Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ
директор УрТИСИ СибГУТИ
_____ Минина Е.А.
«___» _____2023 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Б1.В.17 Спутниковые и радиорелейные системы связи

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2024

Разработчик (-и):
старший преподаватель _____ / Д.А. Овчинников
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании инфокоммуникационных технологий и мобильной связи (ИТиМС)
Протокол от 28.11.2023 №3
Заведующий кафедрой _____ / Н.В. Будылдина
подпись

Екатеринбург, 2023

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ
директор УрТИСИ СибГУТИ
_____Минина Е.А.
«____» _____2023 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Б1.В.17 Спутниковые и радиорелейные системы связи

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2024

Разработчик (-и):
старший преподаватель _____ / Д.А. Овчинников
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании инфокоммуникационных технологий и мобильной связи (ИТиМС)
Протокол от 28.11.2023 №3
Заведующий кафедрой _____ / Н.В. Будылдина
подпись

Екатеринбург, 2023

1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин/практик)
ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи	ПК-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях	6	.В.01 Основы теории цепей; Б1.В.02 Основы теории электромагнитных полей и волн; Б1.В.07 Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей; Б1.В.08 Теория связи.
ПК-8 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему	ПК-8.1 Знает назначение, состав, конструкцию, принцип работы, условия технической эксплуатации проектируемых изделий. ПК-8.2 Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов		Б1.В.06 Элементная база телекоммуникационных систем; Б1.В.08 Теория связи.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1 Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Индикатор освоения компетенции	**Показатель оценивания**	**Критерий оценивания**
ПК-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях	Знает: - принципы построения и работы сетей связи, а также состав станционного оборудования; - стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети связи; - Законодательство Российской Федерации в области связи; - принципы работы и архитектуру различных инфокоммуникационных систем. Умеет: -использовать типовую схему измерения коэффициента усиления антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот; - использовать типовую схему измерения коэффициента стоячей волны антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот; - использовать типовую схему измерения диаграммы направленности антенны и типовую измерительную аппаратуру,	1. Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком. 2. Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями. 3. При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.

	обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот; - выполнять расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций; - настраивать схемы резервирования оборудования РРЛ; - выполнять частотно территориальное планирование сетей связи. Владеет: - методом измерения коэффициента усиления антенны РРЛ; - методом измерения коэффициента стоячей волны антенны РРЛ; - методом измерения диаграммы направленности антенны РРЛ.	
ПК-8.1 Знает назначение, состав, конструкцию, принцип работы, условия технической эксплуатации проектируемых изделий	Знает: - определения и типы радиорелейных линий; - состав оборудования магистральных, внутризоновых и местных РРЛ; - типы радиорелейных станций; - соединительные линии линейных трактов РРЛ и телевидения. Умеет: - применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в спектре радиорелейного стола; - применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в телевизионном стволе; - применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания по отдельному стволу служебной связи.	1. Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком. 2. Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями. 3 При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.

	Владеет: - методикой нормирования каналов передачи телевизионного вещания по РРЛ произвольной структуры и протяженности; - методикой нормирования аналоговых и цифровых РРЛ; - методикой нормирования каналов служебной связи.	
ПК-8.2 Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов	Знает текстовые редакторы, графические программы. Умеет оформлять содержательную часть проекта, формировать общую пояснительную записку Владеет навыками работы с текстовыми редакторами и графическими программами при разработке проектов телекоммуникационных систем	Практические и лабораторные работы должны быть оформлены в соответствии с существующими требованиями, структура должна быть логична и соответствует заданию, я оформление с применением компьютерной техники, с использованием текстовых и графических технологий

Шкала оценивания.

Экзамен

5-балльная шкала	Критерии оценки
«отлично»	1. Самостоятельно и правильно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагает свой ответ. Может ответить на дополнительные вопросы. 2. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения.
«хорошо»	1. Самостоятельно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Не уверенно отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы. 2. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения.
«удовлетворительно»	1. Самостоятельно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. При этом допускает ошибки. Не уверенно или вообще не отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы. 2. Решил задачу экзаменационного билета. При наличии ошибок, может исправить их за счет наводящих вопросов. Не уверенно

	объясняет ход решения задачи.
«неудовлетворительно»	1. Не решена задача экзаменационного билета. 2. Решена задача, но не даны ответы на теоретические вопросы экзаменационного билета.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания по дисциплине

3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

Тема и/или раздел	Формы/методы текущего контроля успеваемости
ПК-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях *Знает:* *- принципы построения и работы сетей связи, а также состав станционного оборудования;* *- стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети связи;* *- Законодательство Российской Федерации в области связи;* *- принципы работы и архитектуру различных инфокоммуникационных систем.* *Умеет:* *-использовать типовую схему измерения коэффициента усиления антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;* *- использовать типовую схему измерения коэффициента стоячей волны антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;* *- использовать типовую схему измерения диаграммы направленности антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;* *- выполнять расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций;* *- настраивать схемы резервирования оборудования РРЛ;* *- выполнять частотно территориальное планирование сетей связи.* *Владеет:* *- методом измерения коэффициента усиления антенны РРЛ;* *- методом измерения коэффициента стоячей волны антенны РРЛ;* *- методом измерения диаграммы направленности антенны РРЛ.*	
Раздел 1 Введение.	Экзамен
Раздел 2 Регулярные механизмы распространения радиоволн.	Экзамен
Раздел 3 Особенности использования частотного ресурса в наземных и космических системах связи.	Экзамен
Раздел 4 Типовые конструкции антенн в системах космической и наземной радиосвязи.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 5 Наземная связь в ВЧ диапазоне и связь спец. служб.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 6 Наземные тропосферные линии связи.	Экзамен
Раздел 7 Наземные широкополосные системы мобильной и	Экзамен

фиксированной связи.	
Раздел 8 Радиорелейные линии связи прямой видимости.	Экзамен
Раздел 9 Оборудование цифровых радиорелейных линий связи	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 10 Основы проектирования радиорелейных линий связи прямой видимости.	Экзамен Практическая работа
Раздел 11 Спутниковые системы связи.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 12 Существующие системы космической связи.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 13 Проектирование систем спутниковой связи.	Экзамен
ПК-8.1 Знает назначение, состав, конструкцию, принцип работы, условия технической эксплуатации проектируемых изделий *Знает:* *- определения и типы радиорелейных линий;* *- состав оборудования магистральных, внутризоновых и местных РРЛ;* *- типы радиорелейных станций;* *- соединительные линии линейных трактов РРЛ и телевидения.* *Умеет:* *- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в спектре радиорелейного стола;* *- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в телевизионном стволе;* *- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания по отдельному стволу служебной связи.* *Владеет:* *- методикой нормирования каналов передачи телевизионного вещания по РРЛ произвольной структуры и протяженности;* *- методикой нормирования аналоговых и цифровых РРЛ;* *- методикой нормирования каналов служебной связи.*	
Раздел 1 Введение.	Экзамен
Раздел 2 Регулярные механизмы распространения радиоволн.	Экзамен
Раздел 3 Особенности использования частотного ресурса в наземных и космических системах связи.	Экзамен
Раздел 4 Типовые конструкции антенн в системах космической и наземной радиосвязи.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 5 Наземная связь в ВЧ диапазоне и связь спец. служб.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 6 Наземные тропосферные линии связи.	Экзамен
Раздел 7 Наземные широкополосные системы мобильной и фиксированной связи.	Экзамен
Раздел 8 Радиорелейные линии связи прямой видимости.	Экзамен
Раздел 9 Оборудование цифровых радиорелейных линий связи	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 10 Основы проектирования радиорелейных линий связи прямой видимости.	Экзамен Практическая работа
Раздел 11 Спутниковые системы связи.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 12 Существующие системы космической связи.	Экзамен

