

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.2

Герасимов  
Юрий Григорьевич

Потенциальные характеристики широкополосной системы передачи цифровой информации в условиях априорной неопределенности

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-39 80 02 "Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения"

Научный руководитель  
Карпушкин Эдуард Михайлович  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры РТС

Минск 2016

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается стремительное развитие радиосистем передачи данных. Постоянно растущие требования к скорости и объему передаваемой информации склоняют разработчиков таких систем к использованию широкополосных каналов связи. Одновременно с этим растет потребность более эффективно использовать радиочастотный спектр для обеспечения возможности доступа к информационным ресурсам новых пользователей.

Применение ШПС в системах мобильной связи, таких как *IS-95 CDMA*, позволяет эффективно бороться с внутриканальными и межканальными помехами, эффектом Доплера и максимально эффективно использовать выделенный диапазон частот для передачи голосовой информации между пользователями. В системах спутниковой связи, таких как *GlobalStar*, расширение спектра передаваемого сигнала приводит к повышению помехозащищенности от нефлуктуационных помех и позволяет использовать портативные маломощные устройства для проведения сеансов радиосвязи во всех точках земного шара. Широкополосные сигналы систем спутниковой навигации типа *GPS* или ГЛОНАСС позволяют повысить точность оценки псевдодальностей до спутников в сложной помеховой обстановке и, соответственно, улучшить точность определения координат объектов. Приведенные примеры использования ШПС показывают перспективность применения ШПС в будущем.

Толчком к развитию систем передачи, и в частности методов широкополосной передачи послужило повышение общего количества радиоэлектронных систем (РЭС), занимающих определенный диапазон частот, ухудшение электромагнитной обстановки, ужесточение требований к радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) систем передачи информации (СПИ).

В большинстве случаев при исследовании широкополосных сигналов указывается, что фаза сигнала от символа к символу претерпевает разрыв. В большей степени это связано со сложностью формирования широкополосных сигналов без разрыва фазы при высокоскоростной передаче информации и трудностью теоретического анализа таких сигналов.

Возможность улучшения потенциальных характеристик ШПС определяется тем, что оно направлено на решение проблемы повышения энергетической эффективности систем передачи дискретной информации по широкополосным радиоканалам со сложной помеховой обстановкой в условиях действия преднамеренных и непреднамеренных помех с неизвестными параметрами. Такие радиоканалы в первую очередь характерны для сотовых и спутниковых систем мобильной связи, радиосистем военного и двойного назначения. Учитывая, что количество используемых СПИ и масштабы их применения неуклонно возрастают, то для их дальнейшего развития и совершенствования необходимо улучшать их характеристики.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Цель данной работы:* исследовать потенциальные характеристики широкополосной системы передачи цифровой информации в условиях априорной неопределенности; сформировать рекомендации по улучшению помехоустойчивости против тех или иных видов помех.

*Задачи исследования:* формирование рекомендаций по улучшению потенциальных характеристик широкополосной системы радиосвязи на основе исследования потенциальных характеристик широкополосной системы передачи цифровой информации в условиях априорной неопределенности.

Для выполнения поставленных задач необходимо провести обзор широкополосных сигналов, их преимущества по сравнению с другими видами сигналов, рассмотреть потенциальные характеристики широкополосной системы передачи цифровой информации на основе помехоустойчивости к различным видам помех. По результатам исследований сделать выводы и сформировать рекомендации по улучшению помехоустойчивости.

*Объект исследования:* объектом исследования является помехоустойчивость широкополосной системы передачи цифровой информации.

*Предмет исследования:* анализ исследования помехоустойчивости и формирование рекомендаций по улучшению помехоустойчивости широкополосных систем передачи цифровой информации.

Личный вклад автора выражен в самостоятельном исследовании:

- влияния различного вида помех на помехоустойчивость широкополосной системы передачи цифровой информации;
- влияния различного вида помех на систему синхронизации широкополосной системы передачи цифровой информации.

Экономическая значимость результатов диссертации обуславливается потенциальным улучшением современных широкополосных систем и как следствие улучшением экономической составляющей таких систем.

Социальная значимость результатов диссертации состоит во внедрении результатов диссертации в учебный процесс БГУИР для студентов по дисциплинам: радиотехнические системы передачи информации, теория радиосистем.

Материалы диссертации выкладывались в тезисном виде на 11-й международной научно-технической конференции "Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций, РТ-2015", Севастополь, 2015.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показано, в чем заключается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Системы связи с ШПС занимают особое место среди различных систем связи, что объясняется их свойствами. Во-первых, они обладают высокой помехозащищенностью при действии мощных помех. Во-вторых, обеспечивают кодовую адресацию большого числа абонентов и их кодовое разделение при работе в общей полосе частот. В-третьих, они обеспечивают совместимость приема информации с высокой достоверностью и измерения параметров движения объекта с высокими точностями и разрешающими способностями. Все эти свойства систем связи с ШПС были известны давно, но, поскольку мощности помех были относительно невысоки, а элементная база не позволяла реализовать устройства формирования и обработки в приемлемых габаритах, то долгое время системы связи с ШПС широкого развития не получали. К настоящему моменту положение резко изменилось.

