

Організаційно-управлінські аспекти системи інформаційної безпеки. // "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем і захисту інформації в Україні". Вип. 11, 2005. С. 28 – 33. 3. Гусев В. С. Экономика и организация безопасности хозяйствующих субъектов. СПб.: "Питер". 2004. - С. 268. 4. Контроль собственных сотрудников - преступление или обязанность? Защита информации. Конфидент. 2003. - № 3. 5. Слепцов В. И., Журавлев В. Н., Романюк И. Н. Влияние межличностных психологических отношений на эффективность политики информационной безопасности предприятия // "Бизнес и безопасность". Киев. № 2. - 2006. С. 154 – 156. 6. Дейнтри Даффи. Как надо подглядывать. // CSO, № 2, 2003. 7. М. Дашьян. E-spy Methods в процессе управления персоналом. // Управление персоналом. - М.: № 1 – 2, 2005, - с. 29 – 31.

УДК 681.3

ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЕДОМСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Борис Горлинский, Сергей Ливенцев, Сергей Зайцев
Специальный факультет СБ Украины ВИТИ НТУУ "КПИ"

Анотація: Проведено аналіз стану відомчої системи радіозв'язку з рухомими об'єктами. За результатами аналізу зроблено висновок про необхідність її модернізації з використанням сучасних та перспективних технологій: широкополосних сигналів з псевдовинадковою перестройкою робочої частоти, спектрально ефективних видів модуляції, турбокодів та адаптивного контуру. Поставлено задачі, які необхідно вирішити для реалізації запропонованих напрямків модернізації відомчої системи радіозв'язку з рухомими об'єктами.

Summary: In the article the analysis of the state of the department system of radio contact is conducted with mobile objects. As a result of analysis a conclusion is done about the necessity of its modernization with the use of modern and perspective technologies after directions of the use of wideband signals with frequency hopping spread spectrum, spectral effective types of modulation, turbocodes and adaptive to the contour. The put tasks which it is necessary to decide for realization of the offered directions of modernization of the department system of radio contact with mobile objects.

Ключові слова: Відомча система радіозв'язку з рухомими об'єктами, ширококосмугові сигнали, спектрально ефективна модуляція, турбокоди, адаптивний контур.

І Введение

В соответствии со ст. 17 Конституции Украины обеспечение информационной безопасности государства является одной из его важнейших функций. Неотъемлемой составной частью организации информационной безопасности служит обеспечение защищенного информационного обмена в интересах управления государством, так как свыше 80% информации, передаваемой должностными лицами органов государственной власти Украины, составляет информация с ограниченным доступом [1, 2].

Одной из наиболее важных и сложных в ведомственной системе связи является ведомственная система радиосвязи с подвижными объектами (ВСРСПО). Она предназначена для обеспечения радиосвязью абонентов, которые находятся на подвижных объектах, как между собой, так и с абонентами других сетей связи. ВСРСПО была разработана в начале 70-х годов прошлого столетия и представляет собой комплекс дуплексной аналогово-цифровой связи с автоматическим поиском свободного канала. В Украине такая система была развёрнута в 1972 году.

В настоящее время большое количество работ как отечественных, так и зарубежных авторов посвящено анализу эффективности систем подвижной радиосвязи [3 – 6]. Анализ научно-технической политики в развитых странах свидетельствует о том, что главная её направленность проявляется во всё большей ориентации на использование новых информационных технологий, под которыми понимают совокупность методов, способов и средств сбора, накопления, сохранения, обработки и предоставления информации. Они базируются на новых достижениях в области прикладной информатики, которая объединяет информатику, вычислительную технику и автоматизацию. Толчком к стремительному развитию современных информационных технологий стали достижения последних десятилетий в областях микроэлектроники, вычислительной техники, оптических и квантовых технологий. Это дало возможность создать принципиально новые средства обработки, передачи и хранения информации.

