонтных пунктов, измерительной лаборатории;
- персонал обслуживания пользователей.

Вопросы обслуживания транспортной сети, различного мультиплексорного оборудования должны решаться в рамках содержания телекоммуникационной сети в целом.

5 GSM – R как составная часть ERTMS и ETCS

Еврокомиссией и представителями европейского железнодорожного транспорта подписан меморандум о начале реализации Европейской системы управления железнодорожными перевозками (European Rail Traffic Management System, ERTMS). Европейская система управления поездом ETCS является подсистемой ERTMS. Принцип ERTMS основан на едином управлении движением всех поездов в Европе и единой системы, которая будет установлена на всех поездах, курсирующих по территории ЕС. Внедрение системы позволит значительно сократить расходы на управление движением поездов как на обычных, так и на высокоскоростных линиях, повысить безопасность железнодорожного транспорта, пропускную способность

магистралей, внедрить системы Непрерывной автоматической защиты поездов АТР и Автоматического управления движением поездов АСР.

Меморандум подразумевает скорейшую замену существующих систем управления системой ERMTS, которая в настоящее время, через 15 лет после начала работ над ней, готова для широкомасштабного внедрения. Меморандум отводит на процесс внедрения от 10 до 12 лет.

Система ERMTS состоит из трех уровней управления движением поезда.

1 уровень ERMTS

Точечная система управления поездом.

Может использоваться как часть системы сигнализации или накладываться на неё с фиксированным управлением перегона. Команды управления движением зарождаются на пути и передаются поезду через евробалису «Eurobalise». Контроль за поездом и общий контроль осуществляется напольным оборудованием.

2 уровень ERMTS

Система управления использует радиосвязь. Может использоваться как часть системы сигнализации или накладываться на неё с фиксированным управлением перегона. Команды управления движением зарождаются на пути и передаются поезду по радио. «Eurobalises» используется в качестве устройства точечной передачи, главным образом для установления местонахождения. Определение поезда и общий контроль обеспечиваются напольным оборудованием в составе системы сигнализации (рельсовые цепи и централизация). Радио центр автоблокировки RBC служит для связи с поездами и идентифицирует каждый поезд.

3 уровень ERMTS

Система управления поездом с непрерывным контролем его скорости и использованием радио и подвижного (не фиксированного) блок участка. Подвижный блок участок охватывает зону, которая зависит от тормозного пути и длины поезда. Это позволяет лучше использовать путь и уменьшить интервалы между поездами. Система использует связь пути с поездом через GSM-R и «Eurobalise» для точечной связи с целью определить месторасположение поезда. RBC обеспечивают передачу информации на поезда и идентифицирует каждый поезд.

Общая архитектура ERMTS показана на рис. 9.

Общая архитектура ERTMS



Рис. 9

6 Организация увязки GSM – R с фиксированной сетью

Увязка сети GSM-R с сетью фиксированной железнодорожной связи и с сетями общего пользования выполняется в соответствии с рекомендациями международного союза электросвязи International Telecommunication Union (ITU-T) серии Q7xx преимущественно с использованием специализированной общеканальной системы сигнализации № 7 Signalling System No. 7 (SS 7). SS 7 характеризуется следующими основными особенностями:

- международная стандартизация (возможны национальные вариации), поддержка телефонных сетей общего пользования Public Switched Telephone Network (PSTN), мобильных наземных сетей общего пользования;
- применение для национального и международного уровня;
- применение для различного рода систем и услуг связи, таких как телефонная, передача текстов, передача данных и другие;
- соответствие особенностям цифровых линий связи и цифровой сети с интеграцией служб Integrated Services Digital Networks (ISDN);
- высокие эксплуатационные качества и гибкость;
- высокая надежность передачи сообщений;
- сигнализация по отдельным звеньям сигнализации, в связи с чем битовая скорость каналов сигнализации устанавливается исключительно из критериев связи сигнализации
- сигнальные звенья всегда доступны, даже во время существующих вызовов;
- возможность использования звеньев сигнализации для передачи пользовательских данных;
- возможность использования цифровых каналов различных средств связи:
- типичное использование в цифровых сетях скорости передачи 64 Kbps;
- интеграция с сетью баз данных и узлами управления;

- автоматическое управление и контроль сетью сигнализации, поддержка эксплуатации, управления и технического обслуживания сетей.

Обзор системы сигнализации SS7 с помощью описания различных функциональных элементов и взаимодействия между этими функциональными элементами приведен в рекомендации Q.700. Эта рекомендация дает общее описание функций и возможностей подсистемы передачи сообщений Message Transfer Part (MTP), подсистемы управления соединением сигнализации Signalling Connection Control Part (SCCP), подсистемы пользователя телефонии Telephone User Part (TUP), подсистемы пользователя ISDN User Part (ISUP), возможности транзакций Transaction Capabilities (TC) и подсистемы управления, техобслуживания и эксплуатации the Operations, Maintenance and Administration Part (OMAP).