	Лабораторная работа
Раздел 13 Проектирование систем спутниковой связи.	Экзамен
ПК-8.2 Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов *Знает:* *- определения и типы радиорелейных линий;* *- состав оборудования магистральных, внутризоновых и местных РРЛ;* *- типы радиорелейных станций;* *- соединительные линии линейных трактов РРЛ и телевидения.* *Умеет:* *- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в спектре радиорелейного стола;* *- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в телевизионном стволе;* *- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания по отдельному стволу служебной связи.* *Владеет:* *- методикой нормирования каналов передачи телевизионного вещания по РРЛ произвольной структуры и протяженности;* *- методикой нормирования аналоговых и цифровых РРЛ;* *- методикой нормирования каналов служебной связи.*	
Раздел 1 Введение.	Экзамен
Раздел 2 Регулярные механизмы распространения радиоволн.	Экзамен
Раздел 3 Особенности использования частотного ресурса в наземных и космических системах связи.	Экзамен
Раздел 4 Типовые конструкции антенн в системах космической и наземной радиосвязи.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 5 Наземная связь в ВЧ диапазоне и связь спец. служб.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 6 Наземные тропосферные линии связи.	Экзамен
Раздел 7 Наземные широкополосные системы мобильной и фиксированной связи.	Экзамен
Раздел 8 Радиорелейные линии связи прямой видимости.	Экзамен
Раздел 9 Оборудование цифровых радиорелейных линий связи	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 10 Основы проектирования радиорелейных линий связи прямой видимости.	Экзамен Практическая работа
Раздел 11 Спутниковые системы связи.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 12 Существующие системы космической связи.	Экзамен Лабораторная работа
Раздел 13 Проектирование систем спутниковой связи.	Экзамен

3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи

Знает:

- принципы построения и работы сетей связи, а также состав станционного оборудования;

- стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети связи;

- Законодательство Российской Федерации в области связи;

- принципы работы и архитектуру различных инфокоммуникационных систем.

Умеет:

-использовать типовую схему измерения коэффициента усиления антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;

- использовать типовую схему измерения коэффициента стоячей волны антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;

- использовать типовую схему измерения диаграммы направленности антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;

- выполнять расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций;

- настраивать схемы резервирования оборудования РРЛ;

- выполнять частотно территориальное планирование сетей связи.

Владеет:

- методом измерения коэффициента усиления антенны РРЛ;

- методом измерения коэффициента стоячей волны антенны РРЛ;

- методом измерения диаграммы направленности антенны РРЛ.

Тема для дискуссии: *Выбор оптимальной схемы выпрямителя.*

Практическая работа по теме «Расчет коэффициента неготовности интервала ЦРРЛ, обусловленного показателями надежности аппаратуры»

1 Задание:

1.1 Рассчитать коэффициент неготовности интервала согласно своему варианту.

2 Исходные данные:

2.1 Таблица 2.1 - Предельно нормируемые значения для построения и реконструкции ЦРРЛ

№ варианта	Участок ВСС России	Длина эталонного участка, *L км*	Коэффициент неготовности $K_{нег}$, %	SESR, %	Тип резервирования	Кол-во станций
1	Сеть доступа	До 50 км	0,1	0.015	1+0	2
2	Местная сеть	51-100	0,1	0.015	1+0	4
3	Внутризоновая сеть	101-600	0,1	0.025	1+0	6

4	Магистральная сеть	601-2500	0,3	0.054	1+0	10
5	Междугородний участок	2501-12500	1,5	0.07	1+0	25
6	Сеть доступа	До 50 км	0,1	0.015	1+1	2
7	Местная сеть	51-100	0,1	0.015	1+1	4
8	Внутризоновая сеть	101-600	0,1	0.025	1+1	6
9	Магистральная сеть	601-2500	0,3	0.054	1+1	10
10	Междугородний участок	2501-12500	1,5	0.07	1+1	25

Показатели надежности оборудования должны приводиться производителем на конкретное устройство. В рамках работы можно воспользоваться типовыми значениями, приведенными в таблице 2.2

Таблица 2.2– Показатели надежности оборудования

Блок	Наработка на отказ, ч	время восстановления работоспособности узла, ч. $T_{в1гр1}$, $T_{в2гр2}$	Резервирование
Антенна	$T_{АНТ} = 3{,}5 \times 10^6$	Гр1, 12ч	Не резервируемое (НРБ)
Кабель	$T_{КАБ} = 1{,}5 \times 10^6$	Гр1, 12ч	Не резервируемое
РОС	$T_{РОС} = 2 \times 10^6$	Гр1, 12ч	Не резервируемое
Передатчик	$T_{ПРД} = 2{,}5 \times 10^6$	Гр1, 12ч	Резервируемое (РБ)
Приемник	$T_{ПРМ} = 2{,}5 \times 10^6$	Гр1, 12ч	Резервируемое
БКР	$T_{БКР} = 1{,}5 \times 10^6$	Гр1, 12ч	Не резервируемое
Скремблер	$T_{СК} = 2 \times 10^6$	Гр2, 5ч	Не резервируемое
Модулятор	$T_{МД} = 3{,}5 \times 10^5$	Гр2, 5ч	Резервируемое
Демодулятор	$T_{ДМ} = 3 \times 10^5$	Гр2, 5ч	Резервируемое
УСИЛИТЕЛЬ	$T_{УСИЛ} = 5 \times 10^5$	Гр2, 5ч	Резервируемое
Mux/Demux	$T_{Mux/Demux} = 5 \times 10^5$	Гр2, 5ч	Не резервируемое
Дескремблер	$T_{ДСК} = 7 \times 10^5$	Гр2, 5ч	Не резервируемое

РОС - устройство разделения и объединения радиостволов по СВЧ;

БКР – блок коммутации режимов (является связующим звеном между аппаратурой уплотнения и аппаратурой ВЧ ствола, в том числе управляет резервированием).

2.2 Расчет коэффициента аппаратурной неготовности интервала ЦРРЛ без применения резервирования (конфигурация 1+0)

Расчет проводится в порядке, указанном ниже.

2.2.1 Определяются значения T и T_B всех узлов каждой из двух ЦРРС. (T - среднее время наработки на отказ узла, ч; T_B- среднее время восстановления работоспособности узла, ч.)

2.2.2 В зависимости от конструктивного оформления радиорелейного оборудования распределяют узлы ЦРРС1 по двум группам: Гр1 — узлов, работающих вне помещения (на открытом воздухе), и Гр2 — узлов, работающих в помещении (аппаратной). Оценивают значения Гв1 для каждой группы ($T_{в1гр1}$ и $T_{в2гр2}$). Проводят аналогичные действия для ЦРРС2.

2.2.3 Рассчитывают наработку на отказ узлов, входящих в каждую группу:

$$T_{ГР_1} = (T_1^{-1} + T_2^{-1} + \cdots T_n^{-1})^{-1}, \tag{2.1}$$

$$T_{ГР_2} = (T_1^{-1} + T_2^{-1} + \cdots T_n^{-1})^{-1} \tag{2.2}$$

где T_i - средняя наработка на отказ узла 1 или 2 группы.$i=1,2.....n$

2.2.4 Для ЦРРС1 рассчитывают коэффициент аппаратурной неготовности для каждой группы с учетом своего значения $T_{в1гр1}$:

$$K_{нег.апп1} = \frac{T_{в1гр1}}{T_{ГР_1}}, \tag{2.3}$$

$$K_{нег.апп2} = \frac{T_{в2гр2}}{T_{ГР_2}} \tag{2.4}$$

2.2.5 Вычисляют значение $K_{нег.апп}$ для ЦРРС1:

$$K_{нег.апп(ЦРРС1)} = K_{нег.апп1} + K_{нег.апп2} \tag{2.5}$$

2.2.6 Выполняя действия аналогично 2.1.3—2.1.5, вычисляют значение $K_{нег.апп}$ для ЦРРС2. В данном случае $K_{нег.апп}$ для ЦРРС1 можно принять равным $K_{нег.апп}$ для ЦРРС2.

