



Министерство образования и науки, молодежи и спорта
Украины
Севастопольский национальный технический университет
Факультет радиоэлектроники
Кафедра радиотехники и телекоммуникаций

**ГЛОБАЛЬНАЯ МОРСКАЯ СВЯЗЬ,
РАДИООБМЕН И НАВИГАЦИОННОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

Методические рекомендации по изучению дисциплины
и организации самостоятельной работы студентов
дневной формы обучения
по направлению 6.050901 — «Радиотехника»

Севастополь
2013

УДК 621.396.932

Глобальная морская связь, радиообмен и навигационное оборудование: методические рекомендации по изучению дисциплины и организации самостоятельной работы студентов дневной формы обучения по направлению 6.050901 — «Радиотехника» / СевНТУ, сост. **И.Л. Афонин, А.В. Мельников.** — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2013. — 30 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам дневной формы обучения при изучении дисциплины «Глобальная морская связь, радиообмен и навигационное оборудование», а также при организации самостоятельной работы, предусмотренной учебным планом специальности.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры радиотехники и телекоммуникаций,
протокол № 5 от **23 января 2013 года.**

Допущены учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний для выполнения контрольной работы и организации самостоятельной работы.

Рецензенты:

Слезкин В.Г., канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и телекоммуникаций;

Боков Г.В., ст. преп. кафедры судовождения и безопасности судоходства, оператор ГМССБ с общим дипломом, штурман дальнего плавания

Ответственный за выпуск:

заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций,
д-р техн. наук, профессор **Гимпилевич Ю.Б.**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Рабочая программа дисциплины	7
1.1. Краткое содержание дисциплины по разделам	7
2. Контрольные вопросы к зачету	9
3. Лабораторное оборудование	13
4. Требования к выполнению контрольной работы	14
4.1. Общие рекомендации	14
4.2. Требования к оформлению	14
5. Задание на контрольную работу	15
5.1. Расчетное задание 1	15
5.2. Расчетное задание 2	16
5.3. Расчетное задание 3	17
5.4. Теоретические вопросы	18
6. Методические рекомендации к выполнению расчетных заданий	20
6.1. Общие положения	20
6.2. Методические рекомендации к выполнению задания 1	20
6.3. Методические рекомендации к выполнению задания 2	22
6.4. Методические рекомендации к выполнению задания 3	25
Библиографический список	26
Приложение А. Пояснение понятия децибел	30

ВВЕДЕНИЕ

1.1. Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Глобальная морская связь, радиообмен и навигационное оборудование» (ГМС, РО и НО) состоит в том, чтобы дать студенту необходимый объем знаний по устройству и эксплуатации технических средств радиосвязи, применяемых на судах морского, рыбопромыслового и речного флота; ознакомить с общими принципами построения современных технических средств радиосвязи и радионавигации, включающих радиолокационные станции, радионавигационные системы, системы радиоопределения; ознакомить с основными тенденциями развития систем судового радиооборудования, регламентируемого требованиями Международной Морской Организации (ИМО), согласно Международной конвенции ПДНВ–78/95 с Манильскими поправками 2010 года и главы IV «Радиосвязь» Конвенции *SOLAS*–74/88 с поправками 2002 года; дать представление о системе ГМССБ (Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания); согласно таблицы А–III/1 научить обращаться с радиооборудованием спасательных средств, спутниковыми аварийными радиобуями (АРБ) и транспондерами, используемых при поиске и спасании.

1.2. Основные знания, приобретаемые студентами при изучении дисциплины

В результате изучения дисциплины ГМС, РО и НО студент **должен знать**:

- принципы построения, организации и функционирования Морской подвижной службы (МПС) и Морской подвижной спутниковой службы (МПСС);
- принципы организации, структуру, состав и основные тенденции развития ГМССБ; морские районы плавания (А1, А2, А3, А4);
- принципы построения систем радиосвязи и особенности эксплуатации связной аппаратуры УКВ (*VHF*), ПВ (*MF*) и КВ (*HF*) диапазонов частот; принципы работы спутниковой системы связи ИНМАРСАТ (*INMARSAT*);
- принципы определения координат и параметров движения объектов (системы *GPS*, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО);
- принципы построения и особенности эксплуатации систем радиоопределения: радиолокационного ответчика (РЛО); аварийных радиобуев (АРБ) систем КОСПАС — *SARSAT*, *INMARSAT*, УКВ ЦИВ АРБ;
- принципы построения и особенности систем приема информации по безопасности мореплавания (ИБМ): система НАВТЕКС, приемник расширенного группового вызова (РГВ) системы ИНМАРСАТ и прием ИБМ на коротких волнах;
- назначение и принцип работы автоматической идентификационной системы (АИС);
- принципы построения и особенности использования систем мобильной связи.

1.3. Основные умения, приобретаемые студентами при изучении дисциплины

В результате изучения дисциплины ГМС, РО и НО студент **должен уметь**:

- эксплуатировать современные технические средства радиосвязи в разных условиях и районах плавания;
- получить навыки эксплуатации радиооборудования спасательных средств: судовых аварийных радиобуев (*EPIRB*) систем КОСПАС — *SARSAT*, ИНМАРСАТ-Е, УКВ ЦИВ АРБ (*VHF DSC EPIRB*); радиолокационным ответчиком (*SART*) и носимой аварийной УКВ радиостанцией
- получить навыки эксплуатации приемников системы НАВТЕКС и расширенного группового вызова (*EGC*) системы ИНМАРСАТ;
- пользоваться услугами систем и сетей: безопасности мореплавания (*SafetyNET*); информацией по безопасности мореплавания на КВ (*MSI on HF*); АМВЕР (*AMVER*).

1.4. Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам для успешного изучения дисциплины ГМС, РО и НО:

- высшая математика;
- физика;
- информатика;
- радиотехника и электроника;
- английский язык.

1.5. Учебный план и рабочая программа по дисциплине ГМС, РО и НО разработаны на основе требований:

- Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несения вахты 1978 года с поправками 1995 года (Конвенция ПДНВ-78/95) и Манильскими поправками 2010 года;
- Международного кодекса о подготовке и дипломировании моряков и несения вахты 1995 года (Кодекс ПДНВ-95).
- Международной конвенции об охране человеческой жизни на море 1974 года с изменениями и дополнениями (Конвенция СОЛАС-74/88).
- Регламента радиосвязи, принятого Всемирной административной конференцией радиосвязи (ВАКР) в 1979 году с поправками.
- типового учебного плана и программы курса подготовки операторов ГМССБ с ограниченным дипломом на соответствие требованиям Правила IV, разделов А-IV/2, В-IV/2, п.п. 37–44 Кодекса ПДНВ, утвержденных Министерством транспорта Украины 01.11.2003 года.

Образовательно-квалификационные требования к студентам и уровню их подготовки сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 — Спецификация минимальных требований компетентности операторов ГМССБ (Радиосвязь на уровне эксплуатации)

Компетентность	Знания, понимания, профессионализм
Передача и получение информации, используя подсистемы и оборудование ГМССБ, а также выполнение функциональных требований ГМССБ	Помимо требований Регламента радиосвязи, знание: — радиосвязи при поиске и спасании, включая процедуры, указанные в Наставлении по поиску и спасанию (ИАМСАР); — средств предотвращения подачи ложных сигналов бедствия и процедур отмены таких ложных сигналов; — систем судовых сообщений; — порядка предоставления медицинских консультаций по радио; — использование Международного свода сигналов и Стандартного морского словаря-разговорника, замененного стандартными фразами ИМО общения на море; — английского языка в письменной и устной форме для передачи информации, относящейся к безопасности человеческой жизни на море.

Продолжение таблицы 1.1

Обеспечение радиосвязи при аварии	Обеспечение радиосвязи при таких авариях, как: — оставление судна; — пожар на судне; — частичный или полный выход из строя радиоустановок. Предупредительные меры по безопасности судна и персонала в связи с опасностями, возникающими при использовании радиооборудования, включая электрические опасности и опасности от неионизирующего излучения.
Методы демонстрации компетентности	Критерии для оценки компетентности
Зачет и оценка доказательства, полученного на основе демонстрации эксплуатационных процедур с использованием: — одобренного оборудования; — тренажера по радиосвязи ГМССБ; — лабораторного оборудования радиосвязи.	Передача и прием сообщений соответствуют международным правилам и процедурам и выполняются эффективно и быстро. Сообщения на английском языке, относящиеся к безопасности судна и людей на судне, а также защите морской окружающей среды, правильно обрабатываются.
Экзамен и оценка доказательства, полученного на основе демонстрации эксплуатационных процедур с использованием: — одобренного оборудования; — тренажера по радиосвязи ГМССБ; — лабораторного оборудования радиосвязи.	Действия по реагированию выполняются эффективно и быстро.

