

А. А. Мамаков<sup>1</sup>

Л. М. Перерва<sup>2</sup>

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Владивосток. Россия

## Скрытая и надежная передача информации для задач судоходства

Современное морское судно изобилует высокотехнологичным оборудованием, позволяющим решать производственные задачи, обеспечивать личные потребности членов экипажа и, самое главное, поддерживать безопасность мореплавания. Важнейший элемент этого оборудования - средства радиосвязи. Только надежная и оперативная связь (как с берегом, так и с другими судами) является залогом эффективной работы судна как хозяйственного субъекта и обеспечения безопасности мореплавания. В настоящее время актуальна также проблема скрытой связи между судами для передачи важной коммерческой или любой другой ценной информации.

**Ключевые слова и словосочетания:** радиосвязь, передача информации, меандр, судоходство.

A. A. Mamakov

L. M. Pererva

Vladivostok State University of Economics and Service  
Vladivostok. Russia

## Hidden and reliable transmission of information for navigation tasks

Modern marine vessel replete with high-tech equipment, allowing to solve production problems, provide personal needs of the crew members and, most importantly, to maintain the safety of navigation. One of the most important reservoirs of the equipment – radio communications. Only reliable and timely communication (as the shore and other vessels) is the key to efficient operation of the vessel, as an economic entity, and to ensure the safety of navigation. At present, the actual problem as secretive communication between vessels to transmit an important commercial or any other valuable information.

**Key words:** radio communication, information transfer, meander, shipping.

---

<sup>1</sup> Мамаков Александр Анатольевич – ассистент кафедры информационных технологий и систем;  
e-mail: mmkv@mail.ru.

<sup>2</sup> Перерва Лариса Михайловна – доцент кафедры информационных технологий и систем;  
e-mail: lelka2103@mail.ru.

В данной статье мы бы хотели обозначить проблему: существование способов изменения простейшего сигнала с целью повышения надежности передачи данных.

Надежная передача информации является одной из древнейших и не решенных до настоящего времени проблем. В современных системах передачи информации проблемой является обеспечение противодействия средствам несанкционированного доступа (НСД). Несанкционированный доступ к передаваемой информации предполагает обнаружение сигнала, определение структуры обнаруженного сигнала и раскрытие содержащейся в сигнале информации. Перечисленным задачам НСД противопоставляются три вида скрытности сигналов: энергетический, структурный и информационный.

Энергетическая скрытность характеризует способность противостоять мерам, направленным на обнаружение сигнала. Как известно, обнаружение сигнала происходит в условиях, когда на приемник действуют помехи (шумы), и может сопровождаться ошибками двух видов: пропуск сигнала при его наличии на входе и ложное обнаружение (ложная тревога) при отсутствии сигнала. Эти ошибки носят вероятностный характер. Количественной мерой энергетической скрытности может служить вероятность правильного обнаружения (при заданной вероятности ложной тревоги), которая в свою очередь зависит от отношения сигнала-помеха в рассматриваемой радиолинии и правила принятия решения на обнаружение сигнала.

Известно, что одним из путей повышения энергетической скрытности является увеличение ширины спектра используемых сигналов, что достигается применением шумоподобных (ШПС) и хаотических сигналов в современных системах связи.

Структурная скрытность характеризует способность противостоять мерам, направленным на раскрытие сигнала. Это означает распознавание формы сигнала, определяемой способами его кодирования и модуляции, т.е. отождествление обнаруженного сигнала с одним из множества априорно известных сигналов. Следовательно, для увеличения структурной скрытности необходимо иметь по возможности больший ансамбль используемых сигналов и достаточно часто изменять форму сигналов. Задача определения структуры сигнала является также статистической, а количественной мерой структурной скрытности может служить вероятность раскрытия структуры сигнала при условии, что сигнал обнаружен. Таким образом, вероятность является условной.

Информационная скрытность определяется способностью противостоять мерам, направленным на раскрытие смысла передаваемой с помощью сигналов информации, другими словами, отождествление каждого принятого сигнала или их совокупности с тем сообщением, которое передается. Эта задача решается выяснением ряда признаков сигнала, например, места данного сигнала в множестве принятых, частности его появления, связи факторов появления того или иного сигнала с изменением состояния управляемого объекта и т.д. Наличие априорной и апостериорной неопределенностей делает эту задачу вероятностной, а в качестве количественной меры информационной скрытности принимают вероятность

раскрытия смысла передаваемой информации при условии, что сигнал обнаружен и выделен (т.е. структура его раскрыта). Следовательно, эта вероятность также является условной [1].