2.2.7 Рассчитывают значение коэффициента аппаратурной неготовности интервала ЦРРЛ:

$$K_{нег.апп} = K_{нег.апп(ЦРРС1)} + K_{нег.апп(ЦРРС2)} \tag{2.6}$$

2.3 Расчет коэффициента аппаратурной неготовности интервала ЦРРЛ без применения резервирования (конфигурация 1+1)

Расчет проводят в порядке, указанном ниже.

2.3.1 Выполняют действия по 2.1.1 2.1.3

2.3.2 Распределяют узлы по категориям, входящие в Гр1 и Гр2, по категориям:

1 — не резервируемые узлы — НРБ;

2 — резервируемые узлы — РБ.

2.3.3 Для каждой группы и категории узлов ЦРРС1 рассчитывают наработку на отказ:

$$T_{(НРБ)гр_j} = (T_1^{-1} + T_2^{-1} + \cdots T_j^{-1})^{-1} \tag{2.7}$$

$$T_{(РБ)гр_j} = (T_1^{-1} + T_2^{-1} + \cdots T_j^{-1})^{-1} \quad (2.8)$$

2.3.5 Для ЦРРС1 рассчитывают значение коэффициента аппаратурной неготовности:

- для группы узлов Гр1 (работающих вне помещений):

$$K_{нег.апп(НРБ)} = \frac{T_{в1гр1}}{T_{(НРБ)гр1}} \quad (2.9)$$

$$K_{нег.апп(РБ)} = \frac{T_{в1гр1}}{T_{(РБ)гр1}} \quad (2.10)$$

- для группы узлов Гр2 (работающих в помещениях):

$$K_{нег.апп(НРБ)} = \frac{T_{в1гр2}}{T_{(НРБ)гр2}} \quad (2.11)$$

$$K_{нег.апп(РБ)} = \frac{T_{в1гр2}}{T_{(РБ)гр2}} \quad (2.12)$$

2.3.6 Для ЦРРС1 рассчитывают коэффициент аппаратурной неготовности с учетом работы системы резервирования:

$$K_{нег.апп(ЦРРС1)} = K_{нег.апп1(НРБ)} + K_{нег.апп2(НРБ)} + \left(K_{нег.апп1(РБ)} + K_{нег.апп2(РБ)}\right)^2 \quad (2.13)$$

2.3.7 Выполняя действия аналогично 2.2.3—2.2.5, вычисляют значение коэффициента аппаратурной неготовности для ЦРРС2.

2.3.8 По формуле (9) рассчитывают значение коэффициента аппаратурной неготовности интервала ЦРРЛ

2.4 Расчет полного коэффициента аппаратурной неготовности

Вычисляют общий коэффициента аппаратурной неготовности путем умножения количества интервалов на коэффициент аппаратурной неготовности одного интервала:

$$K_{нег.апп_РРЛ} = K_{нег.апп} \times \mathrm{N}_{инт} \times 100\% \qquad (2.14)$$

Полученное значение не должно превышать величину приведенную в приложении в таблица 2 - Предельно нормируемые значения для построения и реконструкции ЦРРЛ.

Лабораторная работа по теме «*Исследование принципов работы глобальных систем спутникового позиционирования GPS и ГЛОНАСС*»

1. Цель работы:

1.1 Ознакомление с лабораторным стендом.

1.2 Приобретение навыков по включению, настройке и применению лабораторного стенда.

2 Литература:

1. Маглицкий, Б. Н. Спутниковые и радиорелейные системы связи : учебное пособие / Б. Н. Маглицкий. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2019. — 184 c. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/102137.html (дата обращения: 06.06.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Жуковский, А. Г. Спутниковые и радиорелейные системы передачи : учебное пособие / А. Г. Жуковский. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 249 c. — ISBN 978-5-4497-1710-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/122226.html (дата обращения: 26.07.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Порядок выполнения работы:

3.1 Ознакомление с техническим описанием лабораторного стенда.

3.2 Сборка лабораторного комплекта по определению местоположения с помощью лабораторного стенда.

4. Теоретическая часть

Стенд предназначен для проведения лабораторно-практических работ по изучению систем спутниковой навигации. Стенд позволяет: изучить основные принципы работы систем спутникового позиционирования, выявить преимущества и недостатки систем ГЛОНАСС и GPS, произвести их сравнительный анализ, получить навыки в низкоуровневом программировании чипа приёмника сигналов со спутников, изучить режимы энергопотребления модуля приёмника, изучить влияния внешних факторов на качество приема и точность определения координат.

Внешний вид лабораторного стенда «Система спутниковой навигации» представлен на рис. 1.

Рисунок 5.1 - Стенд «Система спутниковой навигации»

Элементы стенда: 1. Индикатор питания стенда; 2. Кнопка включения питания стенда; 3. Индикатор питания приемника; 4. Сенсор включения питания приемника; 5. Сенсор переключения направления передачи данных; 6. Светодиод «Активна передача данных на ПК»; 7. Светодиод «Активна передача данных на дисплей»; 8. Информационный дисплей; 9. Сенсор листания данных дисплея назад; 10. Сенсор листания данных дисплея вперед; 11. Мнемограмма, отражающая назначение основных выводов приемника GPS-сигнала; 12. Светодиод «Идет передача данных»; 13. Светодиод «Идет прием данных»; 14. Светодиод метки времени.

Индикатор процесса заряда аккумулятора расположен на боковой стенке справой стороны.

Назначение элементов расположенных на задней стенке стенда представлено на рис. 2.

Рисунок 5.2 - Внешний вид задней стенки стенда

На задней стенке лабораторного стенда установлены следующие элемент (см. рис. 2): 1. USB-разъем получения данных; 2. USB-разъем программирована приемника; 3. Разъем подключения антенны; 4. Кнопка перезагрузки приемнике RESET.

С помощью данного лабораторного стенда можно проводить занятия по следующим темам:

1. Изучение основных принципов работы глобальных систем позиционирования.
2. NMEA-протокол. Особенности работы, назначение различных посылок. Посылки GGA, GSA, GSV, RMC, VTG.

3. Команды управления приемником. Включение и выключение некоторых типов посылок. Использование модуля для генерации сигналов точного времени.

4. Установление соединения со спутниками. Виды стартов, способы ускорения запуска модуля. Эфемериды, альманахи.

5. Изучение факторов, влияющих на точность приема. Различные типы антенн влияние зданий и помех, влияющих на качество приема. Изучение технологий HDOP, PDOP, VDOP. Изучение факторов, влияющих на отношения сигнал/шум».

6. Изучение технологии составления маршрутов, работа приемника в качестве трекера.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИЗДЕЛИЯ

Лабораторный стенд может эксплуатироваться как в автономном, портативном режиме с выводом информации на встроенный дисплей, так и в комплексе с ПК с использованием специального ПО.

Для включения лабораторного модуля нажмите кнопку «Питание модуля». Для включения GPS-приемника, коснитесь на 2 с сенсора «Питание приемника». Сенсор «Вывод данных» позволяет переключать направление передачи данных: на встроенный дисплей или на компьютер, подключенный к модулю.

На встроенной дисплее отображается вся необходимая информация:

1) Вывод: Дисплей. Аккумулятор: 50%» - направление вывода данных (дисплей) и уровень заряда аккумулятора в процентах (50%);

2) U, I приемника: 3.28V 96.8тА» - напряжение питания приемника (3,28 Вольт) и потребляемый ток (96,8 мА);

3) Дата: 15.12.14. Время: 09:05:18» - полученные со спутников дата (15.12.14) и время (09:05:18);

4) 55°30'19" N. $49^0$31'15" E» - координаты местоположения антенны приемника (55 градусов 30 минут 19 секунд северной широты, 49 градусов 31 минута 15 секунд восточной долготы;

5) 01/07-N15 24 dB. 06° 041°» - порядковый номер спутника (01) общее число активных спутников (07), собственный номер спутника в группировке (15), отношение сигнал/шум для данного спутника 24 dB), вертикальный угол направления на спутник (20°), азимутальный угол направления на спутник (064°).

Информация аналогичная пп.5 для каждого следующего активного спутника.

