

Объединенная сеть обмена данными для автоматизированных систем управления технологическими процессами в жилищно-коммунальном хозяйстве

ООО «НЦПР» (Технический бюллетень)

Технический бюллетень 32

В настоящей статье рассматривается перспективный вариант организации радиосети управления и сбора данных для обеспечения надежного функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами в газо-, тепло-, электро-, водоснабжении и водоотведении за счет создания объединенной сети обмена данными, использующей узкополосные радиомодемы в диапазоне очень высоких (ОВЧ)¹ и ультравысоких частот (УВЧ)². Материал предназначен для руководящего и технического состава предприятий жилищно-коммунального хозяйства, а также технических специалистов, занимающихся созданием и эксплуатацией территориально распределенных информационно-управляющих систем различного назначения.

Автор благодарит руководство и специалистов общественной организации «Национальная ассоциация водоснабжения и водоотведения» за помощь в подготовке настоящей статьи.

1. Общая информация

С начала их создания работа значительной части автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ)³ обеспечивалась узкополосными технологическими радиосетями обмена данными (ТРОД)⁴.





Объекты, оснащаемые АСУ ТП ЖКХ

Оперативно-технические характеристики таких радиосетей в полном объеме удовлетворяют требованиям, предъявляемым современными информационно-управляющими системами, и продолжают активно использоваться в рассматриваемых приложениях. Однако, одним из серьезных организационных ограничений ТРОД является ограниченный доступ к ее ресурсам для разработчиков АСУ ТП, обусловленный необходимостью получения радиочастотного присвоения. Практический опыт показывает, что данная процедура очень сильно пугает создателей таких систем, хотя на сегодняшний день она полностью формализована и не представляет сложностей. Тем более, что собственно разрешение на использование радиочастотного ресурса по действующему законодательству получают эксплуатирующие организации и государством установлены жесткие сроки на выполнение регулятором этих работ⁵. Тем не менее, если в лабораторных условиях инженеры и программисты могут отлаживать работу своих программно-технических комплексов без каких-либо ограничений, «выход в поле» с работой в эфире все же требует дополнительных усилий в части согласования работ с государственным регулятором, в лице которого выступает Роскомнадзор и его региональные подразделения.

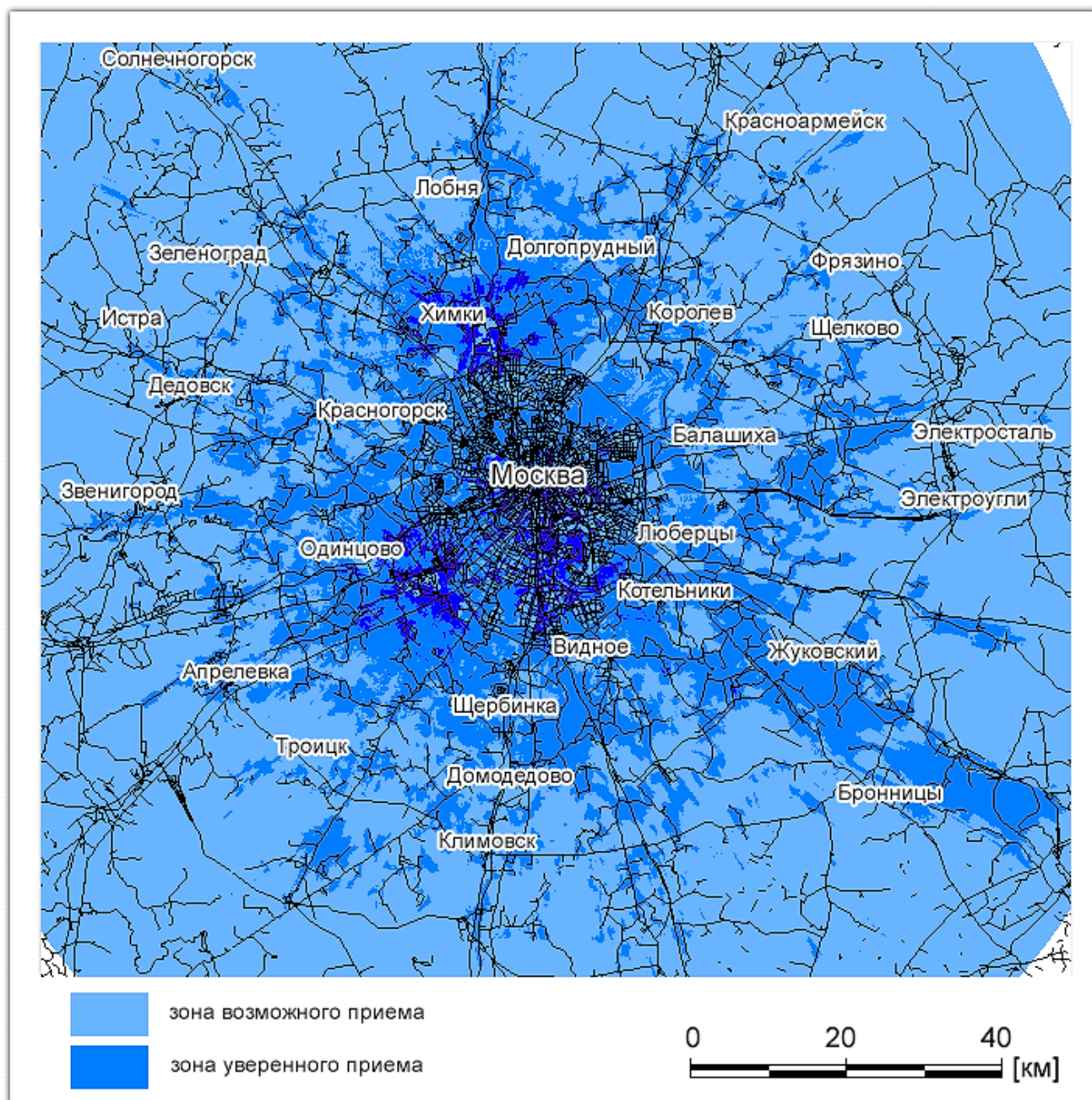
С появлением и развитием сотовых сетей связи общего пользования вышеуказанное ограничение отпало, и разработчики получили возможность отладки своих программно-технических средств на базе сетей сотовой связи сразу нескольких операторов. В результате появились современные эффективные разработки, позволяющие обеспечить функционирование АСУ для «медленных» процессов, не чувствительных к задержкам в доставке данных. Но принципиальные ограничения сетей связи общего пользования, обусловленные невозможностью работы в реальном масштабе времени с детерминированными задержками в доставке информации и более низкая по сравнению с технологическими радиосетями надёжность остались, и обойти их практически невозможно⁶, даже при подключении к сетям нескольких операторов сотовой связи.

