

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт  
радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)  
(Полное и сокращённое название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:

Мякиньков А.В.  
подпись ФИО  
“ 10 ” июня 2021 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## ФТД.1 Построение систем и сетей авиационной радиосвязи

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров-специалистов/магистров

Направление подготовки: 09.03.02 "Информационные системы и технологии"  
(код и направление подготовки, специальности)

Направленность: "Информационно-телекоммуникационные системы и сети"  
"Распределенные информационные системы"

Форма обучения: очная / очно-заочная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра ЭСВМ, КТПП  
аббревиатура кафедры

Кафедра-разработчик ЭСВМ  
аббревиатура кафедры

Объем дисциплины 72 / 2  
часов/з.е.

Промежуточная аттестация 4 семестр – зачёт  
экзамен, зачёт с оценкой, зачёт

Разработчик (и): Горячева Т.И., к.т.н., доцент  
(ФИО, учёная степень, учёное звание)

## НИЖНИЙ НОВГОРОД

2021 год

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 09.03.02 "Информационные системы и технологии, утверждённого приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19.09.2017 № 926 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ

протокол от 10.06.2021 № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика программы, протокол от 02.06.2021 № 12

И.о. зав. кафедрой *д.т.н, профессор, Бабанов Н.Ю.*

\_\_\_\_\_ (подпись)

Программа рекомендована к утверждению учёным советом института, где реализуется данная программа

УМС ИРИТ, Протокол от 10.06.2021 № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ \_\_\_\_\_ №09.03.02-о-6  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_

Кабанина Н.И.

\_\_\_\_\_ (подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	11
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	11
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....	15
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	15
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	17
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... ПРИЛОЖЕНИЯ.....	19
АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ.....	27
	31

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью (целями) освоения дисциплины являются: изучение принципов построения, методов технического расчёта и анализа системных характеристик (пропускной способности, спектральной и энергетической эффективности, задержки передачи пакета, зоны покрытия) сетей авиационной радиосвязи гражданской авиации: ACARS, HFDL, VDL-2, VDL-4, AeroMACS, LDACS1.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): создание (проектирование), модификация и сопровождение систем и сетей авиационной радиосвязи в соответствии с требованиями стандартов (нормативных документов и руководств) международной организации гражданской авиации (ICAO), корпорации авиационного радио (ARINC), сертификационного радио комитета по авионике (RTCA) и авиационного регистра (AP) международного авиационного комитета (МАК) России.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина ФТД.1 «Построение систем и сетей авиационной радиосвязи» включена в перечень факультативных дисциплин (формируемый участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Построение систем и сетей авиационной радиосвязи» являются: «Физические основы информационно-телекоммуникационных систем», «Теория информации, данные, знания», «Основы системного анализа», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Электротехника, электроника и схемотехника».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Теория телетрафика и системы автоматической коммутации», «Построение систем и сетей подвижной радиосвязи», «Многоканальные системы связи». Особенностью дисциплины является большое количество лабораторных работ с использованием математического пакета Mathcad.

Рабочая программа дисциплины «Построение систем и сетей авиационной радиосвязи» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учётом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению подготовки (специальности):

а) универсальных (УК):

б) общепрофессиональных (ОПК):

в) профессиональных компетенций (ПК): ПКС-3. Способен применять сетевые технологии, разрабатывать телекоммуникационные системы авиационной радиосвязи.

Компетенция ПКС-3 формируется совместно несколькими дисциплинами, приведёнными в таблице 1.

**Таблица 1- Формирование компетенции дисциплинами**

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры формирования компетенции</i>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПКС-3								*	
Разработка сетевых приложений								*	
Разработка WEB-приложений								*	
Теория телетрафика и системы автоматической коммутации							*		
Построение систем и сетей подвижной радиосвязи								*	
Многоканальные системы связи								*	
Построение систем и сетей авиационной радиосвязи					*				
Преддипломная практика									*
Выполнение и защита ВКР									*

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 2

**Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения**

по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»  
направленность (профиль) «Информационно-телекоммуникационные системы и сети»  
Тип профессиональной деятельности: производственно-технологический