В Главе 1 приводятся особенности ШПС, общие сведения о ШПС, потенциальные возможности ШПС, преимущества ШПС по сравнению с другими видами радиосигналов.

В Главе 2 приводятся возможные виды влияющих на работоспособность систем радиосвязи помех, результаты исследований помехоустойчивости при влиянии различных видов помех на ШПС, а также на систему синхронизации в широкополосных радиосистемах.

В Главе 3 выработаны рекомендации по улучшению потенциальной помехоустойчивости широкополосных систем передачи цифровой информации в условиях априорной неопределенности.

В заключении описаны основные результаты, полученные в ходе выполнения работы, приведены количественные показатели эффективности работы

В приложении приведены листинг программы, копии публикаций автора и презентация к защите магистерской диссертации.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенных диссертационных исследований получены следующие основные результаты.

Широкополосные системы передачи информации в радиосвязи играют одну из важнейших ролей, а их усовершенствование является острой необходимостью в свете вечно ускоряющегося роста технологий. В частности такой актуальной необходимостью является улучшение помехоустойчивости и помехозащищенности систем радиосвязи с ШПС. Поэтому для исследования помехоустойчивости на широкополосную систему передачи цифровой информации подавались различные виды помех, а на основе результатов – сделаны выводы, а также рекомендации к дальнейшим улучшениям помехоустойчивости.

По результатам исследования существующих теоретических данных о ШПС можно смело утверждать об их значительной помехоустойчивости. В первую очередь это проявляется в скрытности радиосигнала как структурной, так и энергетической. Сигнал как бы “размывается” по частотному спектру на фоне шумов и становится незаметен для постороннего наблюдателя. Чтобы выделить такой сигнал необходимо полностью достоверно знать закон, по которому передается ШПС, а именно – полную последовательность ПСП, используемую в модуляции. Некоторую неопределенность на несанкционированной приемной стороне вносит еще и избыточность, которая, к слову, улучшает помехоустойчивость ШПС, поскольку информация, заложенная в сигнал, становится защищена от стирания, потери части символов и др. Что касается исследований поведения ШПС против некоторых конкретных видов помех, то можно сделать следующие выводы. ШПС имеет хорошую устойчивость к белому шуму и шумоподобным помехам и может однозначно быть определен на приемной стороне посредством АКФ, поскольку на приемной стороне будет известен полный закон поведения радиосигнала. Что же касается вероятности ошибки - она стремительно уменьшается до десятитысячных долей по экспоненциальному закону с ростом соотношения сигнал-шум достигающем до 80. Даже на уровне отношения сигнал-шум равном 10, вероятность ошибки находится на уровне менее 0,01. Если же внести избыточность в ШПС, то вероятность ошибки снизится еще в большей степени. Отношение же сигнал-шум на выходе приемника можно увеличить повысив базу ШПС. Если принять во внимание, что на ШПС действует узкополосная помеха, то в таком случае вероятность ошибки значительно снижается при тех же значениях отношения сигнал-шум как и при воздействии белого шума. Узкополосная помеха имеет несколько менее сильное негативное влияние на широкополосный сигнал, а в идеальном случае полностью может быть исключена посредством режекторно-

го фильтра на приемной стороне. Применимо к приемникам ШПС можно отметить, что важной их частью является демодулятор. Именно поэтому усовершенствование схемы демодулятора является необходимым направлением. Также необходимо совершенствовать помехоустойчивый код, использованный в ШПС.

Все описанные способы улучшения помехоустойчивости систем радиосвязи с ШПС в Главе 3 имеют свои преимущества и недостатки. Причем хорошим методом является комбинирование всех этих методов между собой, а также полное объединение. Конечно же, в некоторых случаях будет усложняться структура приемо-передающего тракта оборудования, а следовательно – и возрастать дороговизна. Поэтому каждый такой случай нужно рассматривать индивидуально и применять все необходимые меры по улучшению помехоустойчивости в рамках необходимого.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1 – А.] Герасимов Ю.Г., Потенциальные характеристики широкополосной системы передачи цифровой информации в условиях априорной неопределенности / Ю.Г. Герасимов, Э.М. Карпушкин // 11-я. Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015» – Севастополь, 2015.

[2 – А.] Герасимов Ю.Г., Как уменьшить влияние излучения от мобильного телефона: рекомендации и особенности измерения / Ю.Г. Герасимов, Д.В. Демьянюк, А.В. Ковалев, И.С. Терех // Научно-производственный журнал «Веснік сувязі» №3, (131) – Мн., 2015.

Библиотека БГУИР