А вот доступ пользователей и разработчиков к ресурсам технологических радиосетей обмена данными, оптимизированных для обслуживания работы АСУ ТП различного назначения, может быть существенно упрощен за счет создания и развертывания объединенных сетей обмена данными (ОСОД) на узкополосном радиотехническом оборудовании, относящимся к профессиональной мобильной радиосвязи (ПМР)⁷.

2. Объединенная сеть обмена данными для АСУ ТП ЖКХ

Профессиональная мобильная радиосвязь имеет долгую историю становления и развития. В настоящее время она реализуется в виде подвижных радиосетей, создаваемых их владельцами (аналогично технологическим радиосетям обмена данными), либо операторами (аналогично сотовым сетям связи общего пользования), предоставляющими доступ к своей сети в виде услуги. Операторская сеть ПМР строится и эксплуатируется практически на тех же принципах, что и сеть сотовой связи, но доступ к такой сети (подключение новых абонентов) строго регламентируется с учетом обязательств по качеству предоставляемой услуги связи для всех подключаемых абонентов. То есть, если к сети оператора сотовой связи может подключиться любой абонент, который приобрел соответствующую SIM-карту, то подключение к сети ПМР возможно только для допущенных абонентов на основании индивидуального договора и, как правило, на оборудовании, предоставляемом оператором сети ПМР. При этом оператор имеет возможность жестко контролировать параметры пропускной способности радиосети в части

обеспечения заданных детерминированных задержек при обмене данными. В качестве примера можно привести одну из действующих на территории г. Москвы и Московской области сеть ПМР, информация о которой представлена на Рис. 1.



1. Зона покрытия сети профессиональной мобильной связи ООО «Технологии и системы связи»

Вышеупомянутая радиосеть использует оборудование транкинговой связи⁸ стандарта DMR, обладающее определенными возможностями по обмену данными. Однако, эти возможности недостаточны для создания полноценной радиосети для обеспечения функционирования АСУ ТП.