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Содержание дисциплины ГМС, РО и НО (в соответствии с учебным планом, утвержденном на кафедре РТ в 2012 году) включает рассмотрение следующих вопросов:

- функциональные требования к радиооборудованию в ГМССБ и морские районы плавания; требования к составу радиооборудования и требования к источникам питания;
- принципы морской радиосвязи и распространение радиоволн различных частотных диапазонов;
- системы связи в ГМССБ (цифровой избирательный вызов);
- спутниковая система ИНМАРСАТ;
- радиооборудование ГМССБ: УКВ радиоустановка с радиотелефоном и ЦИВ; ПВ / КВ радиоустановка; судовые станции ИНМАРСАТ; приемник расширенного группового вызова (РГВ); приемник службы НАВТЕКС; аварийные радиобуи; радиолокационный ответчик; УКВ носимая радиостанция;
- спутниковая система КОСПАС — *SARSAT*;
- эксплуатационные процедуры для связи в случае бедствия и для обеспечения безопасности с использованием ЦИВ в ГМССБ;
- информация по безопасности мореплавания;
- система и устройства автоматической идентификации судов;
- автоматическая идентификационная система;
- спутниковые системы мобильной связи.

1.1. Краткое содержание дисциплины по разделам

1.1.1. Общие сведения о ГМССБ

Введение. Функциональные требования к радиооборудованию в ГМССБ. Морские районы плавания. Требования к составу радиооборудования. Требования к источникам питания. Дипломы радиоспециалистов в ГМССБ. Техническое обслуживание радиооборудования в ГМССБ. Документы судовой радиостанции. Действия при бедствии. Кодекс ПДНВ–95 с Манильскими поправками 2010 года.

1.1.2. Принципы морской радиосвязи

Радиочастоты и частотные диапазоны. Распространение радиоволн различных частотных диапазонов. Использование частот в МПС и МПСС. Защита частот бедствия и безопасности. Модуляция и классы радиоизлучений.

1.1.3. Системы связи в ГМССБ

Общие сведения. Цифровой избирательный вызов (ЦИВ). Радиотелекс.

1.1.4. Спутниковая система ИНМАРСАТ

Общие сведения об ИНМАРСАТ. Техническая организация и принцип действия ИНМАРСАТ. Стандарты терминалов ИНМАРСАТ. Идентификаторы в ИНМАРСАТ. Специальные двузначные коды. Расширенный групповой вызов.

1.1.5. Спутниковая система КОСПАС — *SARSAT*.

Организация и принцип действия системы КОСПАС — *SARSAT*. Принцип определения координат в системе КОСПАС — *SARSAT*. Режимы работы системы КОСПАС — *SARSAT*. Аварийный радиобуй АРБ–406. Маршрутизация аварийных сообщений от АРБ–406.

1.1.6. Радиооборудование ГМССБ

УКВ радиоустановка с радиотелефоном и ЦИВ. ПВ / КВ радиоустановка. Судовые станции ИНМАРСАТ. Приемник расширенного группового вызова (РГВ). Приемник службы

НАВТЕКС. Аварийные радиобуи. Радиолокационный ответчик (РЛО). УКВ носимая радиостанция. Приемник информации по безопасности на КВ. Антенны. Электропитание аппаратуры ГМССБ. Проверка радиооборудования. Маркировка радиооборудования.

1.1.7. Эксплуатационные процедуры для связи в случае бедствия и для обеспечения безопасности с использованием ЦИВ

Общие положения. Бедствие. Срочность и безопасность. Предотвращение подачи ложных сигналов бедствия. Процедуры для отмены ложных сигналов бедствия.

1.1.8. Информация по безопасности мореплавания

Организация распространения ИБМ. Международная служба *SafetyNET*. Передача информации по безопасности в диапазоне КВ. Система НАВТЕКС. Поиск и спасание судов. Наставление *JAMSAR*. Система судовых сообщений. Служба *AMVER*.

1.1.9. Система и устройства автоматической идентификации судов

Автоматическая идентификационная система. Функционирование АИС на различных информационных уровнях. Работа АИС с аппаратурой дальней связи. Судовая аппаратура АИС. Использование АИС в береговых службах.

1.1.10. Спутниковые системы мобильной связи

Особенности построения современных спутниковых систем мобильной связи. Система мобильной спутниковой связи *GLOBALSTAR*. Система мобильной спутниковой связи *IRIDIUM*. Система мобильной спутниковой связи *INMARSAT-P (ICO)*. Региональная система спутниковой связи *THURAYA*. Системы мобильной связи 3 поколения (*3G*). Система *INMARSAT Fleet*. Система *BGAN*.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

- 2.1. Определения морских районов A1, A2, A3, A4.
- 2.2. Сигналы особой важности. Как они произносятся в телефонии?
- 2.3. Назовите минимальный состав радиооборудования, которое должно иметь каждое судно.
- 2.4. Какое радиооборудование должно иметь каждое судно, совершающее рейсы в районах A1 и A2?
- 2.5. Какое радиооборудование должно иметь каждое судно, совершающее рейсы во всех морских районах (A1, A2, A3 и A4)?
- 2.6. Какие радиослужбы и подсистемы связи входят в состав ГМССБ.
- 2.7. Полоса частот выделенная МПС в УКВ, СВ и КВ диапазонах.
- 2.8. Защита частот бедствия в морской радиосвязи.
- 2.9. Виды технического обслуживания радиооборудования в ГМССБ.
- 2.10. Что означает термин «Дублирование оборудования»?
- 2.11. Какие виды технического обслуживания обязательны в морских районах A1 и A2?
- 2.12. Какие виды технического обслуживания обязательны в морских районах A3 и A4?
- 2.13. Какими техническими средствами ГМССБ должно обеспечиваться непрерывное автоматическое наблюдение на каждом судне, находящемся в море?
- 2.14. Какими техническими средствами ГМССБ должно обеспечиваться непрерывное автоматическое радионаблюдение за передачами информации по безопасности мореплавания (ИБМ) на каждом судне, находящемся в море?
- 2.15. Назначение и состав системы КОСПАС — SARCAT.
- 2.16. Какие типы АРБ применяются в ГМССБ?
- 2.17. Стандарты системы ИНМАРСАТ.
- 2.18. По какой сети идет прием информации по безопасности мореплавания (ИБМ) в системе ИНМАРСАТ? Назначение приемника расширенного группового вызова (РГВ).
- 2.19. Что означает термин «Цифровой избирательный вызов (ЦИВ)»?
- 2.20. Что обозначает аббревиатура *MMSI*?
- 2.21. *MMSI* судовой станции, береговой станции, группы судов. Что обозначает аббревиатура *MID*?
- 2.22. На какой частоте и какая информация будет передана по умолчанию при передаче короткого сигнала бедствия, используя *MF / HF DSC* контроллер?
- 2.23. Какая аппаратура относится к радиооборудованию спасательных средств?
- 2.24. Назначение радиолокационного ответчика, рабочая частота, режим работы, дальность обнаружения.
- 2.25. Судовые источники питания оборудования ГМССБ. Требования к резервным источникам питания.
- 2.26. Назначение 6, 13, 16, 15, 17 и 70 каналов УКВ.
- 2.27. Назначение и основные эксплуатационные требования к РЛО (*SART*).
- 2.28. Назначение и основные эксплуатационные требования к АРБ (*EPIRB*).
- 2.29. Достоинство и недостатки АРБ системы ИНМАРСАТ.
- 2.30. Назначение и основные эксплуатационные требования к УКВ радиотелефонной аппаратуре двухсторонней связи спасательных шлюпок и плотов.
- 2.31. Дипломы судового персонала ГМССБ.
- 2.32. Документация судовой радиостанции. Радиожурнал. Обязательные записи.
- 2.33. Порядок Ваших действий при получении вызова бедствия аппаратурой УКВ ЦИВ. Ваше судно находится в районе A1.
- 2.34. Порядок Ваших действий при получении вызова бедствия аппаратурой УКВ ЦИВ. Ваше судно находится в районах A2, A3 или A4.

- 2.35. Порядок Ваших действий при получении вызова бедствия аппаратурой ПВ ЦИВ. Ваше судно находится в районе А2.
- 2.36. Порядок Ваших действий при получении вызова бедствия аппаратурой ПВ ЦИВ. Ваше судно находится за пределами района А2.
- 2.37. Порядок Ваших действий при получении вызова бедствия аппаратурой КВ ЦИВ.
- 2.38. Перечислите случаи ретрансляции сигнала бедствия.
- 2.39. Назначение и наставления *IAMSAR*.
- 2.40. Вы — лицо, заменяющее капитана судна. Судно тонет и будет покинуто. Ваши действия.
- 2.41. Системы сообщений с судов. Служба *AMVER*.
- 2.42. Распространение информации по безопасности мореплавания.
- 2.43. Что представляет собой *MASTER PLAN GMDSS*.
- 2.44. Назначения радиосвязи и организация радиослужбы на море.
- 2.45. Состав оборудования ГМССБ в зависимости от районов плавания.
- 2.46. Эксплуатационные требования к судовым УКВ радиоустановкам.
- 2.47. Узкополосная буквопечатающая телеграфия (радиотелекс). Принцип работы.
- 2.48. Сигналы особой важности в морской радиосвязи, их назначение и область использования.
- 2.49. Классы излучения в радиосвязи и их характеристика.
- 2.50. Задачи и общие принципы ГМССБ.
- 2.51. Эксплуатационные требования к судовым ПВ / КВ радиоустановкам.
- 2.52. Вызов бедствия, прием и подтверждение вызова бедствия в радиотелефонии.
- 2.53. Морские районы плавания ГМССБ и принципы их установления.
- 2.54. Источники питания оборудования ГМССБ и их обслуживание.
- 2.55. Эксплуатационные требования к устройствам цифрового избирательного вызова (ЦИВ).
- 2.56. Техническое обслуживание и ремонт радиооборудования в ГМССБ.
- 2.57. Процедуры радиосвязи в случае срочности.
- 2.58. Строение ионосферы и ее влияние на распространение радиоволн.
- 2.59. Эксплуатационные требования к радиолокационным ответчикам спасательных шлюпок и плотов.
- 2.60. Позывные сигналы судовых и береговых станций.
- 2.61. Деления радиоволн на диапазоны.
- 2.62. Радиожурнал ГМССБ, правила его ведения.
- 2.63. Документация судовой радиостанции ГМССБ и ее краткая характеристика.
- 2.64. Система НАВТЕКС. Принцип работы системы. Формат сообщения.
- 2.65. Работу каких устройств и в течение какого времени должны обеспечивать аккумуляторные батареи, используемые в качестве резервного источника питания радиооборудования.
- 2.66. Какие радиотехнические средства на судах ГМССБ должны использоваться в первую очередь для оповещения о бедствии:
- спасательно-координационного центра;
 - судов, которые реально могут оказать помощь.
- 2.67. В каких случаях ГМССБ рекомендует выполнить ручное включение радиобуя.
- 2.68. Назначение системы ЦИВ в ГМССБ. Напишите частоты (каналы) бедствия ЦИВ в диапазонах УКВ, ПВ и КВ.
- 2.69. Что представляет собой одночастотный и многочастотный метод передачи оповещения о бедствии в ЦИВ в диапазоне ПВ / КВ.