Перечисленные окна перелистываются последовательно по возрастанию и убыванию сенсорами расположенными справа и слева от дисплея.Светодиоды «Передача» и «Прием» отображают наличие сигналов в соответствующих линиях. Светодиодная подсветка «Сигнал метки времени» индицирует импульсы PPS.

Подключение внешней антенны осуществляется через соответствующий разъем на задней панели стенда. Передача данных на ПК возможна при подключении стенда к компьютеру через разъем «USB NMEA». Программирование приемника осуществляется через подключение модуля к компьютеру через разъем «USB ПРОГ». Для случаев «зависания» приемника предусмотрена заглубленная кнопка аппаратного сброса приемника на задней панели модуля.

Зарядка встроенного аккумулятора осуществляется как от зарядного устройства, поставляемого в комплекте, так и от ПК при подключенном к разъему «USB NMEA» USB-кабеле. Индикатор процесса заряда аккумулятора расположен на боковой стенке справой стороны.

Первые системы глобального позиционирования GPS (Global Positioning System) разрабатывались исключительно для военных целей. Глобальная навигационная система GPS предназначена для передачи навигационных сигналов, которые смогут одновременно

приниматься во всех регионах мира. Инициатором создания GPS-системы стало Министерство Обороны США. Ее разработка началась в 1973 г. Проект создания спутниковой сети для определения координат в режиме реального времени в любой точке земного шара был назван NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System навигационная система определения времени и дальности). Первая орбитальная группировка системы разворачивалась с 1989 по 1994 г. На орбиту были выведены 24 навигационных спутника Block II. Окончательно GPS-система была введена в эксплуатацию в 1995 г.

Состав GPS-системы

В состав GPS-системы входят три основных сегмента: космический, наземный и пользовательский. Космический сегмент состоит из 28 автономных спутников, равномерно распределенных по орбитам с высотой 20350 км (для полнофункциональной работы системы достаточно 24 спутников). На рис. 3 показана космическая подсистема GPS.

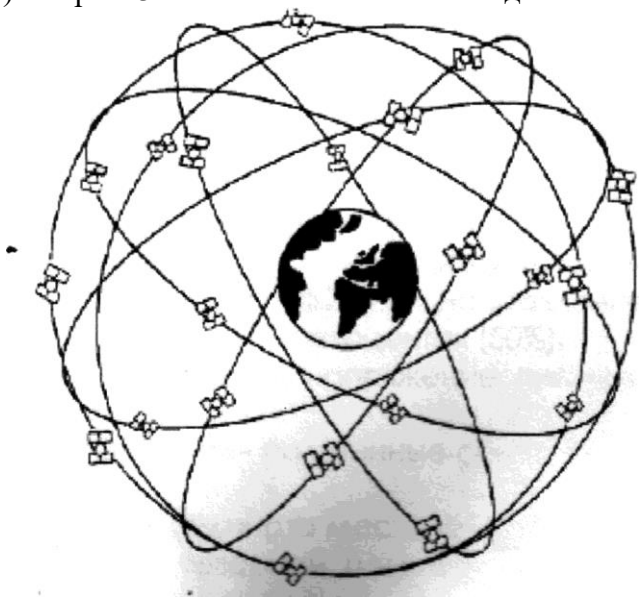


Рисунок 5.3 - Космическая подсистема GPS

Спутники в системе GPS движутся в шести орбитальных плоскостях, сдвинутых друг относительно друга по прямому восхождению восходящего узла на 60° I Наклонение плоскостей орбит к плоскости экватора 55°. Орбиты близкие к круговым. Средняя высота орбит 20189км. В каждой орбитальной плоскости располагается 4 спутника. Период обращения спутников 11 часов 57 минут 59.2 сек (половина звездных суток).

На рис. 4 показана подсистема КА ГЛОНАСС. Спутники в системе ГЛОНАСС движутся в трех орбитальных плоскостях, сдвинутых друг относительно друга по прямому восхождению восходящего узла на 120° Наклонение плоскостей орбит к плоскости экватора 64.8°±0.3°. Орбиты близкие к круговым. Средняя высота орбит 19100 км. В каждой орбитальной плоскости равномерно располагается 8 спутников. Период обращения спутников 11 часов 15 минут 44±5 сек.

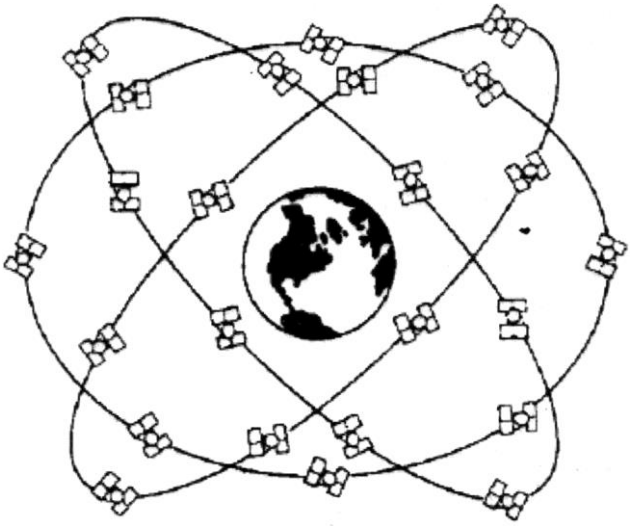


Рисунок 5.4 - Подсистема КА ГЛОНАСС

На каждом спутнике установлены атомные часы, периодически синхронизируемые по командам с Земли. Часы каждого спутника синхронизируют излучение со спутника специального кодового сигнала. Перед излучением кодовые сигналы на спутниках модулируются сообщениями о траекториях движения спутников и параметрах моделей смещения шкал времени спутников относительно шкалы системы. Такие сообщения принято называть навигационными. Структура сигналов, излучаемых разными спутниками, такова, что приемник имеет возможность разделять эти сигналы, оценивать их параметры и выделять навигационные сообщения независимо друг от друга. Подсистема управления занимается определением траекторий движения и параметров моделей смещения шкал времени спутников относительно шкалы системы. Сведения о спутниковых траекториях и параметрах моделей смещения шкал времени спутников по специальной радиолинии передаются на спутники и там используются для формирования навигационных сообщений.

Каждый спутник излучает на 2 частотах специальный навигационный сигнал, в котором зашифровано 2 вида кода. Один из них доступен лишь немногим пользователям, среди которых, конечно же, военные и федеральные службы США. Кроме этих 2 сигналов, спутник излучает и третий, информирующий пользователя о дополнительных параметрах (состоянии спутника, его работоспособности и др.). Параметры орбит спутников периодически контролируются сетью наземных станций слежения (всего 5 станций, находящихся в тропических широтах), с помощью которых (не реже 1-2 раз в сутки): вычисляются баллистические характеристики, регистрируются отклонения спутников от расчетных траекторий движения, определяется собственное время бортовых часов спутников, осуществляется мониторинг исправности навигационной аппаратуры и др. Третий сегмент GPS-системы это GPS-приемники, выпускаемые и как самостоятельные приборы, и как платы для подключения к ПК, бортовым компьютерам и другим аппаратам.

Основные возможности GPS-системы (при наличии приемника GPS- сигнала):

- определение местонахождения мобильного абонента;
- определение наиболее короткого и удобного пути до пункта назначения;
- определение обратного маршрута;
- определение скорости движения (максимальной, минимальной, средней);
- определение времени в пути (прошедшего и сколько потребуется еще) и др.

Основы функционирования GPS-системы

Теория дальнометрии основана на вычислении расстояния распространения радиосигнала от спутника к приемнику по временной задержке. Если знать время распространения радиосигнала, то пройденный им путь легко вычислить, умножив время распространения радиосигнала на скорость света.