Дополнительные услуги в применениях SS7 для ISDN описаны в сериях Q.73X рекомендаций.

Дополнительно к этим функциям системы сигнализации SS7 рекомендации серии Q.7XX описывают структуру сети, а также специфицируют тесты и измерения.

Рекомендация Q.700 представляет также такие аспекты, как архитектура SS7, управление потоками и основное правило совместимости, которые не специфицированы в отдельных рекомендациях, но являются приемлемыми для всех областей SS 7.

Компоненты SS 7

SS 7 состоит из множества компонентов и функций, которые определены как рекомендации серии 7XX. SS 7 ITU-T определяет следующие функциональные блоки SS 7:

- подсистема передачи сообщения Message Transfer Part MTP (рекомендации Q.701-Q.704, Q.706, Q.707)
- подсистема пользователей управления, техобслуживания и эксплуатации Operations Maintenance and Administration Part OMAP (рекомендации Q.750- Q.755)
- подсистема пользователя данных Data User Part DUP (рекомендация Q.741)
- Подсистема пользователя телефонии Telephone User Part TUP (рекомендации Q.721-Q.725)
- подсистема пользователя ISDN User Part ISUP (рекомендации Q.761-Q.764, Q.766)
- подсистема управления соединением сигнализации Signalling Connection Control Part SCCP (рекомендации Q.711-Q.714, Q.716)
- возможности транзакции Transaction Capabilities TC (рекомендации Q.771-Q.775)
- Тестовые спецификации Test Specification (рекомендации Q.771-Q.775).

Система увязки сетей обычно применяется с избыточностью звеньев сигнализации и включает функции автоматического переключения сигнального трафика на резервные пути в случае отказа какого либо звена. В зависимости от архитектуры сети и требований надежности системы определяется количество пунктов сигнализации в сети SS 7. Каждому пункту сигнализации присваиваются внутринациональные коды, пунктам сигнализации национальных соединений и межоператорских соединений – международные коды SS 7. Пункт сигнализации, в котором сообщение, полученное из звена сигнализации, передается в другое звено, то есть пункт, в котором есть функции как приемника, так и источника подсистемы пользователя, представляет собой транзитный пункт сигнализации Signal Transfer Point (STP). В этом случае оба логических пункта сигнализации функционируют одновременно как исходящий пункт и как пункт назначения для сообщений, которыми они обмениваются между собой в обоих направлениях. Транзитные пункты

сигнализации маршрутизируют сигнальные сообщения, основываясь на адресе назначения.

Архитектура SS 7

Рисунок 10 иллюстрирует архитектуру SS 7 и представляет функциональную взаимосвязь между различными функциональными блоками SS 7.

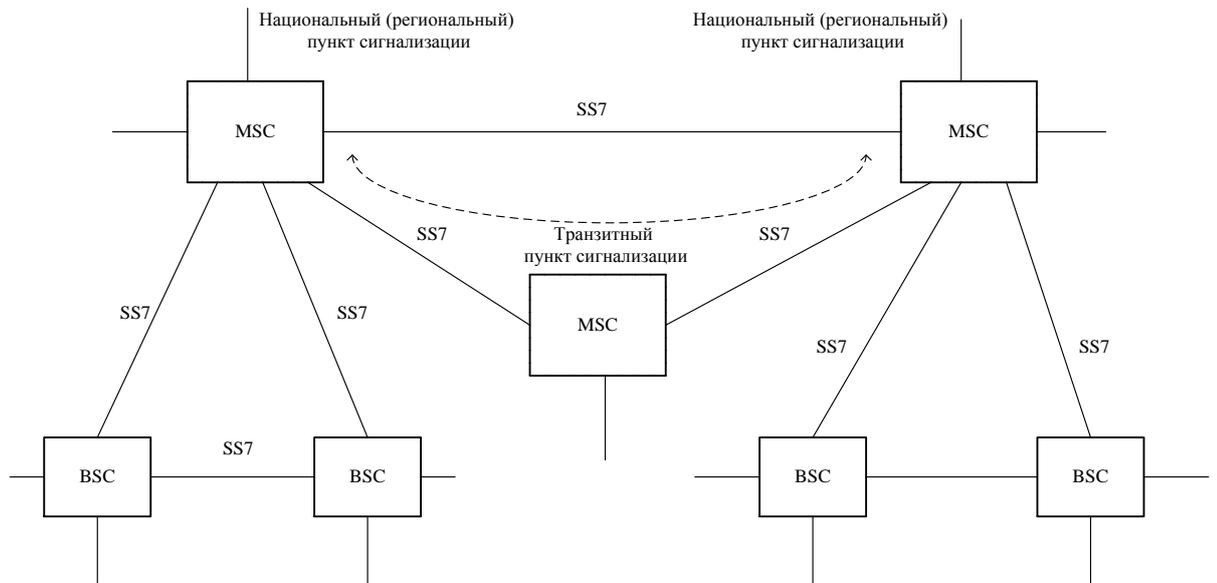


Рис. 10 Архитектура SS 7

SS 7 специфицирована в четырех уровнях - подсистема передачи сообщения, охватывающая уровни 1-3 и подсистемы пользователя, как уровень 4.