2.70. В каких случаях при использовании для передачи оповещения о бедствии аппаратуры ЦИВ оператору следует остановить автоматическое повторение передачи оповещения.

2.71. Какие действия следует предпринять на судне в случае непреднамеренной (ошибочной) передачи оповещения о бедствии в ЦИВ, в системе ИНМАРСАТ-С или в случае непреднамеренного (ошибочного) срабатывания *EPIRB*.

2.72. Ваше судно находится в центральной части северной Атлантики (в датских проливах). На 16 канале УКВ получено сообщение бедствия. Какие действия должны быть выполнены немедленно.

2.73. На судне получено оповещение бедствия по ЦИВ в диапазоне ПВ. Судно находится в районе A1 (A2 или A3). Перечислите действия, которые должны быть выполнены.

2.74. На судне получено оповещение бедствия в ЦИВ в диапазоне КВ от судна, находящегося в середине северной Атлантики. Ваше судно выходит из пролива Ла-Манш в Атлантику (или находится в непосредственной близости от места бедствия). Какие действия должны быть предприняты?

2.75. В каких случаях на судне ГМССБ должна быть открыта слуховая радиовахта.

2.76. Ваше судно т/х Астра / *UABC* в результате сдвига груза получило сильный крен на правый борт, имеется угроза опрокидывания судна. Координаты судна: 55° 30" северной широты 2° 10" восточной долготы. Ветер северо-северо-восточный, 10 баллов. На борту 27 членов экипажа. Капитан принимает решение о необходимости запросить немедленную помощь. Напишите соответствующий вызов и сообщение для передачи по радиотелефону.

2.77. Ваше судно т/х Марина / *LABC* (*MMSI* 219100010) находится в Атлантике в точке с координатами 30° 30" *N* 040° 40" *W* (или в датских проливах). На судне пожар. Какие первоочередные действия по приказу капитана должен выполнить офицер, ответственный за аварийный радиообмен. Напишите текст сообщения бедствия для передачи по радиотелефону.

2.78. Напишите формат радиотелефонного сообщения СРОЧНОСТИ (БЕЗОПАСНОСТИ). В каких случаях капитан может отдать указание о передаче этого сигнала.

2.79. На каких частотах разрешается передача сообщений с категорией СРОЧНОСТЬ (БЕЗОПАСНОСТЬ) по правилам традиционной системы радиосвязи.

2.80. В каком случае перед передачей сигнала СРОЧНОСТИ может быть передан радиотелефонный сигнал тревоги.

2.81. Напишите процедуры, которые должны быть выполнены в соответствии с правилами ГМССБ для передачи сообщения с категорией срочность с использованием радиотелефона (с категорией безопасность).

2.82. Напишите процедуры, которые должны быть выполнены в соответствии с правилами ГМССБ для передачи сообщения с категорией безопасность с использованием радиотелефона.

2.83. На каких частотах разрешается передача сообщений с категорией БЕЗОПАСНОСТЬ или СРОЧНОСТЬ по правилам ГМССБ.

2.84. Ваше судно т/х Марина. Вы заметили 20 футовый металлический контейнер в точке с координатами 6 миль к северо-северо-западу от мыса Скаген. Контейнер медленно дрейфует к юго-западу и представляет опасность для мореплавания. Напишите вызов и сообщение. Укажите на каких частотах они могут быть переданы.

2.85. Ваше судно находится в морском районе A2 (50 миль от береговой черты). Вышел из строя главный двигатель. Требуется помощь по буксировке судна. Какие действия должны быть выполнены для передачи соответствующего сообщения. Напишите вызов и сообщение. Укажите на каких частотах они могут быть переданы.

2.86. Напишите вызов и сообщение, указывающее на недопустимость общих вызовов во время проведения поисково-спасательной операции.

2.87. Напишите сообщения, которые передаст руководящая обменом радиостанция *Lynghby Radio*, если спасательно-координационный центр решит, что на 16 канале можно разрешить в ограниченном режиме обмен, не связанный с бедствием (об окончании спасательных работ).

2.88. Какие частоты являются предпочтительными для связи на месте действия при проведении поисково-спасательной операции. Кто определяет выбор частот для обмена.

2.89. Какие основные обязанности ложатся на офицера, ответственного за аварийный радиообмен в случае, если СКЦ назначит ваше судно координатором для проведения поисково-спасательной операции (*Coordinator Surface Search*).

2.90. Какими способами можно получить медицинскую консультацию, используя СЗС *INMARSAT-B, (C)*.

2.91. Что представляет собой радиотелефонный сигнал тревоги. В каких случаях и на какой частоте он может быть передан. С какой целью суда ГМССБ могут использовать этот сигнал.

2.92. Что должен сделать вахтенный штурман ГМССБ судна, услышав радиотелефонный сигнал тревоги.

2.93. В каких обязательных для судовой радиостанции документах можно найти сведения о расписании передач сети *SafetyNET (HF MSI, NAVTEX)*.

2.94. В каких обязательных для судовой радиостанции документах можно найти сведения о расписании передач навигационных предупреждений по районам *NAVAREA*, где указан телексный номер Координатора района *NAVAREA*.

2.95. В каких документах можно найти сведения о телексных и телефонных номерах Спасательно-координационных центров.

2.96. Спутниковая система ИНМАРСАТ, состав системы, предоставляемые услуги.

2.97. Типы станций в МПС. Опознавание станций

2.98. Система поиска и спасения КОСПАС — *SARSAT*. Построение, состав системы *LEOSAR*.

2.99. Система поиска и спасения КОСПАС — *SARSAT*. Построение, состав системы *GEOSAR*.

2.100. Достоинства и недостатки систем *LEOSAR* и *GEOSAR*.

3. ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Закрепить полученные теоретические данные студенты могут в лаборатории 37 Центра подготовки и аттестации плавсостава СевНТУ в свободное время, на тренажере *TGS-4100* и в лаборатории 35 ЦПАП, где функционирует действующий комплект автоматической идентификационной системы *SI-30* фирмы «*SAMYNG Co., Ltd*». Состав действующего лабораторного оборудования представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1. — Действующее лабораторное оборудование

№	Наименование лабораторного оборудования
1.	Тренажер <i>TGS-4100</i> (8 посадочных мест).
2.	Действующий комплект автоматической идентификационной системы <i>SI-30</i> фирмы « <i>SAMYNG Co., Ltd</i> »
3.	Действующий приемник системы <i>NAVTEX NT-900</i> ; инв. № 10420814.
4.	Действующий макет носимой УКВ радиостанции <i>VHF Radio</i> ; инв. № 10420813.
5.	Действующий макет аварийного радиобуя системы «КОСПАС — <i>SARSAT</i> »; <i>EPiRB-406</i> ; инв. № 10420811.
6.	Действующий макет радиолокационного ответчика <i>SART</i> (РЛО) «Муссон-502»; инв. № 10420812.

Общие сведения о тренажере *TGS-4100*

Сетевой тренажер ГМССБ *TGS-4100* фирмы «Транзас Марин» является программным продуктом высокого уровня и предназначен для обучения и сертификации, как начинающих, так и опытных судоводителей и радиоспециалистов морского флота.