Энергетическая и структурная скрытность являются важнейшими характеристиками сигнала, с которыми сталкиваются как инженеры-проектировщики радиоаппаратуры, так и инженеры, эксплуатирующие ее.

В качестве простейшего сигнала мы рассмотрим периодичный сигнал, который носит название меандр. Этот сигнал широко представлен в современных устройствах тактовой синхронизации [2]. Меандр имеет характерный линейчатый спектр, что позволяет сделать вывод о его достаточно высокой энергетической скрытности. Но он практически не обладает структурной скрытностью. Однако при небольших изменениях его структуры его характеристики резко изменяются. При подборе нужной структуры этот сигнал может быть использован в качестве передачи информации.

В 1999 г. вступила в силу ГМССБ (Глобальная Морская Система Связи при Бедствии). После непродолжительного переходного периода все конвенционные суда, построенные после 1 февраля 1995 г., обязаны иметь на борту радиооборудование, соответствующее их району плавания, и персонал этих судов, пользующийся радиооборудованием, обязан иметь соответствующие сертификаты в рамках ГМССБ. Для судов, не подпадающих под требования международной конвенции SOLAS, требования ГМССБ носят рекомендательный характер.

Старая система оповещения о бедствии основывалась на том факте, что суда определенного класса, находясь в море, несли непрерывную радиовахту на международных частотах бедствия и обязаны были иметь радиооборудование, способное передать сообщение о бедствии в пределах определенного района. Капитан судна, принявшего сигнал бедствия, должен был как можно скорее проследовать для оказания помощи, информируя пострадавшее судно о своем решении. При среднем радиусе действия традиционных средств связи 150–200 миль помощь судну, терпящему бедствие, могла поступить в основном от судов, находящихся в непосредственной близости.

Традиционная система радиосвязи включала 2 главные подсистемы:

- 1) радиотелеграфия кодом Морзе на частоте 500 кГц;
- 2) радиотелефония на частотах 2182 кГц и 156,8 МГц.

При этом очевидна трудность оказания помощи судам в бедствии, находящимся за пределами радиуса действия ПВ береговых радиостанций.

Современное оборудование (спутниковые системы радиосвязи, ЦИВ) обеспечивает передачу сообщения о бедствии автоматически на большие расстояния при значительно большей надежности.

Главное назначение ГМССБ состоит в оповещении о бедствии береговых властей и судов в непосредственной близости от места происшествия с целью получения немедленной скоординированной помощи. Эта система также обеспечивает связь категорий «срочность» и «безопасность» и передачу информации, касающейся безопасности мореплавания (Maritime Safety Information – MSI) – навигационных и метеорологических предупреждений и прогнозов погоды.

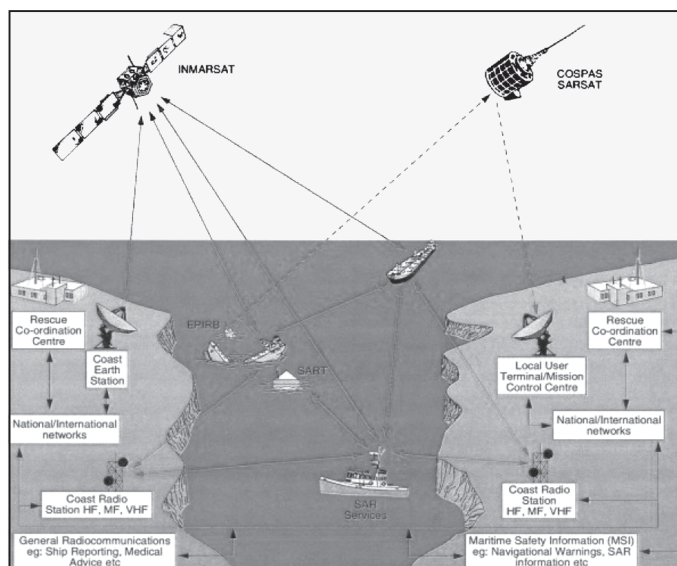


Рис. 1. Структура ГМССБ

Каждая подсистема, входящая в состав ГМССБ (рис. 1), имеет свои ограничения (по дальности действия). Естественным является подход, при котором чем дальше от берега работает судно, тем более оснащенным в части радиооборудования оно должно быть. Для возможности формализации требований к радиооборудованию судов в зависимости от района плавания весь мировой океан разбит на следующие районы:

**A1 – район в пределах действия** хотя бы одной береговой радиостанции УКВ диапазона, оснащенной аппаратурой ЦИВ для передачи и приема сигналов тревоги и бедствия. Суда, совершающие плавание только в этом районе, должны быть оборудованы УКВ-радиостанциями, имеющими в своем составе устройство ЦИВ (для режима ЦИВ выделен 70 канал – 156,525 МГц).