Поскольку при развитии ВСРСПО необходимо обеспечивать совместимость с аналогичными системами ведущих стран мира, то следует отметить следующие тенденции:

1. совместимость с сетями общего пользования национальных систем связи, сетями связи других военных формирований и коалиций войск во время выполнения общих заданий;
2. интеграция видов связи и автоматизация основных процессов информационного обмена и управления.
3. интеграция нескольких функций в одном техническом устройстве;
4. унификация и стандартизация средств и комплексов связи;
5. внедрение перспективных средств криптографической защиты информации;
6. обеспечение надёжной и стойкой работы в сложной помеховой обстановке;
7. перевод всех средств связи на цифровые методы обработки и передачи сигналов и создание цифровых систем связи;
9. значительное расширение полосы используемых частот с высокой эффективностью использования радиоспектра;
10. освоение новых диапазонов частот.

Особенно полезным является опыт Болгарии, Румынии, Польши, Чехии и других стран, которые имели в 1990-х годах примерно одинаковый (сравнительно с Украиной) уровень развития ВСРСПО. Ряд стран (Румыния, Латвия, Литва) выбрали путь полного переоснащения средствами и системами иностранного производства. Румыния и Болгария приняли решение о закупке оборудования фирмы “*Marconi*” (Италия), Эстония, Латвия и Литва закупают коммутационное оборудование фирм “*Harris*” и “*NetCom*” (США), а Венгрия – оборудование фирмы “*Siemens*” (Германия). Причём речь идёт не о закупке отдельных образцов, а о комплексной программе переоснащения. Такой подход обусловлен отсутствием собственной производственной базы средств связи. Другое направление предусматривает совместное использование средств иноземного производства и внедрение собственных перспективных средств. Этого направления придерживается Польша и Чехия.

II Постановка задачи

Принимая во внимание вышеперечисленные тенденции развития ВСРСПО ведущих стран мира, а также тенденции развития государственных и коммерческих сетей общего пользования Украины к ВСРСПО можно предъявить следующие требования:

1. совместимость с действующими системами ВСРСПО;
2. значительное расширение услуг, включая видеоконференции и передачу данных;
3. адаптация к различным условиям и сценариям связи;
4. эффективное использование радиоресурсов;
5. эффективная защита от замираний и многолучёвости;
6. обеспечение конфиденциальности и идентификации.

Анализируя основные требования к системе ВСРСПО можно сделать вывод о том, что современное состояние системы радиосвязи с подвижными объектами специального назначения не даёт возможности в полном объёме выполнять возложенные на неё задачи. Причиной этого являются такие недостатки:

1. несовместимость с существующими стандартами цифровых ВСРСПО;
2. существующая ВСРСПО базируется на аналоговых системах передачи информации;
3. ограниченная зона действия;
4. отсутствие эффективных методов борьбы с замираниями и преднамеренными помехами;
5. отсутствие взаимодействия с цифровыми системами с интеграцией служб (*ISDN*) и пакетной передачи данных (*PDN*);
6. Нерациональное использование частотного диапазона.

Кроме этого, ВСРСПО использует ресурсы Единой сети электросвязи страны, поэтому в процессе взаимодействия возникает ряд проблем, связанных в основном с интенсивным переходом сети связи общего пользования на цифровые системы передачи информации и существенным отставанием в этом ВСРСПО.

Но наряду с недостатками существуют преимущества инфраструктуры ВСРСПО:

1. большое зонное покрытие территории Украины (свыше 70%);
2. наличие развитой сети кабельных линий связи;
3. постоянно установленные антенно-фидерные устройства на башнях телевизионного вещания с учетом обеспечения требований электромагнитной совместимости;
4. возможность оперативного соединения с другими сетями специальной связи.