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (дескрипторы)			Оценочные средства	
		Знать:	Уметь:	Владеть:	Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-3. Способен применять сетевые технологии, разрабатывать телекоммуникационные системы авиационной радиосвязи	ИПКС-3. Разрабатывает системы, сети и сетевые приложения авиационной радиосвязи.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы построения систем и сетей авиационной радиосвязи;</li> <li>- методы расчётов энергетических бюджетов линий авиационной радиосвязи;</li> <li>- методы расчёта достоверности передачи данных в системах авиационной радиосвязи</li> </ul>	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проектировать системы и сети авиационной радиосвязи с использованием эффективных структур сигналов и протоколов доступа к каналу,</li> <li>- проектировать системы и сети авиационной радиосвязи с заданными системными характеристиками</li> </ul>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками построения систем и сетей авиационной радиосвязи с использованием системного статистического анализа и синтеза сетевых характеристик на базе моделей Марковских цепей.</li> </ul>	Вопросы для подготовки и защиты лабораторных работ	Зачёт ставится автоматом при выполнении и защите всех (девяти) предусмотренных лабораторных работ

В рамках дисциплины «Построение систем и сетей авиационной радиосвязи» частично формируются трудовые умения: «проектировать архитектуру ИС» в рамках трудовой функции С/14.6 «Выявление требований к ИС» профессионального стандарта 06.015 «Специалист по информационным системам».

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. - 72 часа, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

**Таблица 3. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Трудоёмкость в час</b>	
	<b>Всего часов</b> <b>Очная /очно-заочная</b>	<b>Семестр 4</b>
<b>Формат изучения дисциплины</b>	<b>с использованием элементов электронного обучения</b>	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>72/72</b>	<b>72/72</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>38/38</b>	<b>38/38</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>34/34</b>	<b>34/34</b>
- занятия лекционного типа (Л)	17/17	17/17
- занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др.)	-	-
- лабораторные работы (ЛР)	17/17	17/17
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе:</b>	<b>4/4</b>	<b>4/4</b>
- курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита) <sup>1</sup>	-	-
- текущий контроль, консультации по дисциплине <sup>2</sup>	-	-
- контактная работа на промежуточной аттестации (КРА) (зач.)	4/4	4/4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>34/34</b>	<b>34/34</b>
- реферат/эссе (подготовка) <sup>3</sup>	-	-
- расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
- контрольная работа	-	-
- курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-
- самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	34/34	34/34

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися, самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации (зачёта).

<sup>1</sup> При наличии в учебном плане. Для ППС: 3ч. на КП; 2ч. на К.Р., - на каждого студента

<sup>2</sup> Консультации 4 часа на группу (на дисциплину)

<sup>3</sup> Реферат/эссе, РГР, контрольная работа указываются при наличии в учебном плане

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС <sup>4</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>5</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>6</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>7</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
<b>4 семестр</b>													
ПКС-3. Способен применять сетевые технологии, разрабатывать телекоммуникационные системы авиационной радиосвязи. ИПКС-3. Разрабатывает системы, сети и	<b>Раздел 1. Принципы построения современных авиационных систем и сетей радиосвязи гражданской авиации (ГА).</b>				3	-	3	Изучение лекционного материала [7]					
	<b>Тема 1.1</b> Принципы построения глобальной системы ионосферной авиационной радиосвязи ДКМВ (ВЧ) диапазона HFDL.												
		<b>Лабораторная работа №1.</b> Оптимизация протокола множественного доступа к каналу TDMA сети HFDL на базе модели Марковской цепи «Рождения и				2	-	2	Изучение методических указаний к лаб. работе №. 1 [1]				

<sup>4</sup> указывается вид СРС с указанием порядкового номера учебника, учебного пособия, методических разработок, указанных в разделе 6 настоящей РПД, например, 1.2 стр 56-72

<sup>5</sup> Указываются образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы: компьютерные симуляции, деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги и т.п

<sup>6</sup> приводятся количество часов Практической подготовки (при наличии), которая производится на предприятиях, согласно договору НГТУ (берутся из ОП ВО, раздел \_\_\_\_\_ )

<sup>7</sup> при наличии, приводятся наименование разработанного Электронного курса в рамках раздела (разделов), прошедшего экспертизу (трудоемкость в часах)