Применение ТРОД в промышленности и на транспорте уже имеет свою многолетнюю и успешную историю. Такие радиосети используются в качестве основных, в первую очередь, на протяженных объектах, где прокладка кабелей является нецелесообразной или невозможной. С использованием этой технологии построены практически все сети управления телемеханикой подразделений ПАО «Газпром»,

отвечающих за добычу и транспортировку газа, а также значительная часть таких сетей в подразделениях компаний ООО «Газпром межрегионгаз» и АО «Газпром газораспределение», большая часть сетей ПАО «Новатэк», почти все сети ПАО «Транснефть» и нефтедобывающих компаний, включая ПАО НК «Роснефть», «ЛУКОЙЛ», «Татнефть», «Сургутнефтегаз» и АО «Сахатранснефтегаз», не менее половины сетей ведущих электроэнергетических компаний, некоторые объекты АО «РЖД» и промышленного железнодорожного транспорта⁹. Следует отметить, что все вышеупомянутые объекты относятся к II классу опасности и предъявляют повышенные требования к системе управления. Имеется практический опыт применения ТРОД на объектах ЖКХ на территории Российской Федерации и Республики Казахстан.

Такая широкая область применения вышеуказанных радиосетей обусловлена следующими основными оперативно-техническими возможностями и преимуществами:

- гарантированная надежность¹⁰ работы (радиосеть создается ее владельцем с учетом его индивидуальных требований к надёжности функционирования);
- высокая живучесть¹¹ радиосети в различной обстановке (требование к живучести закладывается на этапе проектирования радиосети ее владельцем, и, как правило, оказывается выше, чем в радиосетях общего пользования);
- рабочая зона, полностью перекрывающая район использования подключенных к радиосети оконечных устройств, как правило, объединенных в автоматизированную систему управления (реально построенные технологические радиосети имеют оперативную зону более миллиона кв. км);
- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному режиму времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в установленные регламентом работы радиосети сроки;
- относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и приемлемые для большинства автоматизированных систем задержки в доставке данных;
- высокая безопасность данных, функционирующих в технологической радиосети (применяемые технологии обеспечивают защиту от подавления, перехвата или несанкционированного доступа к работе в составе технологической радиосети);
- относительно низкая стоимость эксплуатации;
- независимость от «чужой» инфраструктуры связи и возможность развивать ее исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит эксплуатирующей ее организации, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться ею самостоятельно);
- совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам;
- простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе;
- эксплуатации в жестких условиях окружающей среды.

Все эти возможности и преимущества могут быть сохранены при создании объединенной сети обмена данными (ОСОД), которая по своей сути остается технологической радиосетью обмена данными для одного или ограниченной группы пользователей, эксплуатацию которой осуществляет специализированная организация. Частично такой подход уже реализуется в крупных промышленных компаниях, где подразделения связи выделены в самостоятельные структурные единицы, функционирующие на принципах самокупаемости, что подтверждает жизнеспособность создания и эксплуатации ОСОД. Реализация такого подхода позволяет заказчикам (подключающимся к сети абонентам) оптимизировать организационные процессы и сократить затраты на обеспечение технологического процесса за счет исключения:

- необходимости в получении радиочастотного присвоения;
- расходов на развертывание и поддержание работоспособности базовой инфраструктуры радиосети;
- процесса поиска и затрат на содержание технического персонала, обслуживающего работу окончного оборудования (радиомодемов, устанавливаемых на объектах автоматизации).

При этом окончное оборудование может быть получено пользователями на условиях аренды или лизинга.

Для разработчиков АСУ ТП доступ к объединенной сети обмена данными может быть организован на льготных условиях с учетом характера выполняемых работ.

Создание и развертывание ОСОД может производиться с использованием оборудования двух типов: «прозрачных»¹² и «пакетирующих»¹³ радиомодемов. Выбор того или иного типа производится с учетом применяемых на объектах автоматизации контроллеров. Применение «прозрачных» радиомодемов ориентировано, в первую очередь, на контроллеры с последовательным интерфейсом и приложения, в которых отсутствует необходимость удаленной настройки, которая предусмотрена в «пакетирующих» радиомодемах. Кроме того, в пакетирующих радиомодемах предусмотрена возможность резервирования канала связи за счет подключения к сотовой сети связи, где это возможно, а также подключения к ОСОД «куста» устройств, объединенных между собой каналам стандарта IEEE802.11 (WiFi).

Таким образом, ОСОД может использовать два типа радиомодемов, обеспечивающих физическое подключение всех применяемых в настоящее время моделей контроллеров. Возможность логического подключения обеспечивается разработчиками АСУ ТП, поскольку для них эта задача является типовой.