За время эксплуатации ВСРСПО были попытки решить существующие проблемы за счёт частичной

замены оборудования. Согласно утверждённой программе развития ВСРСПО, научно-исследовательским и исследовательско-конструкторским работам по её совершенствованию была проведена модернизация следующих технических средств: абонентских станций, антенно-фидерных устройств, центральных станций. Мероприятия по модернизации были направлены на решение вопросов дальнейшей эксплуатации и поддержания в рабочем состоянии существующей системы, поэтому модернизация была проведена без изменения идеологии её построения. Таким образом, обеспечение безопасного и надежного функционирования ВСРСПО возможно лишь при условии ее модернизации с использованием современных и перспективных информационных технологий.

Перспективы развития современных ведомственных систем радиосвязи с подвижными объектами определяют необходимость применения отдельных, или интегрально объединённых направлений, представленных на рис. 1.

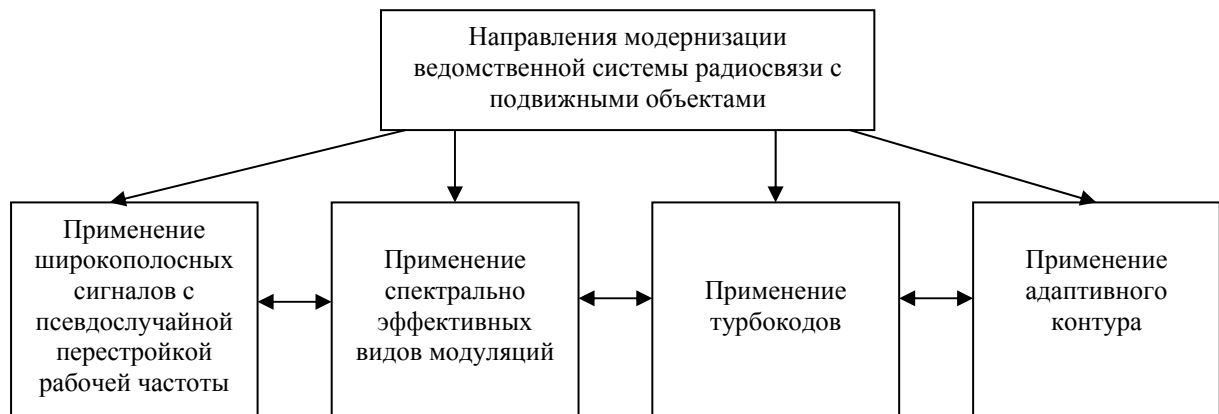


Рисунок 1

Таким образом, **целью работы** является обоснование возможности модернизации ведомственной системы радиосвязи с подвижными объектами за счёт применения широкополосных сигналов, спектрально эффективной модуляции, турбокодов и адаптивного контура.

III Применение широкополосных сигналов с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты

Применение широкополосных сигналов с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ШПС ППРЧ) для модернизации ВСРСПО позволяет решить следующие задачи [7]:

1. эффективно бороться с помехами различного происхождения, такими, как внутренние помехи, являющиеся следствием совместной работы различных узлов аппаратуры пользователя; взаимные помехи различных пользователей при координированном доступе к общему каналу обмена; помехи из-за наличия межсимвольной интерференции; преднамеренные помехи и многие другие;
2. уменьшать негативное влияние различных факторов, определяющихся физической структурой каналов обмена информацией, на достоверность принимаемых сообщений; в первую очередь, это относится к замираниям сигнала в радиоканале, причинами которых могут являться изменение положения объектов в пространстве, “теневой эффект”, медленные селективные замирания, многолучевость при распространении радиоволн и другие;
3. существенно уменьшать энергетическую мощность передаваемого сигнала; этим достигается: обеспечение возможности совместной работы существующих и создаваемых систем радиосвязи в условиях дефицита свободных рабочих частот и ограничений на излучаемую мощность в определённом диапазоне, затруднение несанкционированного перехвата и расшифровки сообщений, повышение скрытности связи путём маскировки составляющих передаваемого сигнала в естественных шумах.