Тренажер предоставляет следующие возможности:

- работа в сетевом и однопользовательском режимах;
- управление всеми видами судового радиооборудования ГМССБ и дополнительного оборудования, не входящего в ГМССБ (приемник *GPS*, радиолокатор кругового обзора);
- имитация радиосвязи в режимах телефонии, телекса и ЦИВ с учетом условий распространения радиоволн, как при отсутствии, так и при наличии помех;
- работа с программой самообучения (*Tutor*), позволяющей отрабатывать отдельные процедуры в автоматическом и пошаговом режимах;
- использование встроенной системы помощи (*Help*) по всем видам оборудования с контекстным выбором (выдается информация по тому устройству, которое вызвано на экран);
- справочная информация по теории ГМССБ и некоторым изданиям *ITU*;
- вывод информации как на имитируемый, так и на реальный внешний принтер;
- работа с электронной картой, имеющая следующие возможности:
 - база данных по береговым станциям, береговым земным станциям системы ИНМАРСАТ, станциям системы НАВТЕКС
 - указание текущей позиции судов, измерение пеленгов и расстояний;
 - отображение морских районов ГМССБ, районов поиска и спасания (*SRR*), а также дальности распространения радиоволн
 - возможность использования одной или двух микротелефонных трубок на каждом рабочем месте;
 - возможность включения режима имитации радиооборудования последнего поколения «*SAILOR System 4000*»;
 - возможность включения режима имитации радиооборудования предыдущего поколения «*SAILOR System 2000*»;
 - возможность включения режима имитации этих видов радиооборудования отдельно для морских районов A1 (для обучения на ограниченный диплом оператора ГМССБ) и для морских районов A1, A2, A3, A4 (для обучения на общий диплом оператора ГМССБ);
 - ведение протокола действий обучаемого, включая сообщения, переданные при помощи ЦИВ, радиотелекса, систем спутниковой связи (*INMARSAT-B* и *INMARSAT-C*), а также некоторые другие действия обучаемых; с возможностью вывести протокол на печать.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

4.1. Общие рекомендации

Учебным планом по дисциплине ГМС, РО и НО для студентов дневной формы обучения предусмотрено выполнение двух домашних контрольных работ. Это требование относится и к студентам при досдаче дисциплины при восстановлении для учебы.

Типичные ошибки, допускаемые студентами при выполнении контрольной работы:

- использование различных систем единиц;
- неправильное использование и перевод единиц (например, децибел);
- неверное обозначение размерностей вычисляемых величин;
- арифметические ошибки при расчетах.

4.2. Требования к оформлению

4.2.1. Контрольные работы (КР) выполняются в обычных ученических тетрадях. Они должны быть аккуратно оформлены, разборчиво написаны. Для замечаний преподавателя на каждой странице оставляются поля шириной (3 ... 4) см. Все страницы нумеруются. КР могут быть выполнены и с использованием ПК.

4.2.2. На обложке тетради (титальном листе) указываются: фамилия, имя, отчество; группа; шифр (номер зачетной книжки); дисциплина; адрес студента.

4.2.3. Рисунки, графики, выполнение которых требуется в задании, должны быть сделаны аккуратно (например, с помощью ПК). Графики допускается строить на миллиметровой бумаге с указанием размерностей по осям.

4.2.4. Расчётные формулы должны приводиться в тексте работы в общем виде с объяснением буквенных значений.

4.2.5. Расчёты необходимо выполнять до трёх значащих цифр.

4.2.6. В конце работы указывается использованная литература (название подраздела «Библиографический список»). При этом он должен быть составлен в соответствии с государственным стандартом.

4.2.7. Контрольные работы должна быть подписаны автором.

5. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Две контрольные работы для студентов дневной формы обучения выполняется в 6 и 8 семестрах третьего и четвертого курсов. Первая включает 3 расчетных задания, вторая (реферативного плана) — ответы на 6 теоретических вопроса, соответствующих содержанию дисциплины. Ориентировочный объем каждой выполненной контрольной работы составляет (10 ... 12) страниц.

Исходные данные для расчетных заданий выбираются по последней и предпоследней цифрам номера зачетной книжки; теоретические вопросы — по последней цифре номера зачетной книжки.

5.1. Задание 1 «Исследование энергетических характеристик системы радиосвязи»

Система цифровой радиосвязи включает в себя следующие устройства:

- радиопередатчик, формирующий радиоимпульсы мощностью P_{PC} и длительностью τ_{PC} на частоте f_{PC} , подключенный к передающей антенне с коэффициентом усиления $G_{РПД}$;
- радиоприёмник с коэффициентом шума $k_{ш}$ и рабочей температурой T , подключенный к приёмной антенне с коэффициентом усиления $G_{РП}$.

Необходимо:

- рассчитать мощность сигнала на входе приёмника в системе радиосвязи по исходным данным (таблица 5.1) при изменении дальности действия системы от D_{min} до D_{max} ;
- рассчитать мощность шума и отношение сигнал / шум на входе приёмника системы радиосвязи в указанном диапазоне дальностей действия. Построить графические зависимости мощности сигнала и отношения сигнал / шум на входе приёмника от дальности связи;
- рассчитать максимальную дальность действия системы радиосвязи, при которой отношение сигнал / шум по мощности на входе приёмника будет не менее заданного значения $(C/Ш)_{min PC}$, обеспечивающего нормальную работоспособность системы;
- провести анализ полученных результатов. Определить диапазоны дальности действия, в которых система радиосвязи работоспособна, работает со «сбоями» и неработоспособна. Сделать подробные выводы.

Рекомендации

При построении графических зависимостей мощности сигнала и отношения сигнал/шум на входе приёмника от дальности действия системы радиосвязи, целесообразно использовать полулогарифмический масштаб. На всех графиках должны быть не менее 10 расчетных точек.

Таблица 5.1 — Исходные данные для выполнения задания 1

Последняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_{PC} , Вт	0,5 4	1,2 2	0,8 3	1,3 8	0,7 7	0,6 5	0,9 1	0,5 6	0,7 4	0,5 9
τ_{PC} , мкс	0,8	0,7 4	0,0 8	0,1 2	0,5 3	0,1 1	0,0 9	0,6 7	0,2 6	0,7 8
$k_{ш}$	7,4	6,3	5,7	7,1	6,6	5,8	6,9	7,0	5,4	6,5
f_{PC} , ГГц	2,9	4,2	3,4	1,8	2,5	3,1	2,4	2,7	3,0	3,2
$(C/Ш)_{min PC}$	18, 7	12, 5	5,1	6,9	16, 2	8,4	7,2	9,7	5,5	10, 2

Продолжение таблицы 5.1

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$G_{\text{РПД}}, \text{дБ}$	7,6	6,2	8,2	9,0	11,2	5,6	6,7	7,1	12,0	8,5
$G_{\text{РП}}, \text{дБ}$	5,5	7,5	4,5	6,9	7,1	11,3	7,9	4,9	5,2	6,1
$D_{\text{min}}, \text{км}$	7	5	15	12	4	8	2	11	10	14
$D_{\text{max}}, \text{км}$	75	63	56	74	102	83	78	90	85	81
$T, \text{К}$	312	300	327	315	304	307	298	305	316	308

5.2. Задание 2 «Исследование энергетических характеристик системы активной радиолокации с пассивным ответом»

Система активной радиолокации с пассивным ответом включает в себя следующие устройства:

- радиопередатчик, формирующий радиоимпульсы мощностью $P_{\text{РД}}$ и длительностью $\tau_{\text{и}}$ на частоте $f_{\text{РД}}$, подключённый к приёмопередающей антенне;
- радиоприёмник с коэффициентом шума $k_{\text{ш}}$ и рабочей температурой T , подключённый к приёмопередающей антенне;
- узконаправленную приёмопередающую антенну с коэффициентом усиления $G_{\text{РД}}$.

Необходимо:

- рассчитать мощность сигнала на входе приёмника в системе радиолокации по исходным данным (таблица 5.2) при изменении дальности действия системы от D_{min} до D_{max} ;
- рассчитать мощность шума и отношение сигнал/шум на входе приёмника системы радиолокации в указанном диапазоне дальностей действия. Построить графические зависимости мощности сигнала и отношения сигнал / шум на входе приёмника от дальности до объекта;
- рассчитать максимальную дальность действия системы радиолокации, при которой отношение сигнал / шум по мощности на входе приёмника будет не менее заданного значения $(\text{С/Ш})_{\text{min РД}}$, обеспечивающего нормальную работоспособность системы;
- рассчитать дальность обнаружения малоразмерного объекта (шлюпки, человека) с $\sigma_{\text{МР}}$ для $(\text{С/Ш})_{\text{min РД}}$;
- рассчитать дальность обнаружения пассивного уголкового отражателя с размером грани $a = 0,3 \text{ м}$;
- провести анализ полученных результатов. Определить диапазоны дальности действия, в которых система радиолокации работоспособна, работает со «сбоями» и неработоспособна. Сделать подробные выводы.

Рекомендации

При построении графических зависимостей мощности сигнала и отношения сигнал / шум на входе приёмника от дальности действия системы радиолокации целесообразно использовать полулогарифмический масштаб.