В заливе Петра Великого действует район A1 в границах, указанных на рис. 2.

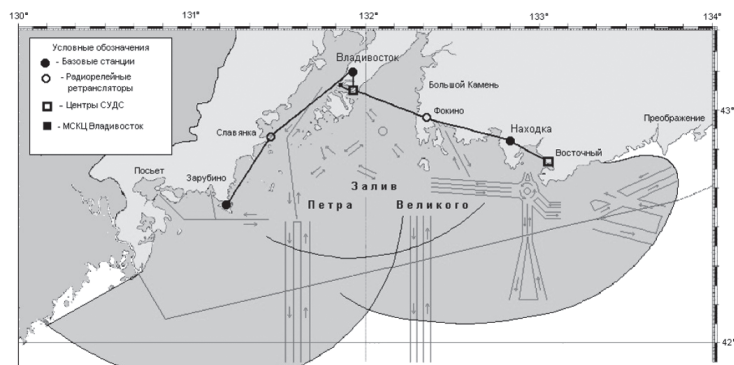


Рис. 2. Район A1 в заливе Петра Великого

**A2 - за пределами района A1**, но в пределах действия береговой радиостанции СВ-ПВ диапазона, оснащенной аппаратурой ЦИВ и несущей ответственность за радиосвязь по вопросам бедствия и безопасности. Суда, работающие в этом районе и не далее, должны быть оборудованы УКВ и ПВ радиостанциями с устройством ЦИВ.

На рисунке 3 изображено взаимодействие береговых структур и судовых средств связи в районах ГМССБ A1 и A2

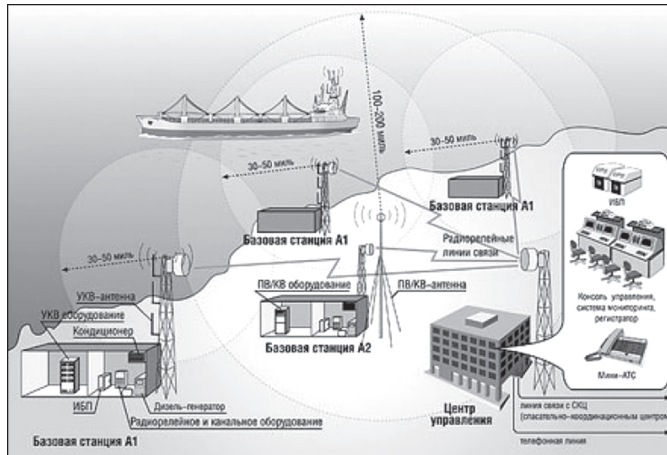


Рис. 3. Взаимодействие береговых и судовых средств радиосвязи в районах A1 и A2

**A3 - за пределами районов A1 и A2**, в пределах действия системы Inmarsat. Суда, совершающие рейсы в этом районе, должны быть оборудованы УКВ, ПВ/КВ (MF/HF) радиостанциями с устройством ЦИВ и системой спутниковой связи ИНМАРСАТ, обеспечивающими работу в режимах телекс (TLX), телефон (TEL) и ЦИВ (DSC). Морской район A3, согласно Резолюции ИМО, должен иметь двойное радио обслуживание берегом: системой ИНМАРСАТ и береговыми КВ-радиостанциями в режимах ЦИВ и радиотелекс (рис. 4).