IV Применение спектрально эффективных видов модуляции

Следует подчеркнуть, что модернизация ВСРСПО будет возможна при переходе существующей системы на цифровые системы передачи информации, которые реализуют перспективные

телекоммуникационные технологии. Соответственно в цифровых системах передачи необходимо использовать цифровые методы модуляции. Для модернизации ВСРСПО рекомендуется использовать спектрально эффективные виды модуляции (СЭМ). Основной задачей разработки СЭМ является максимизация эффективности использования полосы частот. Ниже перечисленные виды СЭМ предназначены для достижения повышенной спектральной эффективности или снижения требуемого значения отношения средней мощности несущей к спектральной плотности мощности шума C/N при заданной вероятности ошибки P_c :

1. QAM – квадратурная амплитудная модуляция;
2. $M-QAM$ – многопозиционная или M -ичная QAM (например $16-QAM$, $64-QAM$, $256-QAM$, $512-QAM$);
3. TSM – модуляция с решётчатым кодированием;
4. CPM – модуляция с непрерывной фазой.

В большинстве случаев для систем с линейным усилением подходят M -позиционная QAM и TSM . Если канал (приёмник/передатчик) считается линейным, то с помощью многопозиционной модуляции можно приблизиться к теоретической границе Шеннона [8].

Как видно из табл. 1, в общем случае M -позиционные системы QAM с линейным усилением, такие как $16-QAM$, $64-QAM$ и $256-QAM$, имеют спектральную эффективность выше, чем у $QPSK$ с линейным усилением, имеющий теоретическую предельную эффективность 2 бит/с/Гц. Следует также отметить, что такие многопозиционные виды модуляций, как $16-QAM$ и $64-QAM$ могут потребовать значительно больших значений C/N , чем более простые $QPSK$.

Таблица 1 – Требуемые значения C/N и E_b/N_0 для $P_c = 10^{-4}$ при воздействии белого гауссовского шума (БГШ).

| Показатель | $BPSK$ | $QPSK$ | $16-QAM$ | $64-QAM$ |
|---|--------|--------|----------|----------|
| C/N , дБ, требуемое для $P_c = 10^{-4}$ | 8,4 | 11,4 | 19,2 | 25,5 |
| E_b/N_0 , дБ, требуемое для $P_c = 10^{-4}$ | 8,4 | 8,4 | 13,2 | 17,8 |
| Теоретическая спектральная эффективность, бит/с/Гц | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Реальная спектральная эффективность в системах с линейным усилением, бит/с/Гц | 0,8 | 1,6 | 3,2 | 5 |
| Реальная спектральная эффективность в системах с нелинейным усилением, бит/с/Гц | 0,3 | 0,7 | 1...1,5 | 2...2,5 |

Однако в системах подвижной связи может оказаться важным достижение высокой спектральной эффективности, даже если это приведёт к увеличению требуемых значений C/N . В таких случаях могут использоваться методы M -позиционной модуляции совместно с решетчатым кодированием, что вносит сигнальную избыточность, которая может быть использована для обнаружения и исправления ошибок.

V Применение турбокодов

В качестве корректирующего кода предлагается применять турбокоды (ТК), так как их применение позволяет существенно повысить энергетическую эффективность систем передачи дискретной информации [9]. ТК позволяют максимально приблизиться к границе Шеннона, по энергетической эффективности они уступают теоретическому граничному значению лишь 0.5 дБ [10, 11].

Конструктивной особенностью ТК является наличие двух или более кодеров рекурсивных свёрточных кодов (РСК) и устройств перемежения. Турбокод представляет собой систематический код, в котором проверочная группа образуется из проверочных битов, генерируемых двумя или более составными кодерами РСК, причём информационная последовательность подаётся на кодер первого РСК непосредственно, а в кодер второго РСК через устройство перемежения. Схема выкалывания проверочных бит применяется для регулирования общей скорости турбокода.

Помехоустойчивость турбокодов основана на сочетании следующих свойств:

- сильная зависимость веса выходной последовательности РСК от вида входной информационной последовательности, т. е. от порядка расположения нулей и единиц в ней;
- применение перемежителя для изменения вида входной последовательности, подаваемой на входы кодеров составных РСК.