Каждый спутник GPS-системы непрерывно генерирует радиоволны 2 частот (L1 =1575.42 МГц и L2=1227.60 МГц). Навигационный сигнал представляет собой фазоманипулированный псевдослучайный PRN-код (Pseudo Random Number code). PRN-код бывает 2 типов. Первый C/A-код (Coarse Acquisition code грубый код) используется в гражданских приемниках. Он позволяет получать лишь приблизительную оценку местоположения, поэтому и называется грубым кодом. C/A-код передается на частоте L1 с использованием фазовой манипуляции псевдослучайной последовательности длиной 1023 символа. Защита от ошибок обеспечивается посредством кода Гоулда. Период повторения C/A-кода 1 мс. Другой код P (precision code точный код) обеспечивает более точное вычисление координат, но доступ к нему ограничен. В основном, P-код предоставляется военным и (иногда) федеральным службам США (например, для решения задач геодезии и картографии). Этот код передается на частоте L2 с применением сверхдлинной псевдослучайной последовательности с периодом повторения 267 дней. Этот код доступен в принципе и гражданским лицам. Но алгоритм его обработки гораздо более сложен, поэтому и аппаратура стоит дороже. В свою очередь, частота L1 модулируется как C/A, так и P-кодом. В сигнале GPS может присутствовать и так называемый Y-код, являющийся зашифрованной версией P- кода (в военное время система шифровки может меняться).Кроме навигационных сигналов, спутник непрерывно передает различного **рода** служебную информацию. Пользователь GPS-приемника информируется о состоянии спутника и его параметрах: системном времени; эфемеридах (точных **данных** об орбите спутника); прогнозируемом времени задержки распространения радиосигнала в ионосфере (т. к. скорость света меняется при прохождении разных слоев атмосферы), работоспособности спутника (в так называемом альманахе содержатся обновляемые каждые 12.5 мин сведения о состоянии и орбитах всех спутников). Эти данные (длиной 1500 бит) передаются со скоростью 50 бит/с на частотах L1 или L2.

У каждого GPS-приемника есть собственный генератор, работающий на той же частоте и модулирующий сигнал по тому же закону, что и генератор спутника. Таким образом, по времени задержки между одинаковыми участками кода, принятого со спутника и сгенерированного самостоятельно, можно вычислить время распространения сигнала, а, следовательно, и расстояние до спутника. Одной из основных технических проблем описанного выше метода является синхронизация часов на GPS-спутнике и в GPS-приемнике. Даже минимальная погрешность может привести к огромной ошибке в определении расстояния. Следует сказать, что на каждом GPS-спутнике смонтированы высокоточные атомные часы. Естественно, что в каждом GPS-приемнике такие часы установить невозможно. Поэтому для коррекции ошибок в определении координат из-за погрешностей часов, встроенных в GPS-приемник, применяется некоторая избыточность в данных, необходимых для однозначной привязки к местности.

Определение координат с помощью GPS-системы

В основе определения координат GPS-приемника лежит вычисление расстояния от него до нескольких спутников, расположение которых считается $_q$ известным (эти данные находятся в принятом с GPS-спутника альманахе). Метод i Вычисления положения объекта по измерению его удаленности от точек с $_v$ заданными координатами называется трилатерацией (рис. 5).

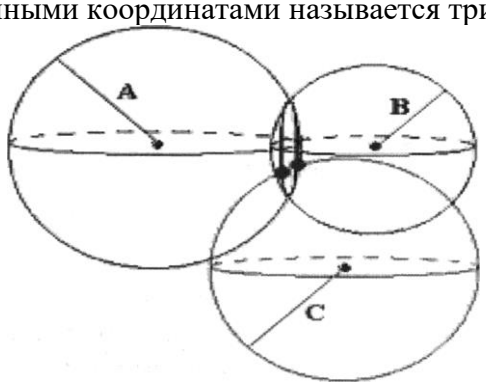


Рисунок 5.5- Трилатерация

Если известно расстояние А до одного спутника, то координаты приемника определить нельзя (он может находиться в любой точке сферы радиусом А, описанной вокруг спутника). Пусть известна удаленность В приемника от второго $_t$ спутника. В этом случае определение координат также не представляется возможным объект находится на окружности, которая является пересечением двух сфер. Расстояние С до третьего спутника сокращает неопределенность в координатах до двух точек (обозначены двумя жирными точками на рис. 1.4). Этого **уже** достаточно для однозначного определения координат дело в том, что из двух возможных точек расположения приемника лишь одна находится на поверхности Земли (или в непосредственной близости от нее), а вторая, ложная, оказывается либо глубоко внутри Земли, либо очень высоко над ее поверхностью. Таким образом, для трехмерной навигации теоретически достаточно знать расстояния от ! приемника до 3 спутников.

Приведенные выше рассуждения рассматривались для случая, когда расстояния от точки наблюдения до спутников были известны с абсолютной точностью. Разумеется, на практике всегда есть некоторая погрешность измерений - невязка. Например, из-за неточной синхронизации часов приемника и спутника, зависимости скорости света от состояния атмосферы и др. Поэтому I для определения трехмерных координат GPS-приемника используются не 3, а, как минимум, 4 спутника. Получив сигнал от 4 (или более) спутников, GPS-приемник ищет точку пересечения соответствующих сфер. Если такой точки нет, процессор GPS-приемника начинает методом последовательных приближений корректировать свои часы до тех пор, пока не добьется пересечения всех сфер в одной точке.

Координаты подвижного абонента определяются с помощью стандартного навигационного GPS-приемника, встроенного в терминал пользователя. Навигационный приемник сигналов для системы GPS состоит из приемного модуля и малогабаритной антенны с малошумным усилителем. Приемный модуль выпускается как в виде автономного устройства со встроенными источниками питания, так и в виде отдельной платы, встраиваемой в абонентский терминал.

Устройство, как правило, использует собственную миниатюрную антенну и автономно вычисляет географические координаты и всемирное время (UTC) по навигационным сигналам. GPS-приемники чаще всего применяются, если необходимо получить высокую точность координат (погрешность не более 100 м). Захватив сигнал, навигационный приемник автоматически вычисляет координаты объекта, скорость сигнала и всемирное время, и формирует отчет. Сведения о местонахождении объекта передаются по спутниковым каналам связи в диспетчерский пункт. Навигационные устройства могут различаться по количеству каналов приема, скорости обновления данных, времени вычислений, точности и надежности определения координат.

Современные GPS-приемники обычно оснащены несколькими десятками каналов, что позволяет отслеживать, практически, все навигационные спутники, находящиеся в зоне радиовидимости объекта. Если каналов меньше, чем наблюдаемых спутников, автоматически выбирается наиболее оптимальное сочетание спутников. Скорость обновления навигационных данных 1 с. Время | обнаружения зависит от числа одновременно наблюдаемых спутников и режима ! определения местоположения. Определение навигационных параметров может производиться в двух режимах 2D (двумерном) и 3D (пространственном). В режиме 2D устанавливаются широта и долгота (высота считается известной). При этом достаточно присутствия в зоне радиовидимости 3 спутников. Время определения координат в режиме 2D обычно не превышает 2 мин. Для определения пространственных координат в режиме 3D требуется, чтобы в соответствующей зоне находились не менее 4 спутников.

По сигналам от четырех спутников - выбранных определенным образом - наблюдатель, снабженный приемником сигналов, рассчитывает свое положение. Инструмент навигации в распоряжении наблюдателя - приемник сигналов, излучаемых спутниками системы GPS. Имея точные часы, показывающие мировое (UCT), наблюдатель мог бы немедленно рассчитать время распространения сигналов от соответствующих спутников. Радиосигналы распространяются со скоростью света, поэтому по времени распространения немедленно вычисляются и расстояния

до спутников. Затем мировые координаты наблюдателя находятся с помощью решения тригонометрической задачи. В трехмерном пространстве задача определения координат точки по заданным расстояниям до трех опорных точек, не лежащих на одной прямой, имеет два решения (которые в вырожденных случаях сливаются в одно), либо не имеет решения вообще (нереальные исходные данные). На практике трилатерации по спутникам, одно из двух получаемых решений отбрасывается по начальным условиям. Мы говорим о трилатерации, а не о триангуляции, поскольку исходные t данные имеют линейные, а не угловые измерения. Точность часов, используемых 1 для определения расстояния с помощью измерения времени распространения радиосигналов, должна быть очень высокой ввиду большой скорости [распространения радиосигналов. Ошибка определения времени в 1 микросекунду приводит к ошибке определения расстояния в 300 метров. Для определения времени на спутниках GPS установлены атомные часы стоимостью более 100 000 тыс. долларов за прибор (для повышения надежности на каждом спутнике установлено по 4 экземпляра таких часов). Использование столь же уточных часов в каждом приемнике GPS нереально. Поэтому для определения координат по спутникам GPS используют сигналы от 4-х спутников, что дает четыре 1уравнения для определения 4-х неизвестных - трех пространственных координат приемника и момента времени получения сигналов.