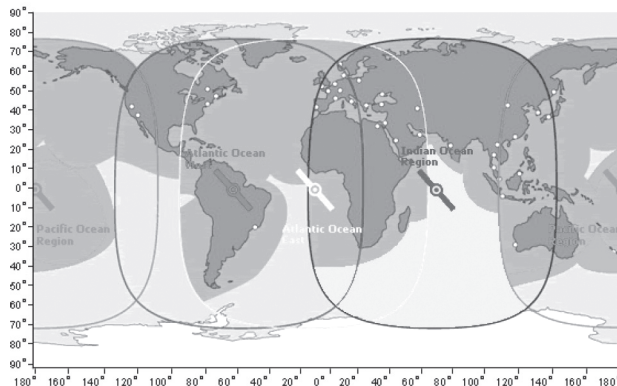


Рис. 4. Зона действия системы Инмарсат

#### **A4 – за пределами районов A1, A2, A3.**

Вне зависимости от района плавания, на каждом судне, соответствующем требованиям ГМССБ, должно быть установлено следующее радиооборудование:

- 1) УКВ радиостанция, обеспечивающая двустороннюю связь в режимах:
  - ЦИВ на частоте 156,525 МГц (70-й канал УКВ);
  - радиотелефонии на частотах 156,300 МГц (канал 6), 156,650 МГц (канал 13) и 156,800 МГц (канал 16);
- 2) радиооборудование, способное нести непрерывную вахту в режиме цифрового избирательного вызова на 70-м канале УКВ;
- 3) радиолокационный буй-ответчик 3-см диапазона (может быть одним из буй-ответчиков, необходимых для спасательных средств);
- 4) приемник NAVTEX (если судно работает в районах действия службы NAVTEX);
- 5) радиооборудование для приема информации, касающейся безопасности мореплавания (MSI), через систему Inmarsat, если район плавания судна не охватывается системой NAVTEX, но находится в зоне действия системы Inmarsat;
- 6) спутниковый аварийный радиобуй (системы COSPAS-SARSAT, или системы Inmarsat)

В дополнение к вышеизложенным требованиям, в зависимости от района плавания, суда должны быть оборудованы следующими средствами радиосвязи:

##### **Для района A1**

Средства передачи сигналов бедствия:

- на УКВ с применением ЦИВ (может быть заменено на аварийный радиобуй);
- через систему полярных спутников (КОСПАС-SARSAT);
- для судов, работающих в зоне действия береговой СВ-ПВ радиостанции с ЦИВ – на СВ-ПВ с использованием ЦИВ;
- через систему Inmarsat.

##### **Для районов A1 и A2**

- радиостанция СВ-ПВ диапазона, обеспечивающая двустороннюю связь на частотах 2187,5 кГц в режиме ЦИВ и 2182 кГц в режиме радиотелефонии;
- радиоаппаратура, обеспечивающая радиовахту в режиме ЦИВ на частоте 2187,5 кГц;
- средства, отличные от СВ-ПВ радиостанции, для инициирования передачи на береговую радиостанцию сигнала бедствия: через спутниковую систему КОСПАС-SARSAT; на КВ с использованием ЦИВ; или через спутниковую систему Inmarsat.

Кроме того, судно должно иметь возможность передавать и принимать сообщения в режиме прямого буквопечатания посредством:

- радиооборудования, работающего в диапазоне между 1605 кГц и 4000 кГц или между 4000 кГц и 27 500 кГц;
- судовой станции системы Inmarsat.

##### **Для районов A1, A2 и A3**

- судовой станции системы Inmarsat, обеспечивающая передачу и прием сообщений в режиме прямого буквопечатания;



- передачу и прием вызовов с приоритетом «бедствие»;
- прием оповещений по бедствию от береговых станций, включая оповещения, даваемые для определенных географических районов;
- передачу и прием обычных радиосообщений в режиме радиотелефонии или прямого буквопечатания;
- СВ-ПВ радиостанция, обеспечивающая прием и передачу сообщений бедствия и безопасности на частотах: 2187,5 кГц в режиме ЦИВ; 2182 кГц в режиме радиотелефонии;
- радиооборудование, обеспечивающее несение радиовахты в режиме ЦИВ на частоте 2187,5 кГц;
- средства инициирования передачи сигналов бедствия на береговую станцию посредством: системы КОСПАС-SARSAT; КВ радиостанции в режиме ЦИВ; судовой станции системы Inmarsat;

Кроме того, суда, предназначенные для плавания в районах А1 и А2, находясь в районе А3 должны иметь:

- СВ-ПВ радиостанцию, обеспечивающую прием и передачу сообщений тревоги и бедствия в частотных диапазонах 1605 кГц – 4000 кГц и 4000 кГц – 27500 кГц с использованием ЦИВ, радиотелефонии, прямого буквопечатания;
- оборудование, обеспечивающее несение вахты в режиме ЦИВ на частотах 2187,5 кГц, 8414,5 кГц и как минимум на одной из частот бедствия и безопасности для ЦИВ – 4207,5 кГц, 6312 кГц, 12577 кГц, 16804,5 кГц;
- средства инициирования передачи с судна на берег вызовов бедствия посредством служб, отличных от КВ: система КОСПАС-SARSAT (на частоте 406 МГц); система Inmarsat; через судовую станцию системы Inmarsat, а также посредством аварийных радиобуев системы Inmarsat.