Сочетание этих свойств приводит к тому, что если при подаче информационной последовательности на вход кодера одного РСК вес его проверочной последовательности оказывается малым, то перемеженная версия этой информационной последовательности, подаваемая на вход другого кодера РСК, с высокой вероятностью приведет к генерации проверочной последовательности большого веса из-за указанного

выше свойства РСК. Таким образом, если какая-либо комбинация ошибок не может быть исправлена одним РСК, то это почти наверняка будет сделано с помощью проверочной группы другого РСК и наоборот.

Для декодирования ТК в настоящее время применяется итеративный декодер, образованный последовательным соединением декодеров двух или более элементарных кодов (РСК1 РСК2, и т. д.), так называемых декодеров с мягкими входным и выходным сигналом. На входы всех элементарных декодеров поступают систематические и проверочные символы, искаженные в канале, а также «мягкие» решения, вычисленные на предыдущей операции другим декодером. Используя эти входные данные, декодер осуществляет очередную итерацию декодирования. В состав турбодекодера входит функциональный элемент, осуществляющий операцию, обратную перемежению – деперемежитель. В результате вычислений формируется вектор оценки максимальной апостериорной вероятности декодируемых символов.

На рис. 2 показаны характеристики помехоустойчивости корректирующих кодов. Эти характеристики говорят о высокой корректирующей способности ТК в области малого отношения энергии сигнала к спектральной плотности мощности шума. Поэтому применение ТК может быть полезно для борьбы с преднамеренными помехами, которые ставит противник средствами радиоэлектронного подавления.

Кроме этого, предлагается использовать каскадное построение турбокодов с кодами Боуза-Чоудхури-Хеквингема (кодами БЧХ) и кодами Рида-Соломона в зависимости от помеховой обстановки.

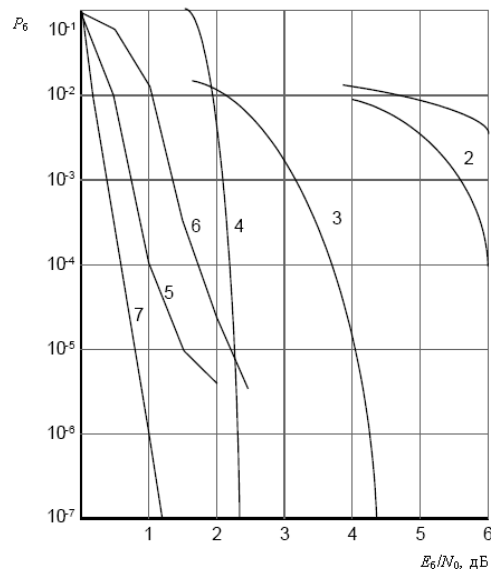


Рисунок 2 – Характеристики помехоустойчивости корректирующих кодов (1-код Хэмминга, $n=7$, $k=4$; 2-код БЧХ, $n=127$, $k=64$; 3-сверточный код, $R=1/3$, $k=7$; 4-сверточный код, $R=1/2$, $k=41$; 5-турбо-код, $R=1/3$, $K=5$, $L=4096$; 6-турбо-код, $R=1/2$, $K=5$, $L=4096$; 7-турбо-код, $R=1/3$, $K=9$, $L=1530$)

VI Применение адаптивного контура

На рис. 3 представлена структурная схема адаптивного контура для обеспечения помехоустойчивости ВСРПО. Она позволяет выбрать эффективную сигнально-кодую конструкцию в зависимости от изменения состояния канала связи.

Предложенная схема отличается от известных наличием устройства измерения параметров, которое производит контроль помеховой обстановки канала связи и передаёт полученную информацию на решающее устройство, которое в свою очередь воздействует на управляющее устройство (непосредственно на приемной стороне и после прохождения обратного канала – на передающей стороне). Управляющее устройство в соответствии с сигналами от решающего устройства обеспечивает изменение конфигурации кодера и модема.