Рисунок 11 представляет функциональные уровни SS 7.



Рис. 11 Функциональные уровни SS 7

Каждая подсистема пользователя окружена функциями, протоколами и кодами для сигнализации через SS 7 для функционального обеспечения специальных пользовательских типов (например, телефонии, передачи данных, ISDN UP). Подсистемы пользователей управляют установкой соединений и использованием каналов, работой соответствующего оборудования, выполняют соответствующие административные и поддерживающие функции.

7 Организация соединения с другими сетями GSM – R

Для обеспечения связи в пограничной зоне, особенно для локомотивов, поездов и железнодорожных работников, пересекающих государственную границу, сети GSM-R должны быть увязаны с сетями GSM-R других железных дорог в соответствии с рекомендациями EIRENE & GSM 3GPP Standards: EIRENE SRS V14.0 & FRS V6.0. Для реализации этой увязки необходимо:

- заключить договоры с операторами GSM-R других железных дорог;
- создать международные каналы связи между MSC операторов соответствующие стандарту SS7 - ETSI ISUP V2;
- SIM-карты GSM-R должны быть так сконфигурированы, чтобы они обеспечивали следующую последовательность выбора сетей:
 - «домашняя» сеть GSM-R;
 - «другая» сеть GSM-R;
 - публичные сети, обеспечивающие функциональность EIRENE;
 - публичные сети, не обеспечивающие функциональность EIRENE.

Роуминг в других сетях GSM-R должен обеспечивать следующие функции, связанные с движением поездов:

услуги голоса:

- соединения «точка – точка»;
- аварийные соединения;
- соединения вещания;
- групповые соединения;
- сборные (групповые) соединения;

услуги передачи данных:

- услуга передачи текстовых сообщений;
- услуга передачи данных общего назначения;
- услуга передачи данных, связанных с управлением движения поездов;

услуги управления соединениями:

- закрытые группы абонентов;
- управление приоритетами;
- расширенное управление соединениями:
 - удерживание соединения;
 - перенаправление соединения;
 - очередь вызовов и т.п.;
- автоматический приём вызовов;
- блокирование соединений;
- информация о трафике и расчётах

Железнодорожные услуги и приложения:

- обеспечение функциональной адресации;
- адресация, зависящая от места нахождения;
- обеспечение маневровой работы;
- связь с несколькими машинистами;
- железнодорожные аварийные вызовы;
- функциональная нумерация;
- отображение функциональных номеров;
- быстрое и гарантируемое осуществление соединения;
- обеспечение устойчивой радиосвязи при скорости движения до 500 км/ч;
- автоматические и ручные процедуры тестирования;
- управление выбором сети.

Основные требования организации системы GSM-R в пограничной зоне:

- согласно спецификации EIRENE обеспечение удержания при переключениях между сотами в пограничной зоне 99,5%;
- регистрация/дерегистрация абонента в зоне 17 км после пересечения границы.

Требование реализуется путём:

- наложенного радиопокрытия зон действия обеих сетей GSM-R в пограничной зоне;
- ручного режима выбора сети (оператора), используя команду MMI для выбора соседней сети после окончания соединения

или

- автоматического выбора сети (оператора), вызываемого внешним устройством (например balise) со звуковой и оптической сигнализацией (после окончания соединения).

Основная цель этих мер в пограничной зоне.

- Исключение появления неконтролируемых переключений между сетями «Network ping-pong».
- Обеспечение вызова поезда с использованием «национального» функционального номера

Основные стандарты ITU-T (English)