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС <sup>4</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>5</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>6</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>7</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
сетевые приложения авиационной радиосвязи.	гибели».												
	<b>Тема 1. 2.</b> Принципы построения системы авиационной радиосвязи режима VDL-4 диапазона ОВЧ.	2		-	2	Изучение лекционного материала [7]							
	<b>Лабораторная работа №2.</b> Синтез оптимального протокола множественного доступа к сети VDL-4 и расчёт задержек пакета для разных зон воздушного пространства.		2	-	2	Изучение методических указаний к лаб. работе №. 2 [2]							
	<b>Тема 1. 3</b> Принципы построения системы авиационной связи режима VDL-2 диапазона ОВЧ.	2		-	2	Изучение лекционного материала [7]							
	<b>Лабораторная работа №3.</b> Расчёт системных характеристик сети режима VDL-2 с р-настойчивым протоколом множественного доступа к каналу с прослушиванием несущей (р-CSMA).		2	-	2	Изучение методических указаний к лаб. работе №. 3 [3]							
	<b>Самостоятельная работа по освоению 1-го раздела:</b>	-	-	-	12	.							
	<b>Итого по разделу 1</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>12</b>							
	<b>Раздел 2. Перспективные системы авиационной радиосвязи следующего поколения на базе технологий 4G и 5G</b>												
	<b>Тема 2.1.</b> Принципы построения авиационной системы радиосвязи С-диапазона AeroMACS на поверхности аэропорта.	3		-	3	Изучение лекционного материала [7]							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС <sup>4</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>5</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>6</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>7</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	<b>Лабораторная работа №4.</b> Расчёт телекоммуникационного ресурса и спектральной эффективности радиолинии стандарта IEEE 802.16 m (4G)		<b>1</b>	-	<b>1</b>	Изучение методических указаний к лаб. работе №. 4 [4]							
	<b>Лабораторная работа №5.</b> Расчёт телекоммуникационного ресурса системы связи AeroMACS.		<b>1</b>		<b>1</b>	Изучение методических указаний к лаб. работе №. 5 [4]							
	<b>Тема 2.2.</b> Принципы построения системы авиационной связи «Воздух-Земля» L-диапазона LDACS1.	<b>3</b>		-	<b>3</b>	Изучение лекционного материала [7]							
	<b>Лабораторная работа №6.</b> Расчёт телекоммуникационного ресурса системы связи LDACS1.		<b>2</b>	-	<b>2</b>	Изучение методических указаний к лаб. работе №. 6 [5]							
	<b>Лабораторная работа №7.</b> Расчёт времени задержки передачи пакета в системе LDACS1 в разных зонах воздушного движения.	-	<b>2</b>	-	<b>2</b>	Изучение методических указаний к лаб. работе №. 7 [5]							
	<b>Самостоятельная работа по освоению раздела 2:</b>				<b>14</b>								
	<b>Итого по разделу 2</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	-	<b>14</b>							
	<b>Раздел 3. Расчёты бюджета, надёжности и дальности связи авиационных радиолиний прямой радиовидимости.</b>												
	<b>Тема 3.1.</b> Методики расчётов бюджетов, надёжности и дальности	<b>2</b>			<b>2</b>	Изучение лекционного материала [7]							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС <sup>4</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>5</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>6</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>7</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	связи авиационных радиолиний режимов VDL-2 и VDL-4												
	<b>Лабораторная работа №8.</b> Расчёт бюджетов авиационных радиолиний режимов VDL-2, VDL-4		<b>2</b>		<b>2</b>	Изучение методических указаний к лаб. работе №. 8 [6]							
	<b>Тема 3.2.</b> Методика расчёта бюджетов авиационных радиолиний режимов AeroMACS и LDACS1	<b>2</b>			<b>2</b>	Изучение лекционного материала [7]							
	<b>Лабораторная работа №9.</b> Расчёт бюджетов авиационных радиолиний режимов AeroMACS и LDACS1.		<b>3</b>		<b>3</b>	Изучение методических указаний к лаб. работе №.9 [6]							
	<b>Самостоятельная работа по освоению раздела 3</b>				<b>8</b>								
	<b>Итого по разделу 3</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	-	<b>8</b>							
	<b>Промежуточная аттестация - Зачёт</b>	<b>4</b>											
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	<b>22</b>	<b>16</b>		<b>34</b>								
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>72 часа</b>											

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по каждой теме лекционных занятий производится при защите каждой лабораторной работы, посредством собеседования по вопросам темы и результатов лабораторной работы.

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Перечень вопросов, выносимых на защиту каждой лабораторной работы и результаты каждой лабораторной работы

### **5.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации знаний. Используется следующий вариант шкал оценивания, приведённый в таблице 5.

