

**В. С. Иванов, И. С. Андреев, В. В. Сухих, М. М. Цыгин, К. И. Бушмелева**

## Особенности транкинговых систем связи

*Рассмотрена классификация одного из видов сетей сотовой подвижной связи. Описаны основные области применения транкинговых систем связи (ТСС). Проанализированы принципы построения транкинговых систем связи. Представлена схема построения транкинговых систем связи, обладающая преимуществами по сравнению с другими схемами. Приведена структурная схема разрабатываемого ретранслятора в рамках диссертационной работы.*

*Ключевые слова:* транкинговые системы связи, ретранслятор, базовая станция, принципы построения

### Об авторах

**Иванов Вячеслав Сергеевич** – ассистент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств РТУ МИРЭА.

**Андреев Илья Сергеевич** – ассистент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств РТУ МИРЭА. *E-mail:* andreev@mirea.ru. Московская обл., Егорьевский р-он, д. Вишневая д. 30.

**Сухих Владислав Владимирович** – студент бакалавриата 4-го года обучения кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств РТУ МИРЭА.

**Цыгин Михаил Михайлович** – студент бакалавриата 4-го года обучения кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств РТУ МИРЭА.

**Бушмелева Кия Иннокентьевна** – д.т.н., доцент, заведующая кафедрой АСОИУ БУ ВО «Сургутский государственный университет».

Функционирование предприятий, их развитие и процветание в современном мире определяется количеством применяемых современных информационных технологий, оснащением современными системами связи. Мобильная радиосвязь, как одна большая часть телекоммуникаций, позволяет рентабельно управлять предприятием. Транспортировка грузов, взаимодействие между работниками одного предприятия и многие другие отрасли зависят от систем подвижной радиосвязи. А для служб спасения, которые также пользуются ТСС, мобильная радиосвязь является чрезвычайно важной [3].

Связь – это активно развивающаяся отрасль инфраструктуры современного общества, большую часть в которой занимают сети подвижной связи (СПС).

Сети подвижной связи классифицируются по следующим группам (рис. 1):

1) сети сотовой подвижной связи (ССПС) – само название говорит о том, что каждая зона обслуживания делится на несколько ячеек (сот);

2) транкинговые системы связи (ТСС) – похожи на предыдущие и обеспечивают абонентам связь в пределах большой зоны обслуживания; основное применение ТСС – корпоративная (ведомственная, служебная) связь;

3) сети персонального радиовызова (СПР) – или пейджинговые сети – это сети, передающие сообщения с базовой станции на мобильные абонентские приемники, в настоящее время они не имеют такой популярности, как в конце XX века, но находят применение в некоторых отраслях;

4) сети персональной спутниковой (мобильной) связи – данные сети обеспечивают связь абонентам, которые удаляются за пределы зоны обслуживания местных сотовых сетей.

Познакомимся подробнее с транкинговыми системами связи. ТСС отличаются простотой в построении и дешевой стоимостью по сравнению с ССПС. ТСС также называют профессиональной мобильной радиосвязью, т.к. ей пользуются специальные службы: скорая помощь, полиция, пожарная охрана.

Большие предприятия тоже используют данный класс ССПС для организации связи между работниками.

ТСС имеют перед сотовыми системами преимущества (рис. 2) и недостатки (рис. 3).

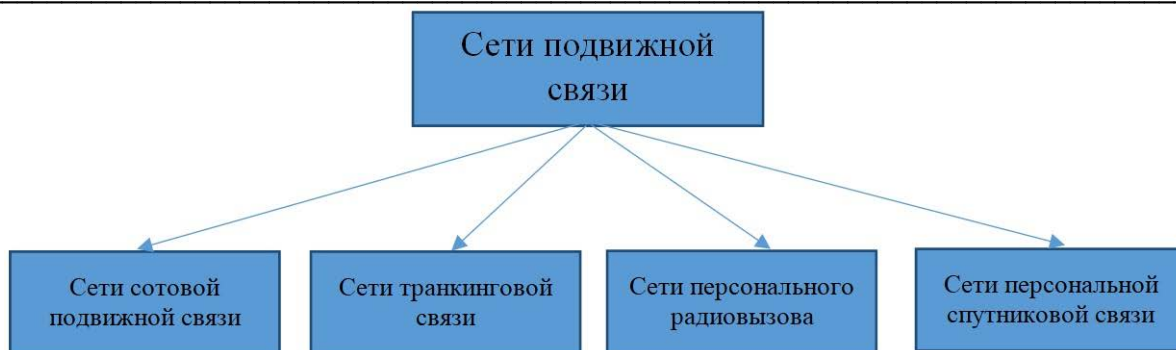


Рис. 1. Классификация сетей подвижной связи



Рис. 2. Преимущества ТСС



Рис. 3. Недостатки ТСС

В ТСС имеется несколько различных каналов радиосвязи, к каждому из которых прикреплен соответствующая пара частот. На одной паре частот происходит прием сигнала, а на другой – передача.