Кроме того, суда должны иметь возможность передавать и принимать обычные радиосообщения с использованием прямого буквопечатания на СВ-ПВ в частотных диапазонах 1605 кГц – 4000 кГц и 4000 кГц – 27500 кГц.

#### **Для районов А1, А2, А3 и А4**

В дополнение к общим требованиям суда, предназначенные для плавания во всех океанских районах, должны быть оборудованы в соответствии с требованиями к судам, предназначенным для плавания в районах А1 и А2, но плавающим в районе А3. При этом должна обеспечиваться подача сигналов тревоги и бедствия из режима нормальной эксплуатации судна [3].

Таким образом, в основном многие суда имеют в своем распоряжении не только спутниковые, но и УКВ радиостанции, которые могут быть использованы для передачи сообщений между судами.

Подробно рассмотренная нами система ГМССБ позволяет решать проблему надежной передачи краткого сообщения в случае опасности – бедствия, но она не способствует решению проблемы скрытной передачи коммерческого или любого другого ценного сообщения. Кроме того, описание данной системы позволяет оценить сложность и неоднозначность рассматриваемой нами задачи.

На рисунке 5 приведена общая схема передачи – приема сообщений, в которой достаточно полно обозначены пути повышения надежности передачи сообщений

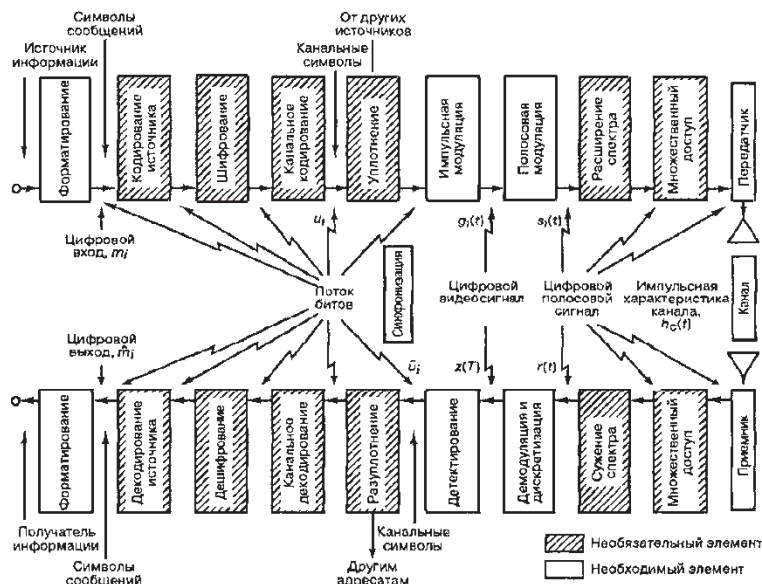


Рис. 5. Схема передачи и приема сообщения

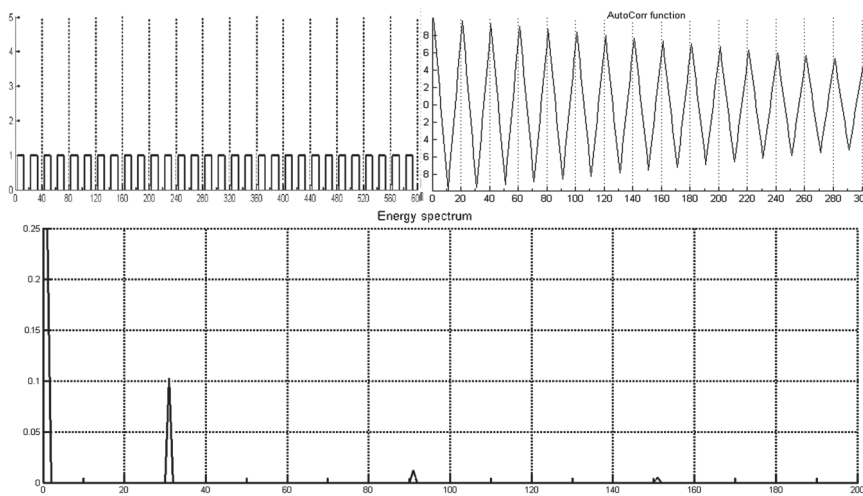


Рис. 6. Меандр, АКФ и энергетический спектр

В качестве примера рассмотрим меандр с периодом – 20, общая длина сигнала – 30 периодов. На рисунке 6 можно увидеть меандр и его основные характеристики. Автокорреляционная функция (АКФ) четко указывает на периодичность сигнала, при этом расстояние между пиками верхней и нижней огибающих приблизительно равно установленному нами периоду. На энергетическом спектре четко отслеживается вторая гармоника, третья и последующие гармоники значительно меньше по амплитуде.