Пользовательский сегмент системы глобальной навигации

Приемник GPS содержит процессор сигналов, который выделяет необходимую информацию из закодированного сигнала, принятого с орбиты, и микрокомпьютер, который вычисляет поправки на задержку сигнала в ионосфере релятивистские эффекты. В памяти микрокомпьютера хранится информация о параметрах спутниковых орбит, земной атмосфере и форме поверхности I земного геоида. Мы рассмотрим только геометрическую сторону задачи - определение координат и времени по сигналам точного времени, полученным с I четырех спутников, совместно с информацией о положении спутника на момент I излучения сигнала. Аналитическое решение тригонометрической задачи приводит к системе четырех уравнений для четырех величин - трех координат приемника и времени приема сигнала, причем уравнения нелинейные. Задача может быть решена методом последовательных приближений. Замеры производятся [1] достаточно часто, а скорость движения приемника невелика. Поэтому логическому устройству приходится потрудиться только в стадии начальной инициализации при запуске системы. Дальнейшие определения положения производится «в одно касание», как мы увидим в ходе выполнения этой работы.

Имеем 4 спутника, нумерация которых начинается с нулевого. Координаты спутников:

S0x, S0y, S0z Six, Sly, SIz S2x, S2y, S2z S3x, S3y, S3z

Координаты GPS-приемника: Rx, Ry, Rz.

Расстояния от спутников до приемника:

R0=V[(S0x-Rx) 2+ (SOx-Rx) 2+ (SOx-Rx) 2]

R1 = V[(S1 x-Rx) 2+(S1 x-Rx) 2+(S1 x-Rx) 2]

R2=V[(S2x-Rx) 2+ (S2x-Rx) 2+ (S2x-Rx) 2]

R3=V[(S3x-Rx) 2+ (S3x-Rx)2+ (S3x-Rx) 2]

Введем величины Pi, соответствующие расстоянию от спутника до приемника, вычисленному как произведение времени распространения сигнала от спутника до приемника на скорость распространения (скорость света), причем момент получения сигнала берется по часам приемника до внесения коррекции в показания часов на основании этих вычислений. В терминологии GPS эти величины называются псевдодальности (pseudoranges).

Массив Li определяется как разница между соответствующими вычисляемыми по координатам расстояниями и псевдодальностями (вычисляемыми по времени распространения):

Li= Ri - Pi

Полные производные Li по времени могут быть выражены через производные по направлениям:

d(Li)/dt=d(Li)/dRx*d(Rx)/dt+d(Li)/dRy*d(Ry)/dt+d(Li)/dRz»d(Rz)/dt-d(Pi)/dt 5(Li)/dRx= -

(SOx—Rx)/Ri; 3(Li)/5Ry= - (S0y-Ry)/Ri; d(Li)/dRy= - (SOy—Ry)/Ri; -<9(Pi)/dt=l

Скорость света c=1, частные производные d(Li)/dRx, ... по координатам приемника обозначаем Dxi, Dyi, Dzi, и Dti (Dti=-1). Эти коэффициенты составляют матрицу: A= I I

| DxO DyO DzO DtO |

I Dxl Dyl Dzl Dtl |

| Dx2 Dy2 Dz2 Dt2 |

| Dx3 Dy3 Dz3 Dt3 |

Полная производная величин Li по времени, умноженная на уход часов, дает величину собственно Li (в предположении их малости): d(Li)/dt • At = Li, а d(R)/dt • At = AR, где AR - вектор пространственного смещения положения приемника, соответствующего заданному уходу часов приемника, дополненный четвертой компонентой - значением ухода часов приемника. Выраженное через частные производные по направлениям и времени, это соотношение приводит к уравнению A»AR = L, которое немедленно приводит нас к решению, дающему первую итерацию определения положения приемника и коррекции его часов: AR = A-1-L.

Внутренняя структура навигационного приемника

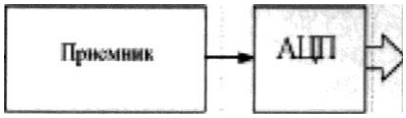
PPS (Pulse Per Second) - это сигнал точной временной синхронизации приемника или секундная метка (1PPS) - импульсный сигнал прямоугольной формы, полярность положительная, период повторения 1 с, длительностью 2 мкс, амплитуда 3,0 ± 0,5 В, сопротивление входа/выхода 50 Ом.

Маркер события (Event Marker) - позволяет сохранить в памяти приемника точное время и координаты наступления некого события, связанного с устройством, подключенным к этому входу. Например, момент срабатывания затвора камеры будет точно привязан ко времени и координатам, когда был сделан снимок. Применяется широко в аэрофотосъемке и в других приложениях, требующих регистрации события.

RTCM, CMR, CMR+, NMEA, JPS - стандарты отображения и представления информации, используемой при различных методах позиционирования.

Независимо от типа системы (GPS/ГЛОНАСС) и частотного диапазона (L1/L2 и др.), в структуре навигационного приемника можно выделить два основных **модуля:** радиочастотный блок и цифровой вычислитель (рис. 6)

Рисунок 5.6 - Упрощенная структурная схема навигационного приемника



Радиочастотный блок состоит из преселектора, представляющего собой малошумящий усилитель, совмещенный конструктивно с антенной, и приемника, **размещаемого** на одной печатной плате с цифровым вычислителем. Цифровой **вычислитель,** в свою очередь, состоит из заказной интегральной микросхемы **(ASIC),** на которой построены корреляторы и процессора, в котором собственно **решается** навигационная задача и формируются управляющие сигналы для ASIC.

5. Практическая часть

1. Внимательно ознакомьтесь с описанием стенда и назначением органов управления.

Включите стенд. Поменяйте направление передачи данных, пролистайте окна на встроенном дисплее.

Подключите модуль к компьютеру. Запустите сервисную программу. Просмотрите закладки и пункты меню.