Типы транкинговых сетей:

- 1) радиальные;
- 2) радиально-зонавые;
- 3) квазисотовые.

### Принципы построения транкинговых сетей

Существует несколько схем построения ТСС. Самая простая из них – схема однозонавой ТСС (рис. 4). Основной элемент данной схемы – базовая станция (БС), имеющая, как правило, круговую диаграмму направленности, в состав которой входят:

- устройство объединения радиосигналов, позволяющее использовать одно и то же приемопередающее оборудование;
- ретрансляторы, в состав которых входит приемопередающее оборудование;
- устройство управления (УУ), обеспечивающее работоспособность всех узлов БС;
- коммутатор, соединяющий мобильных абонентов с ТфОП;
- интерфейс к ТфОП, реализующийся с помощью подключения по двухпроводной

- коммутируемой линии и при наличии аппаратуры прямого набора номера;
- терминал обслуживания и эксплуатации (ТОЭ), предназначенный для контроля за состоянием системы и исправления неисправностей;
- диспетчерские пульта (ДП), которые используются службами, где необходим диспетчер.

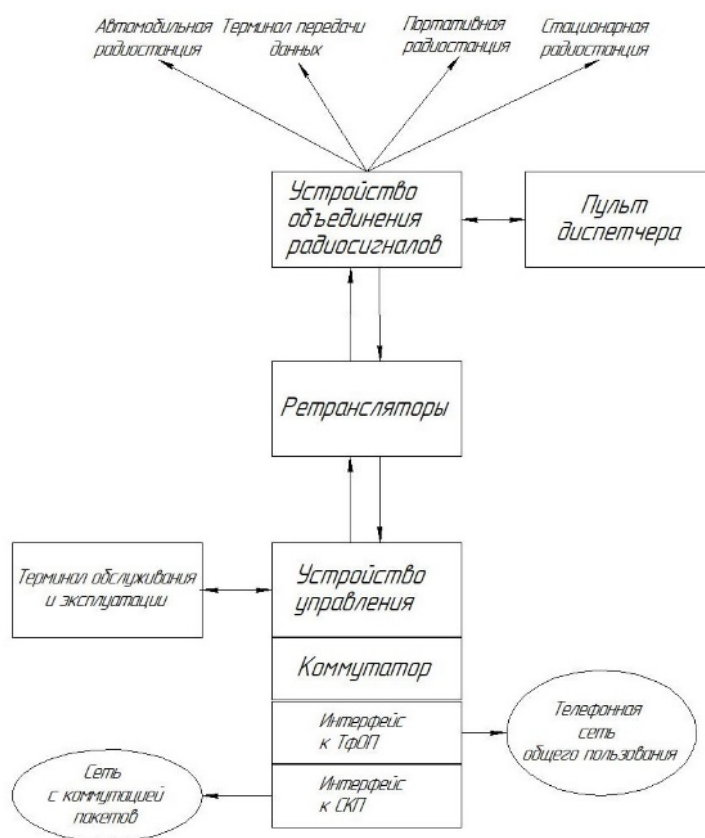


Рис. 4. Структурная схема однозональной транкинговой системы

Следующая схема построения ТСС – схема с распределенной межзональной коммутацией. Если у организации ограниченная сумма на покупку оборудования, то используется распределенная межзональная коммутация (рис. 5).

Если же потребителю необходимо обеспечить систему с достаточно хорошей степенью обслуживания, то используют схему мно-

гозональной ТСС с централизованной коммутацией (рис. 6).

Главный элемент этой схемы – межзональный коммутатор (МК), обеспечивающий прием, обработку и передачу вызовов из одной зоны в другую. Вся информация о геолокации пользователей находится в одном месте [1].