Изменим структуру сигнала, берем три меандра с периодами 10, 30 и 20. Общую длину сигнала оставим прежней 30 периодов, но распределим их как 10,



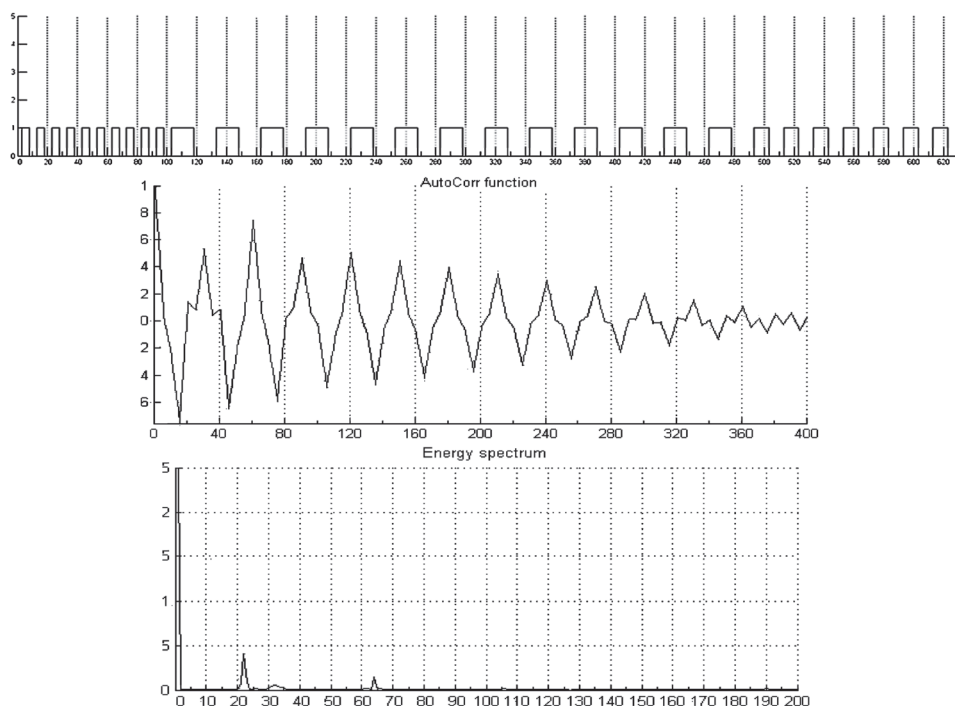


Рис. 7. Изменённый меандр, АКФ и энергетический спектр

13 и 7 периодов соответственно. Результат представлен на рис. 7. Из него хорошо видно, что энергетические характеристики сигнала изменились незначительно. Но при этом вторая и последующие гармоники обладают дополнительными лепестками. Вид автокорреляционной функции (АКФ) однозначно указывает на изменение структуры передаваемого сигнала. Качественная оценка АКФ показывает, что измененный нами сигнал – периодический, но величина периода устанавливается как максимум среди представленных нами периодов – 30.

Предлагаемый способ требует дальнейших исследований, но уже сейчас можно сделать вывод о том, что с его помощью возможно генерировать таймерный сигнал с корреляционными характеристиками, достаточными для их использования в системах передачи ценной информации.

1. Корчинский В.В. Оценка структурной скрытности сигнальных конструкций / В.В. Корчинский // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2012. – № 1.
  2. Мамаков А.А. Программно-аппаратный комплекс защиты канала связи от не санкционированного доступа / А.А. Мамаков, В.Н. Гряник // Материалы докладов 43-й науч.-техн. конф. аспирантов и студентов «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет».
- Бакланов Е.Н. Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности: учеб. пособие / Е.Н. Бакланов. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. – 71 с.