Структура ОСОД строится по принципу организации связи «точка — много точек» и использует базовые станции (БС). Расчетная пропускная способность одноканальной БС (использующей для работы один номинал радиочастоты с шагом 25 или 12,5 кГц) составляет не менее 300 абонентов при обновлении данных от каждого из них с периодичностью раз в минуту. Каждая базовая станция может строиться как многоканальная (в настоящее время отработаны технические решения для организации до 32 каналов на одной БС) и использовать радиомодемы обоих вышеуказанных типов. Следует отметить, что скорость обмена данными в «пакетирующих» радиомодемах существенно выше, чем в прозрачных, но за счет накладных расходов на реализацию пакетного протокола Ethernet пропускная способность радиоканала остается примерно на том же уровне.

Для создания ОСОД могут использоваться технические решения, разрабатываемые в настоящее время в рамках создания отечественной радиотехнической платформы «Гепард». Основные технические характеристики оборудования данной платформы представлены в Таблицах 1 и 2.

1. Основные технические характеристики радиомодема «Гепард-100/400И».

<p>Общие характеристики</p>	<p>Радиомодем «Гепард-100/400И»</p> 
<p>Диапазон частот, МГц</p>	<p>146-174; 403-450</p>
<p>Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)</p>	<p>50; 25; 12,5</p>
<p>Рабочее напряжение, В</p>	<p>10-30 (постоянный ток)</p>
<p>Габаритные размеры (Ш x Г x В), см</p>	<p>17,0 x 16,0 x 6,1</p>
<p>Масса (в упаковке), кг</p>	<p>1,2</p>
<p>Рабочий режим</p>	<p>симплекс/полудуплекс</p>
<p>Антенный вход</p>	<p>TNC</p>
<p>Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт</p>	<p>1-10</p>
<p>Интерфейсы</p>	<p>2 x RS-232 (DE-9F), Ethernet RJ-45, USB</p>
<p>Скорость, кбит/с</p>	<p>4,8; 9,6; 19,2</p>

Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/передача
Адресация	нет

Данный радиомодем может применяться для организации основных или резервных каналов ОСОД в интересах обеспечения работы АСУ ТП, использующих оборудование, в первую очередь, с последовательными интерфейсами RS-232/422/485. Для подключения более современного оборудования, имеющего сетевой интерфейс Ethernet, предусмотрен встроенный преобразователь интерфейсов, позволяющий организовать работу по протоколу обмена данными TCP/IP с определенными ограничениями.

2. Предварительные технические характеристики радиомодема «Гепард-100/400С».

Общие характеристики	Радиомодем «Гепард-100/400С»
	
Диапазон частот, МГц	146-174; 403-450
Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)	50; 25; 12,5
Рабочее напряжение, В	10-30 (постоянный ток)
Габаритные размеры (Ш x Г x В), см	17,0 x 16,0 x 6,1
Масса (в упаковке), кг	1,4
Рабочий режим	симплекс/полудуплекс
Антенный вход	TNC
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10

Интерфейсы	2 x RS-232 (DE-9F), Ethernet RJ-45, USB
Скорость, кбит/с	16; 24; 32; 48; 64; 96; 192
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/ передача
Адресация	IP
Вспомогательные беспроводные интерфейсы	3G/4G WiFi IEEE 802.11b/g/n

Радиомодем предназначен для обслуживания современных АСУ ТП, использующих оборудование с интерфейсом Ethernet по протоколу TCP/IP в эфире. Такой радиомодем представляет собой более современное устройство, обладающее расширенными функциональными возможностями.

Данный радиомодем должен стать близким к идеальному средством для создания ОСОД для АСУ ТП, поскольку он будет иметь дополнительные встроенные интерфейсы для подключения к сетям общего пользования GSM/LTE и WiFi. Выбор радиосети для обмена данными будет выполняться автоматически, в зависимости от условий приёма радиосигнала и загруженности сети. Кроме того, в устройстве планируется реализовать ряд дополнительных функций, которые позволят повысить надёжность функционирования технологических радиосетей, созданных с его использованием.

ВЫВОДЫ:

1. Надёжное функционирование современных распределенных АСУ ТП в жилищно-коммунальном хозяйстве, а также на предприятиях промышленности и транспорта может быть обеспечено за счет их подключения к перспективным объединенным сетям обмена данными на базе узкополосных радиомодемов ОВЧ и УВЧ диапазонов, которые могут создаваться на базе действующих операторов профессиональной мобильной связи.
2. Наиболее целесообразным представляется применение ОСОД на распределенных объектах промышленности и транспорта, где требуется организовать удаленное управление и сбор данных на значительных расстояниях, делающие прокладку и последующее содержание кабельной сети необоснованно затратной с финансовой точки зрения.
3. В настоящее время в Российской Федерации ведутся работы по созданию семейства современных радиомодемов, предназначенных для обеспечения надежного функционирования АСУ ТП различного назначения, которые могут быть применены при создании ОСОД для АСУ ТП ЖКХ. Завершение этих работ и переход к использованию новых изделий отечественного производства позволит разработчикам АСУ ТП не только повысить надёжность своих продуктов и расширить их функциональные возможности в части организации удаленного управления и сбора данных, но и упростить доступ к радиочастотным ресурсам в процессе создания собственных комплексов.