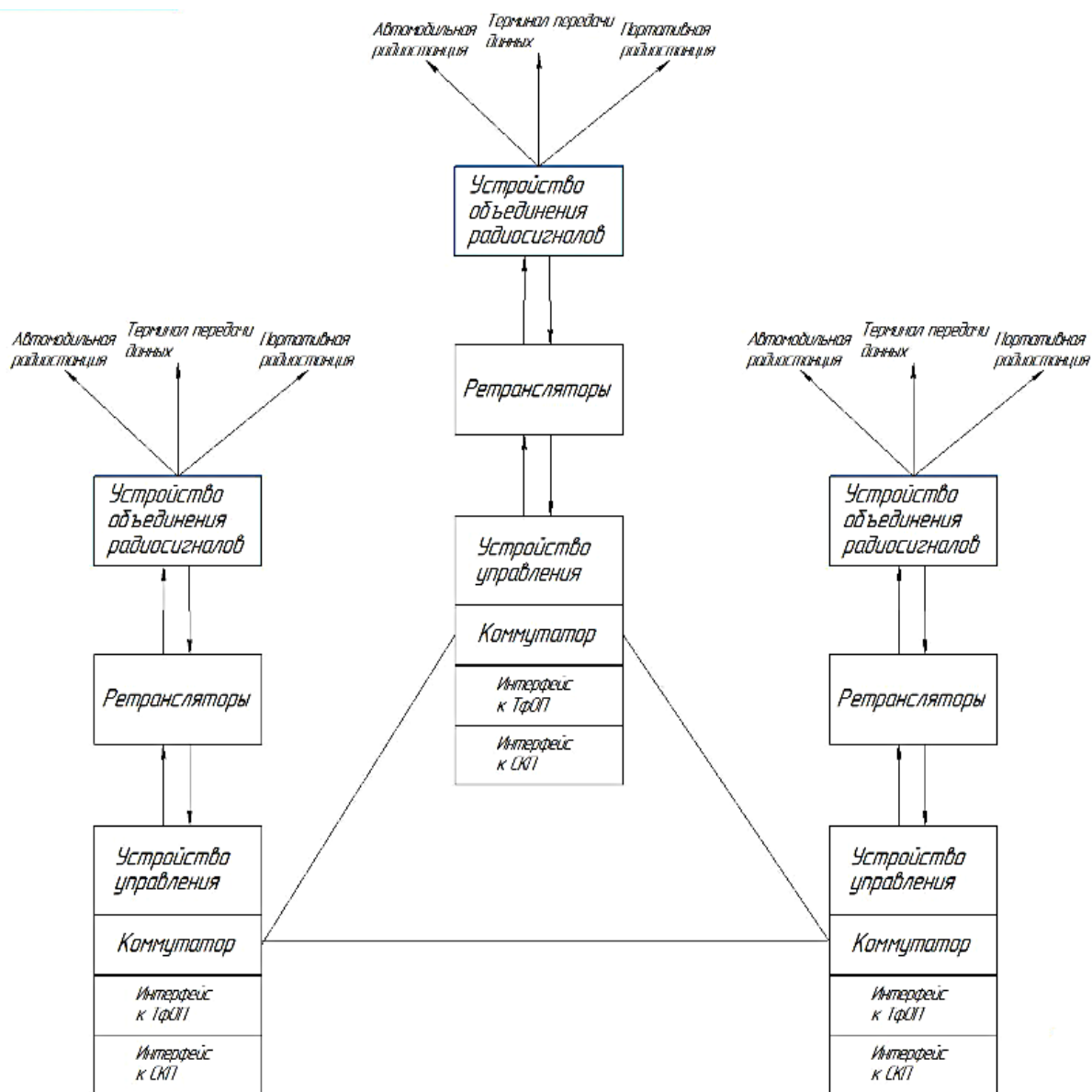


Рис. 5. Структурная схема ТСС с распределенной МК

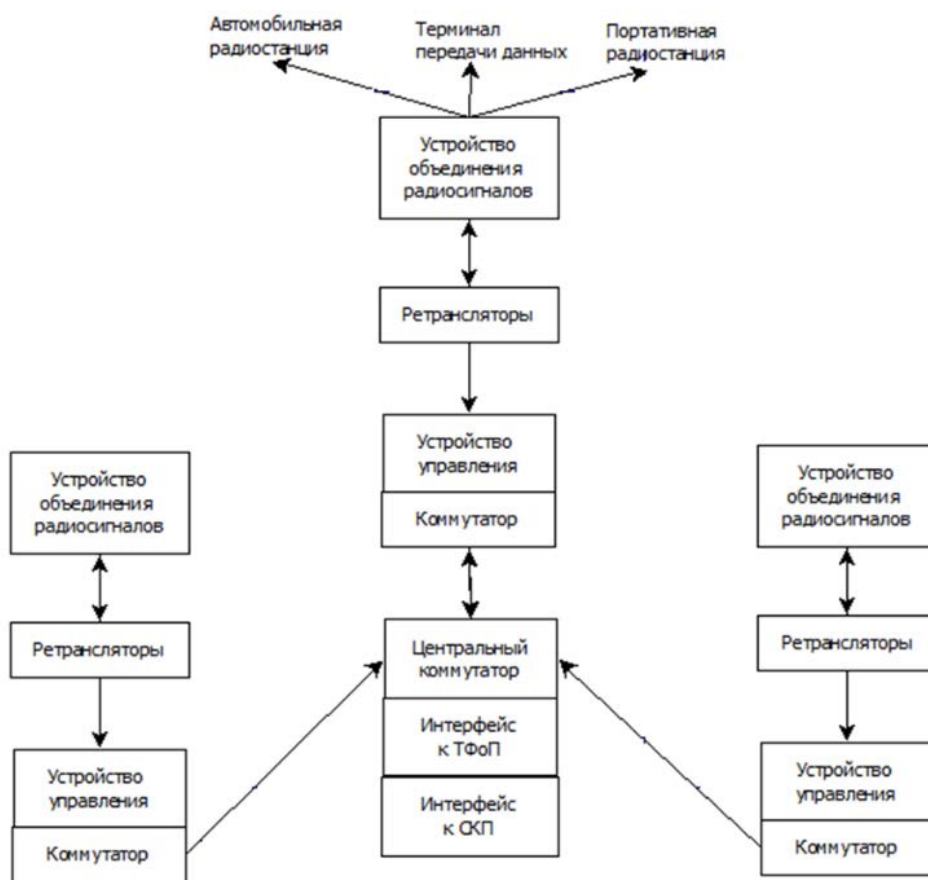


Рис. 6. Структурная схема транкинговой сети с централизованной межзональной коммутацией

### Ретранслятор базовой наземной станции ТСС

Вначале остановимся на схеме построения одноканального ретранслятора на двух антеннах (рис. 7), при которой частотный разнос TX/RX составит 5 МГц, мощность передатчика – 50 Вт.

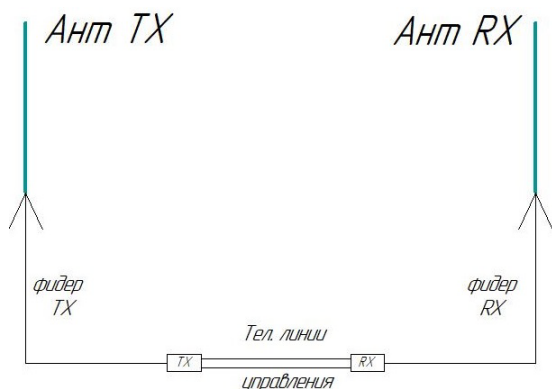


Рис. 7. Ретранслятор на двух антеннах

Данная схема одна из часто используемых и в то же время самая простая схема ретранслятора. Она обычно строится на двух радиостанциях. Сигнал, принятый приемной антенной RX поступает по фидеру в приёмник. Обработанный НЧ сигнал поступает на микрофон передатчика. Передатчик включается после поступления на его вход управляющего сигнала, который идет по отдельному проводу. Но прежде чем переходить к установке антенны, необходимо определить, на каком минимальном расстоянии друг от друга можно установить приемную и передающую антенны. Для этого обратимся к следующим графикам.