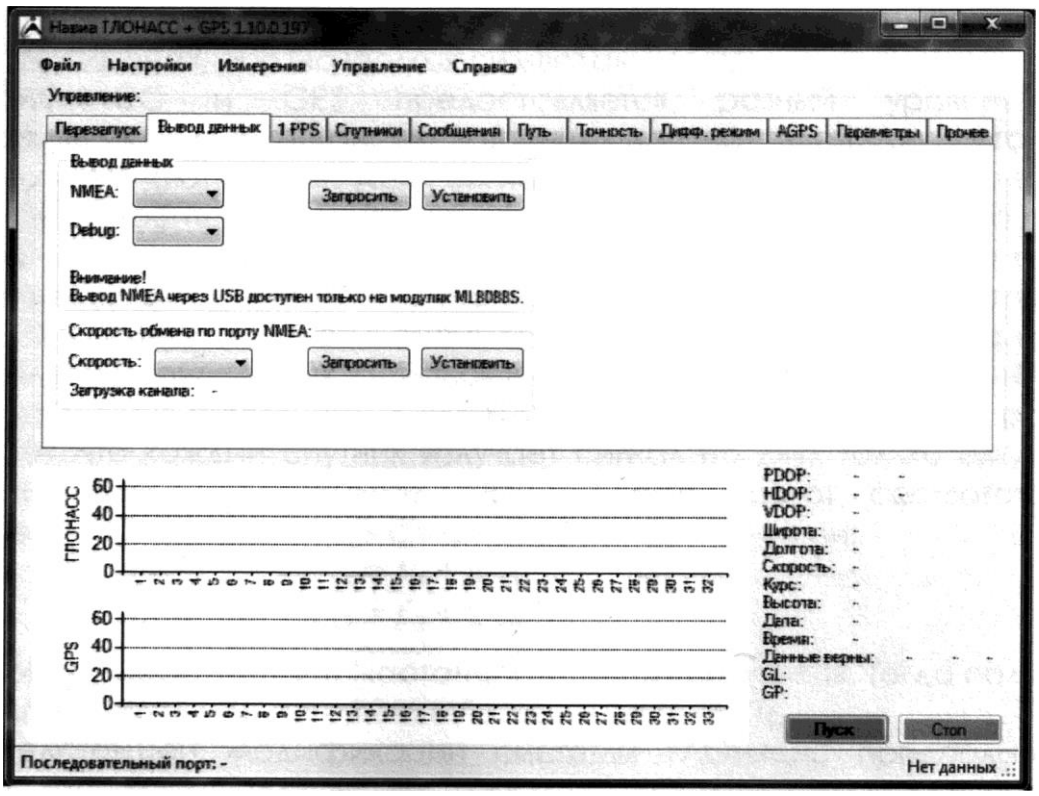


Рисунок 5.7. Внешний вид сервисной программы

Объясните, что отображается на экране дисплея и компьютера.

5. Контрольные вопросы

5.1 Какую информацию передают спутники позиционирования?

5.2 Сколько приемников может обслуживать каждый спутник?

5.3 Как происходит вычисление координат?

5.4 Что такое «маркер событий»?

ПК-8 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему

Знает:

- определения и типы радиорелейных линий;

- состав оборудования магистральных, внутризоновых и местных РРЛ;

- типы радиорелейных станций;

- соединительные линии линейных трактов РРЛ и телевидения.

Умеет:

- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в спектре радиорелейного стола;

- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в телевизионном стволе;

- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания по отдельному стволу служебной связи.

Владеет:

- методикой нормирования каналов передачи телевизионного вещания по РРЛ произвольной структуры и протяженности;

- методикой нормирования аналоговых и цифровых РРЛ;

- методикой нормирования каналов служебной связи.

Практическая работа по теме *«Построение профиля интервала, определение высот подвеса антенн»*

Задание:

1 Построить профиль интервала, исходя из таблицы 1.

2 Рассчитать просвет в свободном пространстве Н0.

3 Рассчитать приращение просвета ΔН ($\overline{g}$).

4 Выбрать реальный просвет Н.

5 Определить высоту подвеса антенн по чертежу профиля интервала, рассчитать относительный просвет Р ($\overline{g}$).

Исходные данные:

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Высотные отметки точек профиля интервала *y (Ki)*, м

Вариант (последняя цифра номера)	Относительная координата $K_i = \frac{R_i}{R_0}$										
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0	74	56	35	20	26	44	52	57	59	38	60
1	74	63	90	89	86	72	55	60	77	91	105
2	74	59	85	86	85	78	61	54	67	84	80
3	72	52	70	79	78	77	73	60	53	69	90
4	74	50	61	74	74	74	74	65	32	61	85
5	73	63	75	75	75	86	57	52	57	67	68
6	74	50	50	66	70	70	71	68	54	54	80
7	74	51	41	55	64	65	67	68	57	48	75
8	71	53	55	35	41	55	60	62	66	59	70
9	74	55	33	28	42	54	57	61	60	40	65

Методические рекомендации:

Для построения профиля интервала необходимо рассчитать линию условного нулевого уровня (ЛУНУ) по формуле:

$$y_i = \frac{R_0^2}{2a} * K_i(1 - K_i) * 10^3, \qquad (1)$$

где *R0* - взять из таблицы 1 практического занятия 2;

a - радиус Земли 6370 см.

Для построения необходимо выбрать масштаб, как правило, это 2 км в 1 см по горизонтали и 5 мм в 1 см по вертикали.

Построив ЛУНУ, от нее вверх отложить y (или от горизонтальной оси $y_i+y_{луну}$).

Соединить полученные точки ломанной линией (профиль интервала построен).

Найти относительную координату наивысшей точки K_{max}.

Определить просвет интервала для случая свободного пространства:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3}\lambda R_0 K_{\max}\left(1 - K_{\max}\right)}, \text{ м}, \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{300}{f_0}, \text{ м}, \quad (3)$$

где f0 - частота в МГц (см. таблицу 1 практического занятия 1).

Определить приращение просвета за счет положительной рефракции для 50% рабочего времени:

$$\Delta H_{(\bar{g})} = -\frac{R_0^2}{4} * \bar{g} * K_{\max}\left(1 - K_{\max}\right), \quad (4)$$

где $\bar{g}$ - вертикальный градиент из таблицы 1 практического занятия 2.

Реальный просвет выбрать в пределах:

$$H = (1 \div 1{,}8)H_0 - \Delta H_{(\bar{g})}. \quad (5)$$

Выбранную величину Н отложить вертикально вверх и провести линию так, чтобы высоты подвеса антенн были примерно равны. Найти их величины, исходя из масштаба.

Определить относительный просвет:

$$P_{(\bar{g})} = \frac{H + \Delta H_{(\bar{g})}}{H_0}. \quad (6)$$

Лабораторная работа по теме «*Изучение устройства цифровой РРЛ, работающей в частотном диапазоне 17,7-19,7GHz*»

1 Цель работы:

1.1 Изучение структурной схемы радиоприемного устройства аналоговых РРЛ (на примере КУРС-8-0).

1.2 Изучение методов контроля и измерений радиоприемника по встроенным приборам (КУРС-8-0).

2 Литература:

2. 1. Маглицкий, Б. Н. Спутниковые и радиорелейные системы связи : учебное пособие / Б. Н. Маглицкий. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2019. — 184 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/102137.html (дата обращения: 06.06.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. 2. Жуковский, А. Г. Спутниковые и радиорелейные системы передачи : учебное пособие / А. Г. Жуковский. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 249 с. — ISBN 978-5-4497-1710-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/122226.html (дата обращения: 26.07.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2.3 Техническое описание и инструкция по эксплуатации оборудования.

2.4 Конспект лекций по курсу.

3 Подготовка к выполнению работы:

3.1 По конспекту повторить структурную схему (упрощенную) радио-приемного устройства РРСП.

3.2 Изучить специфику построения гетеродинных трактов приемников РРСП.

4 Задание:

4.1 Пользуясь структурной схемой радиоприемного устройства, изучить конструкцию приемника на стойке ПмПд и тракты прохождения полезного сигнала и сигнала гетеродина.

4.2 Включить аппаратуру и по стоечным приборам проверить ее работоспособность.

5 Содержание отчета:

5.1 Цель работы.

5.2. Привести схему электрическую структурную радиоприемного устройства РРС. На схеме укажите частоты fc пр, fгет. пр. и fгкв.

5.3 Запишите результаты измерений.

6 Порядок выполнения работы:

6.1 Изучите структурную схему приемника, найдите основные блоки и элементы на стойке оборудования РРС. Ответить на вопросы преподавателя.

6.2 Ознакомится с требованиями по технике безопасности при работе на РРЛ оборудовании.

Включение проводить после изучения аппаратуры с разрешения преподавателя, предварительно внешним осмотром проверить заземление.

6.3 Тумблеры Гвк генераторов кварцевых установить в положение «Выкл».

6.4 Подать на выпрямительное устройство переменное напряжение 220В (шнур питания включить в розетку) при этом должна загореться лампочка индикатора напряжения на передней панели выпрямительного устройства. Напряжение питания «-24В» подается на вход стойки.

6.5 Проверить напряжение питания на входе стойки ПмПд-8-0 по индикаторному прибору блока контроля. Для этого необходимо нажать кнопки “-24В” на блоке контроля. Показания прибора должны быть в пределах 40-60мкА.

6.6 Поставить тумблер на блоке ГКВ в положение “вкл”. Проверить напряжение –18В по измерительному прибору на блоке контроля. Показания должны быть в пределах 40-60 мкА.