Сноски

1. **Очень высокие частоты (ОВЧ)** – метровые волны в диапазоне от 30 до 300 МГц. ↩
2. **Ультравысокие частоты (УВЧ)** – дециметровые волны в диапазоне от 300 до 3000 МГц. ↩
3. **Жилищно-коммунальное хозяйство** – совокупность отраслей [экономики](#), обеспечивающих работу инженерной инфраструктуры зданий населённых пунктов. В ЖКХ входят жилищное хозяйство (капитальный и текущий ремонт зданий), [теплоснабжение](#), [водоснабжение](#), [электроснабжение](#), ремонт инженерных коммуникаций, а также благоустройство территорий, утилизация мусора и уборка. ↩
4. **Технологическая сеть связи** (англ. *private network*, прежнее название «ведомственная», или «корпоративная») предназначена для обеспечения производственной деятельности организаций, управления технологическими процессами в производстве. Технологии и средства связи, применяемые для создания технологических сетей связи, а также принципы их построения устанавливаются собственниками или иными владельцами этих сетей (Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ). ↩
5. На основании пункта 3 статьи 24 Федерального закона от 07.07.2003 № 126-ФЗ «О связи», пункта 39 [Порядка проведения экспертизы возможности использования заявленных радиоэлектронных средств и их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами, рассмотрения материалов и принятия решений о присвоении \(назначении\) радиочастот или радиочастотных каналов в пределах выделенных полос радиочастот](#), утверждённого решением ГКРЧ от 07.11.2016 г. № 16-39-01, Роскомнадзор исполняет государственную услугу по присвоению (назначению) радиочастоты или радиочастотных каналов. Не позднее чем через 40 рабочих дней со дня его регистрации в Роскомнадзоре, Роскомнадзор принимает решение о присвоении (назначении) радиочастоты или радиочастотного канала, размещает на официальном сайте Роскомнадзора информацию о принятии решения и направляет заявителю оформленное решение. ↩
6. Более подробную информацию об отдельных ограничениях сетей общего пользования при обеспечении работы АСУ ТП можно получить в техническом бюллетене ООО «НЦПР», выпуск [19: «Радиосеть для АСУ ТП в ЖКХ на узкополосных радиомодемах»](#) (<https://flexlab.ru/technical-bulletin/135-vypusk-19-radioset-dlya-zhkkh/file>) и выпуск [27: «Использование радиомодемов-гепард в системе точноземледелия»](#) (<https://flexlab.ru/technical-bulletin/164-vypusk-27-ispolzovanie-otechestvennykh-radiomodemov-gepard-v-sisteme-tochnozemledeliya/file>) ↩
7. **Профессиональная мобильная радиосвязь (ПМР)** – системы двусторонней сухопутной подвижной радиосвязи, использующие диапазон ультракоротких волн (УКВ). ↩
8. **Транкинговые системы** (англ. *trunking* – объединение в пучок) – радиально-зоновые системы связи, осуществляющие автоматическое распределение каналов связи между абонентами. Под термином «транкинг» понимается метод доступа абонентов к общему выделенному пучку каналов, при котором свободный канал выделяется абоненту на время сеанса связи. ↩
9. Расширенный перечень организаций, использующих узкополосные технологические радиосети обмена данными ОВЧ и УВЧ диапазонов можно получить по ссылке: <https://flexlab.ru/about/partners>. ↩
10. **Надёжность** (англ. *reliability*) – [свойство системы](#) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования [ГОСТ 27.002-89 «Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения»]. ↩
11. **Живучесть** (англ. *survivability*) – свойство системы, характеризующееся способностью выполнять установленный объём функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения»]. ↩
12. **«Прозрачный» радиомодем** – устройство, выполняющее побитную передачу цифровых данных без их промежуточного преобразования. Радиомодемы данного типа ещё называют телеметрическими, поскольку они обеспечивают минимальное время доступа к радиоканалу и не добавляют к потоку данных служебной информации. ↩
13. **«Пакетирующий» радиомодем** – устройство, выполняющее передачу цифровых данных с их промежуточным преобразованием, разделением на пакеты (определённым образом оформленные блоки [данных](#)). Кроме передаваемых

данных каждый пакет содержит служебную информацию, обеспечивающую поддержку соответствующего пакетного протокола. ↩