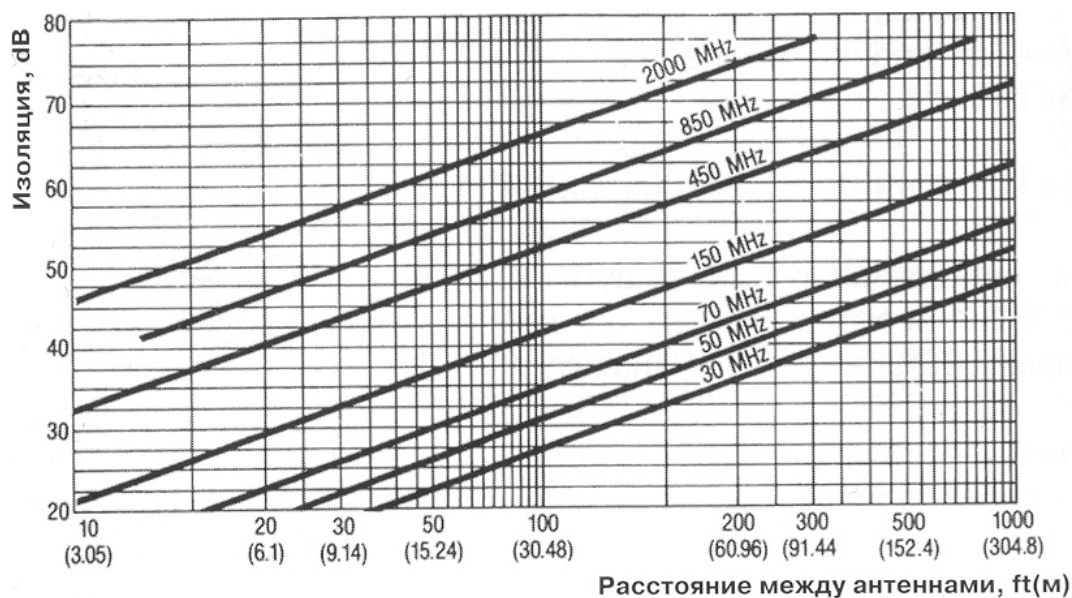


Рис. 8. График определения изоляции между антеннами от их горизонтального расстояния

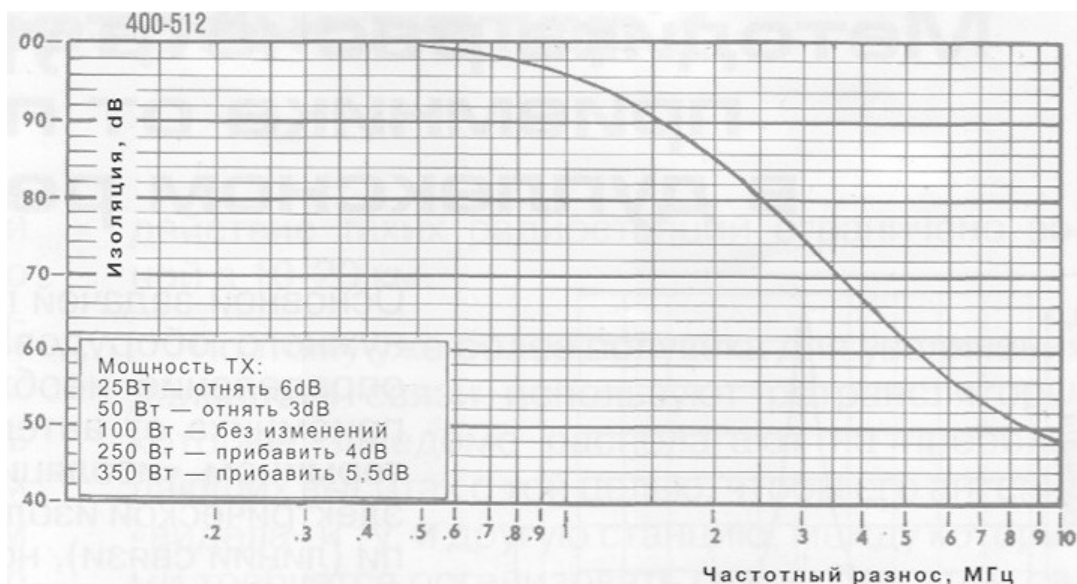


Рис. 9. График зависимости изоляции от частотного разнеса TX/RX и мощности передатчика

Исходя из графика, изоляция между антеннами с мощностью передатчика 50 Вт и частотным разнесом 5 МГц, должна составить не менее 58 dB (рис. 9).

Из графика на рис. 8 можно определить, что горизонтальный разнос между двумя антеннами, для достижения изоляции не менее 58 dB, равен около 120 м друг от друга.

На рис. 10 приведена структурная схема проектируемого ретранслятора.

Сигнал с приемной антенны, поступающий на вход ретранслятора, принимается, обрабатывается и детектируется его приемником (блок ПРИЕМНИК). Структура приемника

зависит от множества параметров и проектируется отдельно. Скорее всего, это будет супергетеродинный приемник с двойным преобразованием частоты. Принятый и детектированный сигнал усиливается низкочастотным усилителем. Далее, усиленный сигнал поступает в три цепи:

1. Цепь определения наличия сигнала в канале.