Таблица 5.2 — Исходные данные для выполнения задания 2

Последняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{РЛ}}$, кВт	80	110	72	35	20	44	50	63	76	51
$\tau_{\text{РЛ}}$, мкс	0,6	0,9	0,3	0,2	0,4	0,5	0,8	0,1	1,0	0,7
$k_{\text{Ш}}$	6,5	7,2	5,1	6,2	5,5	5,8	6,9	7,1	7,4	5,4
$f_{\text{РЛ}}$, ГГц	14	17	11	8,4	4,5	6,2	7,6	6,4	7,0	6,5
$(\text{С/Ш})_{\text{min РЛ}}$	8,1	14, 7	10, 6	9,2	7,9	10	6,8	5,4	14	11, 5
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$G_{\text{РЛ}}$, дБ	32	28	34	27	25	30	26	29	24	31
$\sigma_{\text{ЭФФ}}$, м ²	83	54	25	61	98	47	76	64	85	39
D_{min} , км	5	2	10	12	3	8	5	4	1	7
D_{max} , км	75	47	80	57	35	64	55	70	36	83
T , К	300	303	301	315	328	311	305	310	302	306
$\sigma_{\text{МР}}$, м ²	0,2	0,4	0,6	1,0	2,5	3,0	1,6	1,9	2,0	1,2

5.3. Задание 3 «Исследование характеристик системы активной радиолокации с активным ответом»

Система активной радиолокации с активным ответом включает в себя: РЛС с параметрами, приведенными в таблице 5.2 и радиолокационный ответчик со следующими характеристиками (таблица 5.3):

- коэффициент усиления антенны РЛО — $G_{\text{РЛО}}$;
- чувствительность приемника РЛО — $P_{\text{ПРЛО}}$;
- мощность передатчика РЛО — $P_{\text{ИРЛО}}$.

Необходимо:

- рассчитать дальность $D_{\text{ЗРЛО}}$, на которой приемником РЛО будет обнаружен (принят) сигнал РЛС;
- рассчитать дальность $D_{\text{ОРЛО}}$, на которой приемником РЛС будет принят сигнал РЛО;
- сравнить полученные значения дальностей с рассчитанными в задании 2 дальностями обнаружения маломерного объекта и пассивного углового отражателя;
- сделать выводы.

Таблица 5.3 — Исходные данные для выполнения задания 3

Последняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{ИРЛО}}$, мВт	400	500	600	700	450	550	350	300	750	800
$P_{\text{ПРЛО}}$, дБм	−37	−40	−45	−50	−42	−52	−47	−43	−36	−51
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$G_{\text{РЛО}}$, дБ	2,5	3,5	4	5	6	7	4,5	5,5	6,5	7,5

5.4. Теоретические вопросы

Номер варианта соответствует последней цифре зачетной книжки.

Вариант 1

1. Назначение радиосвязи и организация радиослужбы на море.
2. Состав радиооборудования ГМССБ в зависимости от районов плавания
3. Эксплуатационные требования к судовым радиоустановкам.
4. Узкополосная буквопечатающая телеграфия (радиотелекс).
5. Сигналы особой важности в морской радиосвязи, их назначение и область использования.
6. Классы излучения в радиосвязи и их краткая характеристика.

Вариант 2

1. Задачи и общие принципы ГМССБ.
2. Виды технического обслуживания оборудования ГМССБ.
3. Эксплуатационные требования к судовым ПВ /КВ радиоустановкам.
4. Вахтенный приемник (автоаларм) на частоте 2182 кГц.
5. Вызов бедствия, прием и подтверждение вызова бедствия в радиотелефонии.
6. Отчет за использование радиосвязи.

Вариант 3

1. Морские районы плавания ГМССБ и принципы их установления.
2. Источники питания оборудования ГМССБ и их обслуживание.
3. Эксплуатационные требования устройств цифрового избирательного вызова (ЦИВ).
4. Система ИНМАРСАТ.
5. Обмен в случае бедствия.
6. Защита частот бедствия.

Вариант 4

1. Состав радиооборудования ГМССБ и требования к нему.
2. Требования, предъявляемые к антенным устройствам.
3. Эксплуатационные требования установок УБПЧ.
4. Система КОСПАС — САРСАТ.
5. Координация поисково-спасательных операций.
6. Оплата услуг связи.

Вариант 5

1. Техническое обслуживание и ремонт радиооборудования ГМССБ.
2. Антенные устройства, их классификация и параметры.
3. Эксплуатационные требования к УКВ радиотелефонной аппаратуре спасательных шлюпок и плотов.
4. Приемник навигационной информации на КВ.
5. Процедуры связи в случае срочности.
6. Формат вызова безопасности в радиотелефонии и УБПЧ.

Вариант 6

1. Требования к источникам питания оборудования ГМССБ.
2. Строение ионосферы и ее влияние на распространение радиоволн.
3. Эксплуатационные требования к радиолокационным ответчикам спасательных шлюпок и плотов.
4. Приемник расширенного группового вызова.
5. Процедуры связи в случае безопасности.
6. Формат оповещения медицинского транспорта.

Вариант 7

1. Документация судовой радиостанции ГМССБ и ее краткая характеристика.
2. Особенности распространения радиоволн УКВ диапазона.
3. Эксплуатационные требования к АРБ.
4. Система НАВТЕКС.
5. Назначение координатора на месте проведения аварийно-спасательной операции и его ответственность.
6. Формат медицинского сообщения

Вариант 8

1. Распространение информации по безопасности на море в ГМССБ.
2. Особенности распространения радиоволн КВ диапазона.
3. Эксплуатационные требования к судовым земным станциям системы ИНМАРСАТ.
4. Обязанности вахтенного радиооператора.
5. Стандартная форма сообщений о состоянии поиска и спасания.
6. Формат радиотелефонного сообщения о бедствии.

Вариант 9

1. Международное регулирование морской радиосвязи.
2. Особенности распространения радиоволн ПВ (СВ) диапазона.
3. Дипломы судового персонала ГМССБ.
4. Обязанности радиооператора, ответственного за радиосвязь при бедствии.
5. Системы сообщений судов. Служба *AMVER*.
6. Формат вызова безопасности в радиотелефонии и УБПЧ.

Вариант 0

1. Позывные сигналы судовых и береговых станций.
2. Классификация радиоволн по длинам волн и диапазонам частот.
3. Радиожурнал ГМССБ и правила его заполнения.
4. Руководство по несению радиовахты.
5. Наставления *JAMSAR* и *MERSAR*.
6. Формат вызова срочности в радиотелефонии и УБПЧ.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

6.1. Общие положения

Расчетные задания предназначены для оказания помощи студентам в изучении принципов расчёта энергетических характеристик радиотехнических систем связи и радиолокации.

Расчётные задания должны содержать формулировку задания, исходные данные по расчёту, формулы, таблицы, графики и выводы, содержащие анализ полученных результатов.

Все графики выполняются на миллиметровой бумаге, которая вклеивается в соответствующих местах работы, либо с помощью графических редакторов на персональном компьютере.

Рисунки и построения следует выполнять простым карандашом с применением линейки. При построении зависимостей допускается применение цветной пасты и фломастеров.

Все графики выполняются в выбранном масштабе.

При ответах на теоретические вопросы и при использовании готовых выражений необходимы ссылки на библиографические источники. Ссылки даются в квадратных скобках: $[n]$, где n — порядковый номер источника в библиографическом списке, который оформляется в соответствии с требованиями ГОСТов и приводится в конце контрольной работы.

Расчёты должны сопровождаться подробными пояснениями и выкладками, а ответы на теоретические вопросы должны быть краткими и содержать суть излагаемого материала.

6.2. Методические рекомендации к выполнению задания 1

Назначение любой системы радиосвязи — передача сообщения, которая осуществляется в три этапа:

- преобразование сообщения в электрический сигнал;
- передача сигнала по каналу радиосвязи;
- преобразование полученного электрического сигнала в сообщение.

Канал радиосвязи включает в себя передатчик, передающую антенну, среду распространения радиоволн, приемную антенну и приёмник (рисунок 6.1).

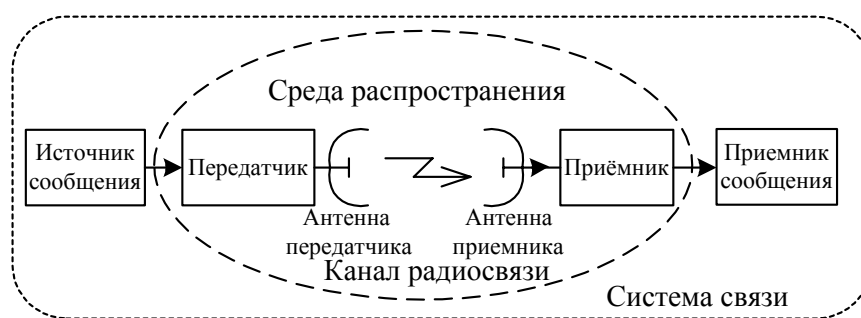


Рисунок 6.1 — Структурная схема системы связи

Радиопередатчик с направленной антенной изотропно (одинаково во всех направлениях) излучает сигнал мощностью P_{PC} и создает на дальности D плотность потока мощности

$$\Pi = \frac{P_{\text{PC}}}{4\pi D^2}. \quad (6.1)$$

При применении направленной антенны с коэффициентом усиления $G_{\text{РПД}}$ плотность потока мощности на дальности D в направлении излучения составит

$$\Pi = \frac{P_{\text{РС}} G_{\text{РПД}}}{4\pi D^2}. \quad (6.2)$$

Справочная информация

Коэффициент усиления направленной антенны показывает выигрыш по мощности данной антенны по сравнению с изотропной (ненаправленной) антенной, с учетом потерь мощности в антенне.