E.164 - The international public telecommunication numbering plan

G.701 - Vocabulary of digital transmission and multiplexing

G.702 - Digital hierarchy bit rates

G.703 - Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces

G.704 - Synchronous frame structures

G.711 - Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies

G.722 - 7 kHz audio-coding within 64 kbit/s

G.723 - Dual rate speech coder at 5.3 and 6.3 kbit/s

G.726 - 40, 32, 24, 16 kbit/s adaptive differential pulse code modulation

G.728 - Coding of speech at 16 kbit/s

G.729 - Coding of speech at 8 kbit/s

H.320 - Narrow-band visual telephone systems and terminal equipment

H.321 - Adaptation of H.320 visual telephone terminals to B-ISDN

H.322 - Visual telephone systems and equipment for LAN with QoS
H.323 - Visual telephone systems and equipment for LAN without QoS
H.324 - Terminal for low bit rate Multimedia Communication
I.430 - Basic user-network interface – Layer 1 specification
Q.931 - ISDN user-network interface layer 3 specification
V.8 bis - Procedures for the selection of common modes of operation
V.22 bis - 2400 bits per second duplex modem
V.32 - A family of 2-wire, duplex modems operating at rates up 9600 bit/s
V.34 - A modem operating at data signalling rates of up to 33 600 bit/s

8 Список сокращений

ABC	Центр администрирования и выписывания счетов
AC	Центр аутентификации
ASCI	Расширенные функции речевого вызова
ATC	Автоматическое управление движением поездов
ATP	Непрерывная автоматическая защита поезда
BS	Базовая станция
BSC	Контроллер базовой станции
BSS	Подсистема базовой станции
BTS	Приемопередатчик базовой станции
CBS	Услуга радиовещания ячейки
CI	Идентификатор ячейки
CLIP	Показ идентификации вызывающей линии
CLIR	Ограничение идентификации вызывающей линии
COLP	Показ идентификации подключенной линии
COLR	Ограничение идентификации подключенной линии
E.164	Рекомендации ETSI (План нумерации сети для ISDN)
EIR	Регистр идентификации оборудования
EIRENE	Европейская интегрированная железнодорожная расширенная радиосеть
eMLPP	Услуга расширенного многоуровневого приоритета и прерывания обслуживания
ERTMS	Европейская система управления железнодорожным движением
ETCS	Европейская система управления поездом
ETSI	Европейский институт стандартизации в области электросвязи
FN	Функциональный номер
GCR	Регистр групповых вызовов
GPRS	Общие услуги пакетной радиосвязи (в GSM)
GPS	Глобальная система определения координат
GSM	Глобальная система мобильных коммуникаций
GSM-R	Глобальная система мобильных коммуникаций (для железных дорог)
HDLC	Высокоуровневый протокол управления каналом передачи данных
HDSL	Высокоскоростная цифровая абонентская линия
HLR/AC	Домашний регистр местоположения/Центр аутентификации

HW	Аппаратное обеспечение
ID	Идентификация
IN	Интеллектуальная сеть
IP	Интернет-протокол
ISDN	Цифровая сеть с интегрированными службами
IMSI	Идентификационный номер подвижной станции
LAC	Идентификационный номер зоны
LAN	Локальная сеть
LAPD	Протокол сигнализации между BTS и BSC
MAC	Аутентификационный код сообщения
MCC	Мобильный код страны
MLPP	Услуга многоуровневого приоритета и прерывания
MNC	Код мобильной сети
MOC	Вызов с мобильных телефонов
MORANE	Мобильная радиосвязь для железнодорожных сетей в Европе
MoU	Меморандум о взаимопонимании
MS	Абонент мобильной связи
MSC	Центр коммутации мобильной связи
MSC/VLR	Центр коммутации мобильной связи /Гостевой регистр местонахождения
MSISDN	Номер мобильной станции сети ISDN
MSRN	Номер «блуждающей» подвижной станции
MTC	Вызов на мобильный телефон
NTPM	Сетевое окончание NTPM
PABX	Частная АТС с выходом в сеть общего пользования
PAMR	Мобильная радиосвязь общего доступа
PDH	Плезиохронная цифровая иерархия
PDTCH	Информационный канал пакетной передачи данных
PLMN	Наземная мобильная сеть общего пользования
PMR	Частная мобильная радиосвязь
PSTN	Телефонная сеть общего пользования
QoS	Качество обслуживания
RAC	Железнодорожный код доступа
RBC	Центр автоблокировки на базе радиосвязи
SACCH	Автономный канал управления
SCI	Вход контроллера абонента
SCP	Пункт управления услугами
SDH	Синхронная цифровая иерархия
SMP	Пункт административного управления услугами
SMS	Служба коротких сообщений
SSP	Пункт коммутации услуг
SSS	Коммутационная подсистема
SW	Программное обеспечение
TMSI	Временный идентификационный номер подвижного абонента
TCH	Информационный канал

TDMA	Множественный доступ с разделением [каналов] по времени
TCE (TRAU)	Транскодер
UIC	Международный союз железнодорожников
UIN	Номер идентификатора пользователя
UMTS	Система универсальной мобильной связи
VBS	Услуга речевого вещания
VGCS	Услуга группового голосового вызова
VLR	Гостевой регистр местонахождения
VMS	Услуга голосовой почты
VMSC	Посещаемый MSC
WLAN	Беспроводная локальная сеть