Эта цепь предназначена для определения наличия полезного сигнала в принятом сигнале и используется в качестве шумоподавителя. Принцип действия основан на том, что после детектирования уровень шума намного

выше уровня полезного сигнала. Шумоподаватель состоит из аттенюатора (АТТ) и порогового устройства. Для того чтобы порог срабатывания можно было менять программно, аттенюатор является управляемым.

2. Цепь определения наличия тоновой составляющей в принимаемом сигнале.

Предназначена для определения наличия тоновой составляющей в принимаемом сигнале и ее декодирования. Используется для предотвращения несанкционированного использования ретранслятора. Цепь состоит из гибридного детектора тон-сигналов (блок ТОН-ДЕКОДЕР) и фильтра высоких частот. ФВЧ необходим для отсекания голосового спектра, с целью улучшения условий декодирования.

3. Цепь обработки и управления детектированным сигналом.

Состоит из фильтра нижних частот, управляемого переключателя и низкочастотного смесителя. ФНЧ необходим для отсекания спектра частот, используемого для передачи тоновой составляющей. Управляемый переключатель по команде микроконтроллера включает или отключает дальнейшую обработку принятого сигнала. Переключатель является исполнительным устройством шумоподавителя и детектора тоновой составляющей.

В смесителе к принятому и детектированному НЧ-сигналу подмешивается новый тон и при необходимости статусная кодовая посылка либо сигнал от внешнего микрофона. Для генерации статусных посылок в ретрансляторе предусмотрен НЧ-генератор (блок СИГНАЛ) [10].



Рис. 10. Структурная схема ретранслятора

### Заключение

В настоящее время сотовая связь играет большую роль как в жизни человека, так и в работе любого предприятия. Системы транкинговой связи широко применяются силовыми органами. Абоненты перемещаются из одной зоны обслуживания в другую. Основным фактором, влияющим на радиус зоны обслуживания базовой станции, является мощность усилителя. Увеличение радиуса зоны обслуживания приведет к уменьшению количества зон. На сегодняшний день проектирование усилителя мощности является чрезвычайно актуальной задачей.

### Библиографический список

1. Бабков В.Ю., Воробьев О.В., Певцов Н.В. Петров Д.А., Сиверс М.А. Транкинговые системы связи. СПб.: Судостроение, 2000. 46 с.
2. Весоловский К. Системы подвижной радиосвязи. М.: Горячая линия-Телеком, ППП Типография «Наука», 2006. 536 с.
3. Канавин С.В., Золина О.П., Дзгоев А.Р. Применение транкинговой системы связи в ведомственных подразделениях // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2017. Т. 1, № 8. С. 257–258. – URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34542016> (режим доступа: по логину и паролю. Дата обращения: 29.10.2020).
4. Нефедов В.И., Сигов А.С. Общая теория связи. М.: Юрайт, 2016. 496 с.

5. Сакалема Д.Ж. Подвижная радиосвязь. М.: Горячая линия-Телеком, 2012. 512 с.

6. Тмаркин В.М., Громов В.Б., Сергеев С.И., Мордачев В.И., Козел В.М., Ковалев К.А. Транкинговые системы радиосвязи // Серия изданий «Связь и бизнес». М.: МЦНТИ, ООО «Мобильные коммуникации», 1997. 108 с.

7. Титов А.А., Бабак Л.И., Черкашин М.В. Расчет межкаскадной согласующей цепи транзисторного полосового усилителя мощности // Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. 2000. Вып. 1. С. 46–50.

8. Титов А.А., Стерхов А.П., Нечаева В.Н. Усилитель мощности диапазона 140...150 МГц // Радиомир КВ и УКВ. 2004. № 4. С. 18–20.

9. Хазан В.Л., Федосов Д.В., Корнеев Д.А., Хорват В.Н. Мобильная система транкинговой связи // Омский научный вестник. 2010. № 3(93). С. 291–294. – URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33689802> (режим доступа: по логину и паролю. Дата обращения: 28.10.2020).

10. Шахгильдян В.В., Шумилин М.С., Козырев В.Б. Проектирование радиопередающих устройств. М.: Радио и связь, 1993. 512 с.

---

*Поступила в редакцию  
22.10.2020*