Для системы радиосвязи в свободном пространстве (без учета потерь в реальной атмосфере) при приеме сигналов на антенну с эффективной площадью S_A мощность сигнала на входе приёмника определяется выражением

$$P_{\text{ВХПР}} = \Pi S_A = \frac{P_{\text{РС}} G_{\text{РПД}} S_A}{4\pi D^2}. \quad (6.3)$$

Справочная информация

Эффективная площадь приёмной антенны — коэффициент, имеющий размерность площади и равный отношению мощности, отдаваемой антенной в приёмник, к величине вектора плотности потока мощности (вектора Пойнтинга) падающей электромагнитной волны

$$S_A = \frac{P_{\text{ПР}}}{\Pi}.$$

Эффективная площадь антенны и её коэффициент усиления связаны между собой приближенным соотношением

$$S_A \approx \frac{G\lambda^2}{4\pi}, \quad (6.4)$$

где $\lambda = c/f_{\text{РС}}$ — длина волны, в метрах;

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в свободном пространстве;

$f_{\text{РС}}$ — частота радиосигнала в системе связи (Гц).

На входе приёмника радиосистемы, кроме полезного сигнала, всегда присутствуют шумы различного происхождения, которые затрудняют приём полезного сигнала. Для различных систем связи существуют различные минимально допустимые отношения сигнал / шум на входе приёмника $(C/Ш)_{\text{min}}$, при сравнении с которым реального отношения сигнал / шум можно судить о работоспособности системы связи.

Справочная информация

Отношением сигнал/шум называют отношение мощности сигнала к мощности шума на входе приёмника

$$(C/Ш) = \frac{P_{\text{ВХПР}}}{P_{\text{ШПР}}}.$$

При отношении сигнал / шум на входе приёмника $(C/Ш)$ большем $(C/Ш)_{\text{min}}$ система связи работоспособна, при величине $(C/Ш)$ равной $(C/Ш)_{\text{min}}$ система будет работать со

«сбоями», если же отношение $(C/Ш)$ меньше, чем $(C/Ш)_{\min}$, то система связи становится неработоспособной.

Наибольший практический интерес представляет учет тепловых шумов на входе приёмника, мощность которых оценивается выражением

$$P_{\text{шпр}} = k k_{\text{ш}} T \Delta F, \quad (6.5)$$

где k — постоянная Больцмана ($k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К);

$k_{\text{ш}}$ — коэффициент шума радиоприёмника;

T — рабочая температура приёмника (К);

ΔF — ширина полосы пропускания приёмника (Гц).

Ширину полосы пропускания приёмника можно определить исходя из ширины спектра принимаемого радиосигнала

$$\Delta F = \frac{1}{\tau_{\text{PC}}}, \quad (6.6)$$

где τ_{PC} — длительность радиоимпульсов цифровой системы связи (с).

Справочная информация

Согласно энергетическому критерию, шириной спектра радиосигнала называют полосу частот, в которой сосредоточена основная часть энергии радиосигнала (до 90 %). Для реальных систем радиосвязи с импульсными радиосигналами ширина спектра бесконечна, однако 90 % энергии сигнала содержится в полосе частот ΔF , величина которой определяется выражением (6.6).

6.3. Методические рекомендации к выполнению задания 2

Назначение любой системы радиолокации — определение местоположения объектов в пространстве.

По принципу действия радиолокация разделяется на **активную** и **пассивную**. Активная радиолокация основана на облучении окружающего пространства радиоимпульсами и приёме отраженных радиосигналов от окружающих объектов. Пассивная радиолокация работает только в режиме приёма радиосигналов (электромагнитных импульсов), излучаемых или переотражаемых окружающими объектами. В последнем случае электромагнитные импульсы и радиосигналы, как правило, возникают при работе электронной аппаратуры, электрических механизмов или имеют природный характер возникновения.

Активную радиолокацию также разделяют на радиолокацию с пассивным ответом, когда радиолокационная система принимает отраженный от объекта радиосигнал, и на радиолокацию с активным ответом, когда на объекте устанавливают специальный радиолокационный ответчик, формирующий последовательность радиоимпульсов при облучении его импульсами радиолокационной станции.

Активная радиолокация осуществляется в четыре этапа:

- формирование импульсов;
- излучение импульсов в пространство;
- приём отраженных от объектов сигналов;
- обработка и преобразование принятых сигналов.

Система активной радиолокации включает в себя передатчик, приёмо-передающую антенну, среду распространения радиоволн, облучаемый объект и приёмник (рисунок 6.2).

Обычно для приёма и передачи в радиолокации используют одну и ту же антенну, которую соединяют с антенным переключателем. Антенный переключатель разделяет передающий и приёмный тракты радиолокационной системы и не позволяет радиосигналу непосредственно попадать с выхода передатчика на вход приёмника (рисунок 6.3).

В радиолокации применяют остронаправленные антенны, что позволяет увеличить точность определения угловых координат объектов. Если радиопередатчик с направленной антенной, имеющей коэффициент усиления $G_{\text{РПД}}$, излучает сигнал мощностью $P_{\text{РЛ}}$, то на дальности D создается плотность потока мощности

$$\Pi = \frac{P_{\text{РЛ}} G_{\text{РПД}}}{4\pi D^2}. \quad (6.7)$$

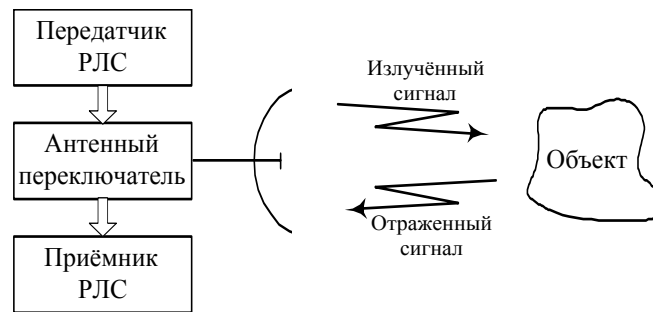


Рисунок 6.2 — Структурная схема системы активной радиолокации

Для системы радиолокации с пассивным ответом в свободном пространстве (без учета потерь в реальной атмосфере) при приёме сигналов на антенну с эффективной площадью S_A , мощность сигнала на входе приёмника можно определить как

$$P_{\text{ВХПР}} = \frac{P_{\text{РЛ}} G_{\text{РПД}} S_A \sigma_{\text{ЭФФ}}}{(4\pi D^2)^2}, \quad (6.8)$$

где $\sigma_{\text{ЭФФ}}$ — эффективная площадь рассеяния облучаемого объекта.

Эффективная площадь антенны и её коэффициент усиления связаны между собой приближенным соотношением (6.4). Поскольку в радиолокационной системе для приёма и передачи применяют одну и ту же антенну, то выражение (6.8) может быть преобразовано подстановкой в него выражения (6.4) к следующему виду

$$P_{\text{ВХПР}} = \frac{P_{\text{РЛ}} G_{\text{РЛ}}^2 \lambda^2 \sigma_{\text{ЭФФ}}}{64\pi^3 D^4}, \quad (6.9)$$

где $G_{\text{РЛ}}$ — коэффициент усиления направленной антенны радиолокационной системы.



Рисунок 6.3 — Принцип работы антенного переключателя

Справочная информация

Пусть плотность потока мощности излученной радиоволны около облучаемого объекта $P_{\text{ПР}}$ и плотность потока мощности радиоволны отраженной от объекта в точке приёма $P_{\text{ОТР}}$ известны. Заменим объект сферой радиуса r , которая на всей своей поверхности создаёт плотность потока мощности, равную $P_{\text{ОТР}}$. Тогда отношение

$$\sigma_{\text{ЭФФ}} = 4\pi r^2 \frac{P_{\text{ОТР}}}{P_{\text{ПР}}},$$

имеющее размерность площади, называют эффективной площадью рассеяния цели (ЭПР).

Для объектов простой геометрии (шар, металлический лист и т.п.) величина $\sigma_{\text{ЭФФ}}$ рассчитывается на основании достаточно простых соотношений. Например, для пассивного уголкового отражателя с треугольными гранями, являющегося эффективным средством повышения отражательной способности малоразмерных объектов (шлюпка, спасательный плот и т.п.) величина $\sigma_{\text{ЭФФ}}$ рассчитывается по выражению

$$\sigma_{\text{ЭФФ}} = \frac{4\pi a^4}{3\lambda^2},$$

где a — размер грани уголкового отражателя;

λ — длина волны РЛС.

Эффективная отражающая площадь уголкового отражателя с квадратными гранями рассчитывается из соотношения

$$\sigma_{\text{ЭФФ}} = \frac{12\pi a^4}{\lambda^2}.$$

Из приведенных соотношений видно, что уголкового отражателя с треугольными гранями при прочих равных условиях дает в девять раз меньшее значение $\sigma_{\text{ЭФФ}}$ по сравнению с уголкового отражателя с квадратными гранями. Наилучшие свойства уголкового отражателей реализуются только при соблюдении точной перпендикулярности граней, что проще обеспечивается в отражателе с треугольными гранями, имеющем более жесткую конструкцию. Это определяет преимущественное применение отражателей с треугольными гранями.

На входе радиолокационного приёмника, кроме полезного сигнала, всегда присутствуют шумы различного происхождения, которые затрудняют приём полезного сигнала. Для различных систем радиолокации существуют различные минимально допустимые значения отношения сигнал/шум на входе приёмника $(C/Ш)_{\text{min}}$, при сравнении которых с величиной реального отношения сигнал / шум можно судить о работоспособности системы радиолокации.