6.7 Проверить наличие или отсутствие полезного сигнала на входе преобразователя приема.

6.8 Объяснить наличие сигнала ПЧ и сигнала демодулятора ПЧ.

7 Контрольные вопросы:

7.1 Каковы основные функции радиоприемного устройства?

7.2 Каково назначение и особенности смесителей приема?

7.3 По какой схеме и почему выполняется каскад УПЧ 1?

7.4 Что называют коэффициентом шума приемника РРСП?

7.5 Объясните назначение и работу замещающего генератора.

7.6 Объясните работу схемы АРУ с диодными аттенюаторами.

4.1. Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи

Знает:

- принципы построения и работы сетей связи, а также состав станционного оборудования;

- стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети связи;

- Законодательство Российской Федерации в области связи;

- принципы работы и архитектуру различных инфокоммуникационных систем.

Умеет:

-использовать типовую схему измерения коэффициента усиления антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;

- использовать типовую схему измерения коэффициента стоячей волны антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;

- использовать типовую схему измерения диаграммы направленности антенны и типовую измерительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую точность измеряемых величин в рабочем диапазоне частот;

- выполнять расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций;

- настраивать схемы резервирования оборудования РРЛ;

- выполнять частотно территориальное планирование сетей связи.

Владеет:

- методом измерения коэффициента усиления антенны РРЛ;

- методом измерения коэффициента стоячей волны антенны РРЛ;

- методом измерения диаграммы направленности антенны РРЛ.

Тема для дискуссии: Выбор оптимальной схемы выпрямителя.

ПК-8 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему

Знает:

- определения и типы радиорелейных линий;

- состав оборудования магистральных, внутризоновых и местных РРЛ;

- типы радиорелейных станций;

- соединительные линии линейных трактов РРЛ и телевидения.

Умеет:

- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в спектре радиорелейного стола;

- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания в телевизионном стволе;

- применять принцип организации служебной связи и телеобслуживания по отдельному стволу служебной связи.

Владеет:

- методикой нормирования каналов передачи телевизионного вещания по РРЛ произвольной структуры и протяженности;

- методикой нормирования аналоговых и цифровых РРЛ;

- методикой нормирования каналов служебной связи.

Типовые вопросы и задания к зачету:

1. Принципы построения радиорелейной связи и спутниковой связи, классификация, диапазоны применяемых частот.
2. Передающее оборудование телевизионного ствола аналоговой РРЛ.
3. Чтение принципиальной схемы
4. Планы частот на РРЛ (распределение частот между станциями в одном стволе и между стволами одной станции).
5. Тропосферные РРЛ
6. Чтение структурной схемы частотного модулятора и демодулятора
7. Основное уравнение радиосвязи для условий свободного пространства.
8. Согласование в волноводах, ферритовые вентили и циркуляторы.
9. Чтение принципиальной схемы частотного модулятора
10. Понятие множителя ослабления V и минимально допустимого множителя ослабления Vmin доп..
11. Циркуляторы РРСП, щелевые мосты, назначение.
12. Чтение структурной схемы частотного детектора с фазовой автоподстройкой частоты.
13. Типы интервалов на РРЛ, положительная и отрицательная рефракция; причины, влияющие на устойчивость связи.
14. Назначение синус квадратичного импульса
15. Как организовать ТВ вещание в труднодоступной местности?
16. Гипотетические эталонные цепи (ГЭЦ), рассказать по раздаточному материалу для магистральных РРЛ РФ.
17. Назначение импульса синус 20т
18. Чтение принципиальной схемы
19. Особенности передачи телевидения по радиорелейной линии, роль предискажений.
20. Чтение структурной схемы приемной земной станции спутниковой связи
21. Чтение принципиальной схемы усилителя промежуточной частоты на транзисторах.
22. Структурная схема приемника оконечной станции аналоговых РРЛ
23. Автоматическая регулировка усиления. По схеме КУРС
24. Чтение структурной схемы модулятора на генераторах управляемого напряжения
25. Основное уравнение радиосвязи для спутниковых систем связи (участок ретранслятор – Земля), диаграмма уровней.
26. Согласование в волноводах, ферритовые вентили и циркуляторы.
27. Чтение принципиальной схемы фильтра промежуточной частоты
28. Структурные схемы передатчиков ОРС аналоговых радиорелейных линий связи.
29. Нарисуйте временную диаграмму на входе приемника аналоговых РРЛ
30. На мачте РРЛ одна антенна, какой это вид станции
31. Структурная схема ПРС с одним генератором СВЧ и генератором сдвига.
32. Нарисуйте временную диаграмму сигналов на выходе передатчика для аналоговых РРЛ.
33. Чтение принципиальной схемы
34. Структурная схема ПРС с двумя генераторами СВЧ.

35. Какие шумы и почему являются основными на РРЛ (особенно в случаях с замираниями)?
36. На мачте РРС две антенны, какой тип станции вы предполагаете
37. Структурная схема ПРС с усилением на СВЧ.
38. По раздаточному материалу рассказать о типовом каскаде УПЧ комплекса КУРС
39. Структурная схема цифровой радиорелейной станции.
40. Обоснование выбора диапазона СВЧ для РРСП и ССП.
41. Антенны радиорелейных систем передачи, параболические и перископические.
42. Чтение принципиальной схемы частотного детектора
43. Синус квадратичный импульс понизился в два раза
44. Антенны РРСП, РПА, и АДЭ
45. Модулятор на биениях
46. Чтение структурной схемы
47. Циркуляторы РРСП, щелевые мосты, назначение.
49. Чтение принципиальной схемы частотного детектора на одном диоде. Недостатки схемы
50. Основной тип волны в прямоугольном волноводе, критическая длина волны.
51. Чтение принципиальной схемы
52. Объясните принципы организации связи с помощью РРЛ прямой видимости.
53. Какие виды модуляции применяются в современных РРЛ.
54. Чтение структурной схемы
55. Коэффициент шума приёмника, способы его уменьшения, типы МШУ.
56. Структурная схема приемной станции спутниковой связи
57. Чтение принципиальной схемы
58. Принцип действия одноконтурного параметрического МШУ.
59. Структурная схема участка ЦРРЛ.
60. Какие частоты используются для зоновых РРЛ?
61. Особенности смесителей приёма, требования к ним.
62. Какие диапазоны частот используются для магистральных РРЛ?
63. Тракт промежуточной частоты приёмников РРСП, структурная схема, обоснование выбора ПЧ.
64. Гетеродинный тракт приемника РРС «Курс-8-0».
65. Недостатки эллиптической орбиты ИСЗ (КА).
66. Обоснование выбора геостационарной орбиты спутников Земли.
67. Рассказать о работе гетеродина передатчика КУРС – 8 – 0 (место усилителя в гетеродинном тракте).
68. Многоуровневое кодирование в цифровых радиорелейных системах передачи.
69. Скремблирование цифрового сигнала в ЦРРС.
70. Назначение регенераторов в ЦРРС.
71. Построение цифровой радиорелейной станции.
72. Чем определяется уровень шумов в ЦРРЛ.
73. Частный диапазон цифровых РРЛ иерархий PDH и SDH.
74. Электропитание цифровых РРС.
75. Для чего применяется перемежение цифрового сигнала в ЦРРС.
76. Организация мониторинга ЦРРЛ.
77. Гетеродинный тракт ЦРРС.

Банк контрольных вопросов, заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации находится в учебно-методическом комплексе дисциплины и/или представлен в электронной информационно-образовательной среде по URI: http://www.aup.uisi.ru.

4.2. Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Перечень методических материалов для подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации:

1. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Спутниковые и радиорелейные системы связи». –URL: http://aup.uisi.ru/3556696/
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Спутниковые и радиорелейные системы связи». –URL: http://aup.uisi.ru/3556696/
3. Методические указания по выполнению домашней контрольной работы по дисциплине «Спутниковые и радиорелейные системы связи». –URL: http://aup.uisi.ru/3556696/