При отношении сигнал / шум на входе приёмника $(C/Ш)$ большем $(C/Ш)_{\text{min}}$ система радиолокации работоспособна, при величине $(C/Ш)$ равной $(C/Ш)_{\text{min}}$ система будет работать со «сбоями», если же отношение $(C/Ш)$ меньше чем $(C/Ш)_{\text{min}}$, то система радиолокации становится неработоспособной.

При определении величины отношения $(C/Ш)$ наибольший практический интерес представляет учет собственных тепловых шумов на входе радиолокационного приёмника, мощность этих шумов оценивается выражением (6.5).

Ширину полосы пропускания приёмника для системы радиолокации, также как и для системы радиосвязи, можно определить исходя из ширины спектра принимаемого радиосигнала

$$\Delta F = \frac{1}{\tau_{\text{РЛ}}}, \quad (6.10)$$

где $\tau_{\text{РЛ}}$ — длительность радиоимпульсов излучаемых передатчиком радиолокационной системы (с).

6.4. Методические рекомендации к выполнению задания 3

Эффективным средством увеличения дальности судовых навигационных РЛС является РЛО, представляющий собой активный импульсный ретранслятор.

РЛО принимает сигналы (импульсы), излучаемые судовой РЛС, и излучает ответные сигналы, которые принимаются как облучившей его РЛС, так и другими РЛС, работающими в этом же частотном диапазоне, и находящимся в зоне действия РЛО.

Дальность запроса (дальность обнаружения приемником РЛО сигнала от облучившей его РЛС) определяется из выражения

$$D_{\text{ЗРЛО}} = \sqrt{\frac{P_{\text{РЛ}} G_{\text{РЛ}} G_{\text{РЛО}} \lambda^2}{16\pi^2 P_{\text{ПРРЛО}}}}, \quad (3.1 \ 6.11)$$

где $P_{\text{РЛ}}, G_{\text{РЛ}}$ — параметры РЛС;

$P_{\text{ПРРЛО}}, G_{\text{РЛО}}$ — параметры РЛО.

Дальность ответа (дальность обнаружения приемником РЛС сигнала от РЛО) может быть определена из следующего выражения

$$D_{\text{ОРЛО}} = \sqrt{\frac{P_{\text{ИРЛО}} G_{\text{РЛС}} G_{\text{РЛО}} \lambda^2}{16\pi^2 P_{\text{ПРРЛС}}}}, \quad (6.12)$$

где $P_{\text{ИРЛО}}$ — мощность передатчика РЛО.

Величина $P_{\text{ИРЛО}}$ определяется для заданных в таблице 5.2 значения отношения $(\text{С/Ш})_{\text{min РЛ}}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. *Admiralty List of Radio Signals. Vol. 5. GMDSS. — UK: Hydrographic Office, 2004 — 2005.*
2. *GMDSS Handbook. Handbook on the Global Maritime Distress and Safety System. 2001 Edition. — IMO: London, 2001.*
3. *Manual for use by the Maritime Mobile and Maritime Mobile-Satellite Service / ITU: Radiocommunication Bureau, 2002.* Руководство по радиосвязи для использования в морской подвижной и морской подвижной спутниковой службах / МСЭ, Бюро радиосвязи, 2005.
4. ГМССБ за три недели: учеб. пособ. по работе в глобальной морской системе связи при бедствии (ГМССБ / *GMDSS*). — СПб.: изд-во Государственной морской академии им. С.О. Макарова, 1997. — 120 с.
5. Липинский В.Н. Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности / В.Н.Липинский; Под ред. Пономаренко В.В. — Одесса: изд-во Морского тренажерного центра, 1998. — 402 с.
6. Шишкин А.В. Глобальная морская система связи для безопасности мореплавания / А.В. Шишкин, В.И. Купровский, В.М. Кошевой. — М.: Транслит, 2007. — 531 с.
7. Шишкин А.В.. Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания (ГМССБ): учеб. пособ. / А.В.Шишкин, В.И. Купровский, В.М. Кошевой. — М.: Транслит, 2007. — 544 с.
8. Шишкин А.В.. Глобальная морская система связи для безопасности мореплавания / А.В.Шишкин, В.И. Купровский, В.М. Кошевой. — Одесса: изд-во ОНМА, 2003. — 296 с.
9. Лукьянчук А.Г. Работа в глобальной морской системе связи: учеб. пособ. / А.Г. Лукьянчук, А.В. Мельников. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2002. — 178 с.
10. Торский В.Т. ГМССБ в вопросах и ответах: учебно-практическое пособ. / В.Т. Торский, В.Д. Качан — Одесса: Астропринт, 2003. — 252 с.
11. Судовая радиосвязь: Справочник по организации и радиооборудованию ГМССБ / В.Ю. Резников, Ю.М. Устинов, А.А. Дуров. Под общей редакцией Ю.М. Устинова. — СПб.: Судостроение, 2002. — 480 с.
12. Правила по оборудованию морских судов. — СПб.: изд-во Морского Регистра судоходства, 1995.
13. Андрианов В.И., Соколов А.В. Средства мобильной связи. — СПб.: ВНУ-Санкт-Петербург, 1998. — 256 с.
14. Жилин В.А. Международная спутниковая система связи ИНМАРСАТ: Справочное издание. — СПб.: Филиал ГП «Морсвязьспутник» / СПб.: Россия и мир, 1997. — 115 с.
15. Международная космическая радиотехническая система обнаружения терпящих бедствие / А.И. Балашов, Ю.Г. Зурабов, Л.С. Пчеляков и др.; Под ред. В.С.Шебшаевича. — М.: Радио и связь, 1987. — 376 с.
16. Романюк В.А. Основы радиосвязи / В.А. Романюк. — М.: ЮРАЙТ, 2011. — 288 с.
17. Торский В.Г. Конвенция СОЛАС-74: краткий обзор / В.Г. Торский, В.П. Топалов. — Одесса: Астропринт, 2009. — 96 с.
18. Ситнік О.В. Радіотехнічні системи / О.В. Ситнік, В.М. Карташов. — Харків: Компанія СМІТ, 2009. — 448 с.
19. Дмитриев В.И. Навигация и лоция / В.И.Дмитриев, В.Л. Григорян В.Л., В.А. Катенин В.А. — М.: Моркнига, 2009. — 458 с.
20. Казаринов Ю.М. Радиотехнические системы / Ю.М. Казаринов. — М.: *ACADEMIA*, 2008. — 592 с.
21. Вільський Г.Б. Технічні системи та засоби забезпечення безпеки руху суден: навчальний посібник / Г.Б. Вільський. — Одесса: Феникс, 2008. — 234 с.

22. Бурханов В.А. Справочник штурмана / В.А. Бурханов. — М.: Моркнига, 2008. — 560 с.
23. Алексишин В.Г. Практическое судовождение / В.Г. Алексишин. — Одесса: Феникс, 2008. — 376 с.
24. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна / Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал. — Одесса: Феникс, 2007. — 376 с.
25. Вагущенко Л.Л. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко, С.И. Заичко. — Одесса: Феникс, 2005. — 274 с.
26. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы / Л.Л. Вагущенко. — Одесса: Феникс, 2004. — 302 с.
27. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения. Теория: учебник для ВУЗов / Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.В. Воронок. — СПб: ЭЛМАР, 1996. — 344 с.
28. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения. Том 2. Конструкция и эксплуатация: учебник для ВУЗов Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.К. Перфильев, В.В. Воронок. — СПб: ЭЛМАР, 2000. — 656 с.

Дополнительная литература

16. Международная конвенция об охране человеческой жизни на море 1974 г. с изменениями и дополнениями (Конвенция СОЛАС-74).
17. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с поправками 1995 года (Конвенция ПДНВ78/95) и Кодекс по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодекс ПДНВ) с Манильскими поправками 2010 года, Международная морская организация. — Лондон, 1998.
18. Руководство по международному авиационному и морскому поиску и спасанию. Т. I — Организация и управление, Т. II — Координация операций, Т. III — Подвижные средства. ИМО / ИКАО. — Лондон / Монреаль, 1998.
19. *Radio Regulations. V. 1, 2, 3, 4. Edition of 1990, revised in 2010.* — Geneva, 2010.
20. *List of Coast Stations. 17-th Edition.* — Geneva: ITU, 2008.
21. *List of Radiodetermination and Special Service Stations. 15-th Edition.* — Geneva: ITU, 2008.
22. *List of Ship Stations. 42-th Edition.* — Geneva: ITU, 2008.
23. *List of Call Signs and Numerical Identities. 21-th Edition.* — Geneva: ITU, 2008.
24. Комаров В.М. Системы обеспечения безопасности судовождения / В.М. Комаров, Н.Н. Заличев. — Л.: Судостроение, 1987. — 176 с.
25. Справочник по судовому оборудованию радиосвязи и радионавигации. В 2-х томах / Под ред. А.В. Жерлакова. — Л.: Судостроение, 1979. — 568 с.
26. Бабуров Э.Ф. Новые средства судовой автоматизированной радиосвязи: учеб. пособ. / Э.Ф. Бабуров, А.Н. Голиков, И.Л. Калужный. — Севастополь, 1993. — 256 с.

Литература по радионавигационным приборам и системам

27. Демиденко П.П. Судовые радиолокационные и радионавигационные системы: учеб. пособ. / П.П. Демиденко. — Одесса: Феникс, 2009. — 368 с.
28. Лукьянчук А.Г. Спутниковые системы связи, вещания и навигации: учеб. пособ. / А.Г. Лукьянчук, Ю.П. Михайлюк, А.А. Савочкин; Под ред. А.Г. Лукьянчука. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2002. — 335 с.
29. Лукьянчук А.Г. Работа в системах спутниковой навигации: учеб. пособ. / А.Г. Лукьянчук, Ю.П. Михайлюк. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2007. — 190 с.
30. Судовая радиоэлектроника и радионавигационные приборы: справ. пособ. — М.: Радио и связь, 1988. — 271 с.
31. Василенко В.А. Радионавигационные приборы и системы / В.А. Василенко, Б.С. Розен, В.В. Серегин. — М.: Радио и связь, 1986. — 318 с.

32. Шейко Г.М. Судовые электрорадионавигационные приборы и установки управления / Г.М. Шейко. — Л.: Энергоатомиздат, 1987. — 263 с.
33. Чечин Д.А. Судовые электрорадионавигационные приборы / Д.А. Чечин. — Л.: Энергоатомиздат, 1975. — 176 с.
34. Белавин О.В. Основы радионавигации: учеб. пособ. / О.В. Белавин. — М.: Радио и связь, 1977. — 320 с.
35. Широких И.П. Ремонт судовых радионавигационных приборов: справочник / И.П. Широких. — М.: Транспорт, 1985. — 144 с.
36. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Скольника. В 4-х томах. — М.: Сов. радио, 1978. — 1220 с.
37. Радиолокационные устройства: учеб. пособ. для вузов / Под ред. В.В. Григорина-Рябова. — М.: Сов. радио, 1970. — 680 с.
38. Винокуров В.И. Морская радиолокация / В.И. Винокуров. — Л.: Судостроение, 1986. — 256 с.
39. Жерлаков А.В. Радиолокационные системы предупреждения столкновения судов / А.В. Жерлаков. — Л.: Судостроение, 1984. — 200 с.
40. Власов В.И. Судовые радиолокационные станции и их применение. В 3-х томах / В.И. Власов, Н.Л. Коган, В.И. Раков, А.Н. Тупысев. — Л.: Судостроение, 1979. — 950 с.

Литература по автоматической идентификационной системе

41. *SI-30 Automatic Identification System: Instruction Manual*. — Korea: SAMYUNG Co., Ltd., 2010. — 80 p.
42. Судовая автоматическая идентификационная система / А.Н. Маринич, И.Г. Проценко, В.Ю. Резников, Ю.М. Устинов, Р.Н. Черняев, А.Р. Шигабутдинов. — СПб.: Судостроение, 2004. — 180 с.
43. Кошевой В.М. Системы и устройства автоматической идентификации судов: учеб. пособие / В.М. Кошевой, А.В. Шишкин, В.И. Купровский. — Одесса: изд-во ОНМА, 2005. — 116 с.
44. Резолюция ИМО MSC.74 (69). Приложение 3 — «Рекомендации по эксплуатационным требованиям к универсальной судовой системе автоматического опознавания (АИС).
45. Стандарт МЭК 61993-2 Часть 2 — Судовое оборудование универсальной автоматической идентификационной системы (АИС) класса А. Технические и эксплуатационные требования, метода и требуемые результаты испытаний.
46. Рекомендация МСЭ-Р М.1371-1. Технические характеристики универсальной судовой автоматической идентификационной системы (АИС), использующей множественный доступ с временным разделением в УКВ полосе частот морской подвижной службы.
47. Руководство МАМС по использованию АИС. Редакция 1.1. — 2002.
48. Технические разъяснения МАМС к Рекомендациям МСЭ-Р М.1371-1.
49. Резолюция 917 (22), принята 29 ноября 2001 года. Руководство по использованию судовой автоматической идентификационной системы (АИС).
50. Использование АИС в береговых службах / А. Ляшенко // Морское обозрение. — № 2 (14), 2004. — С. 3—4.
51. Временное руководство по использованию автоматической информационной (идентификационной) системы (АИС) на судах и в береговых службах. — М., 2002. — 58 с.
52. Временные технико-эксплуатационные требования к оборудованию автоматической идентификационной системы в составе СУДС. — М., 2004. — 10 с.

Методические пособия

53. Глобальная морская связь, радиообмен и навигационное оборудование: методические рекомендации по изучению дисциплины и организации самостоятельной работы сту-

дентов дневной формы обучения направления 6.050901 — «Радиотехника» / СевНТУ, сост. И.Л. Афонин, Мельников А.В. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2013 — 40 с.

54. Оператор ГМССБ с общим дипломом: методическое пособие для подготовки к квалификационному экзамену. 3-е изд., перераб. и дополн. / И.Л. Афонин, В.Н. Бондарев, В.Г. Слезкин. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2011. — 96 с.

55. Оператор ГМССБ с ограниченным дипломом: Вопросы и ответы к квалификационному экзамену. методические рекомендации для слушателей курсов по направлению «Радиосвязь» для студентов направлений 6.070104 — «Судовождение и энергетика судов», 6.050901 — «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения / И.Л. Афонин, В.Н. Бондарев, В.Г. Слезкин. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2007. — 70 с.

56. Изучение радиостанции УКВ ЦИВ *RT 4822* на тренажере *TGS-4100*: методические указания для слушателей курсов по направлению «Радиосвязь» студентов направлений 6.070104 — «Судовождение и энергетика судов», 6.050901 — «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения / И.Л. Афонин, В.Г. Слезкин. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2008. — 23 с.

57. Изучение радиостанции ПВ / КВ ЦИВ *HC 4500* на тренажере *TGS-4100*: методические указания для слушателей курсов по направлению «Радиосвязь» студентов направлений 6.070104 — «Судовождение и энергетика судов», 6.050901 — «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения / И.Л. Афонин, В.Г. Слезкин. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2009. — 30 с.

58. Изучение приемника *NAVTEX NT-900* на тренажере *TGS-4100*: методические указания для слушателей курсов по направлению «Радиосвязь» и студентов направлений: 6.070104 — «Судовождение и энергетика судов», 6.050901 — «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения / И.Л. Афонин, В.Г. Слезкин, П.А. Бугаев. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2010. — 20 с.

59. Изучение телексного терминала *SAILOR-4000* на тренажере *TGS-4100*: методические указания для слушателей курсов по направлению «Радиосвязь» и студентов направлений: 6.070104 — «Судовождение и энергетика судов», 6.050901 — «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения / В.Г. Слезкин, П.А. Бондарев. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2011. — 32 с.

60. Судовая аппаратура автоматической идентификационной системы: метод. пособ. для слушателей курсов по направлению «Радиосвязь», студентов направлений 6.070104 — «Судовождение и энергетика судов», 6.050901 — «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения / И.Л. Афонин, П.А. Бугаев, В.Г. Слезкин. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2013. — 87 с.

61. Изучение судовой земной станции *SAILOR SP4400* системы на тренажере *TGS-4100*: методическое пособие для слушателей курсов по направлению «Радиотехника», студентов направлений 6.070104 — «Морской и речной транспорт», 6.050901 — «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения / И.Л. Афонин, В.И. Вакуленко, В.Г. Слезкин. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2013. — 33 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПОЯСНЕНИЕ ПОНЯТИЯ ДЕЦИБЕЛ

В радиосвязи и радиолокации многие величины выражают в логарифмической мере. Логарифмическая единица называется **белом**, [Б]. Например, для перевода значения коэффициента усиления по мощности, выраженного в «разах», в белы следует вычислить десятичный логарифм

$$K_p[\text{в белых}] = \lg K_p[\text{в разях}].$$

Однако, бел слишком большая величина. Поэтому принято использовать единицу измерения в 10 раз меньшую **децибел**, [дБ]

$$K_p[\text{в дБ}] = 10 \lg K_p[\text{в разях}].$$

Здесь K_p — коэффициент усиления по мощности. Для коэффициента усиления по напряжению справедливо соотношение:

$$K_U[\text{в дБ}] = 20 \lg K_U[\text{в разях}].$$

Динамический диапазон сигнала по напряжению вычисляется по соотношению

$$K = 20 \lg(U_{\max} / U_{\min}).$$

В децибелах часто измеряют также мощность, напряжение и другие размерные величины. При этом подразумевается отношение мощности к 1 мВт (дБм) или к 1 мкВт (дБмк).

Например, мощность 10 Вт соответствует значению

$$10 \lg (10 \text{ Вт} / 1 \text{ мВт}) = 10 \lg 10000 = 40 \text{ дБм}.$$

Отношение сигнал / шум

В англоязычной литературе используют следующие сокращения:

1) *SNR* — *Signal to Noise Ratio*;

2) *SINAD* — *Signal plus noise distortion to noise plus distortion ratio*.

SINAD — есть отношение полной принимаемой мощности приёмника к суммарной принимаемой мощности шума и помехи

$$SINAD = (P_{\text{сигнал}} + P_{\text{шум}} + P_{\text{помеха}}) / (P_{\text{шум}} + P_{\text{помеха}}).$$

Относительная нестабильность

Для записи значения относительной нестабильности частоты используют величину *ppm* — *parts per million*, то есть $1 \text{ ppm} = 10^{-6}$.