**Таблица 5 – Описание шкал оценивания**

Шкала оценивания	Зачёт
9 лаб. защищены	зачёт
1-8 лаб. защищены	незачёт

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда**

Библиографическое описание	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>	
1. Комяков А.В., Милов В.Р., Горячева Т.И. Характеристики радиолиний в системах авиационной электросвязи: учеб. пособие / А.В. Комяков, В.Р. Милов, Т.И. Горячева; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – 220 с.	50
2. Ермолаев В.Т. Современные методы обработки сигналов в беспроводных системах связи: Учебное пособие / В.Т. Ермолаев, Е.А. Маврычев, А.Г. Флаксман; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород: 2011. - 140 с.	13
<b>6.2. Справочно-библиографическая литература</b>	
3. Горячева Т.И., Милов В.Р. Теория информации в системах связи. : учеб. пособие / Т.И. Горячева, В.Р. Милов, Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 247 с.	Эл. библ. ЭСВМ
4. ICAO Doc 10044. ID 3320. Manual on the Aeronautical Mobile Airport Communications System (AeroMACS). International Civil Aviation Organization. 1st edition, 2017.	Эл. библ. ЭСВМ

5. ICAO Doc. 9776-AN/970. Руководство по ОВЧ линии цифровой связи режима <b>VDL-2</b> . 2-е изд. 2015. <a href="http://www.aviadocs/icaodocs/Docs/9776_cons_ru.pdf">http://www.aviadocs/icaodocs/Docs/9776_cons_ru.pdf</a> .	Эл. библ. ЭСВМ
6. L-DACS1 System Definition Proposal: Deliverable D3: Design Specifications for L-DACS1 Prototype // EUROCONTROL, Tech. Rep. Version 1.0. <a href="http://www.eurocontrol.int/sesar-research/publications">http://www.eurocontrol.int/sesar-research/publications</a>	Эл. библ. ЭСВМ
7. Рашич А.В. Сети беспроводного доступа WiMAX: учеб. пособие / Рашич А.В.— СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. - 179 с.	Эл. библ. ЭСВМ
8. Doc. 9741. Руководство по ВЧ линии данных HFDL. 2001.	Эл. библ. ЭСВМ
9. COCR v.2: Communications Operating Concept and Requirements for the Future Radio System // EUROCONTROL/FAA, Tech. Rep., 2007, version 2.0. ICAO.	Эл. библ. ЭСВМ
10. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Том 3. Системы связи. Часть 1 и Часть 2. Издание второе. Международная организация гражданской авиации. С поправками 2016 года. - 276 с. <a href="http://aviadocs.net/icaodocs/Annexes/">http://aviadocs.net/icaodocs/Annexes/</a>	Эл. библ. ЭСВМ

### **6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

1. Оптимизация протокола множественного доступа к каналу TDMA сети HFDL на базе Марковской цепи «рождения и гибели»: метод. указания к лаб. работе для студентов направлений подготовки 09.03.02, 09.04.02, 11.03.02, 11.04.02, очной и заочной форм обучения /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: Т.И. Горячева. - Н. Новгород, 2021. – 26 с. Лабораторная работа №1	Эл. библ. ЭСВМ
2. Синтез оптимального протокола множественного доступа к сети VDL-4 и анализ задержки пакета для разных зон воздушного пространства: метод. указания к лаб. работе для студентов направлений подготовки 09.03.02, 09.04.02, 11.03.02, 11.04.02, очной и заочной форм обучения /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: Т.И. Горячева. - Н. Новгород, 2021. – 45 с. Лабораторная работа №2	Эл. библ. ЭСВМ
3. Расчёт системных характеристик сети VDL-2 с прогнозируемым р-настойчивым протоколом множественного доступа к каналу с прослушиванием несущей (pp-CSMA) : метод. указания к лаб. работе для студентов направлений подготовки 09.03.02, 09.04.02, 11.03.02, 11.04.02, очной и заочной форм обучения /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: Т.И. Горячева. - Н. Новгород, 2021. – 25 с. Лабораторная работа №3	Эл. библ. ЭСВМ
4. Расчёт телекоммуникационного ресурса и спектральной эффективности радиолиний стандарта IEEE 802.16m (4G) и системы AeroMACS: метод. указания к лаб. работе для студентов направлений подготовки 09.03.02, 09.04.02, 11.03.02, 11.04.02, очной и заочной форм обучения /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: Т.И. Горячева. - Н. Новгород, 2021. – 30 с. Лабораторные работы №4 и №5	Эл. библ. ЭСВМ
5. Расчёт телекоммуникационного ресурса и задержки пакета системы авиационной радиосвязи LDACS1: метод. указания к лаб. работе для студентов направлений подготовки 09.03.02, 09.04.02, 11.03.02, 11.04.02, очной и заочной форм обучения /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: Т.И. Горячева. - Н. Новгород, 2021. – 53 с. Лабораторные работы №6 и №7	Эл. библ. ЭСВМ
6. Расчёт бюджетов авиационных радиолиний и достоверности передачи данных в системах VDL-2, VDL-4, AeroMACS и LDACS1: метод. указания к лаб. работе для студентов направлений подготовки 09.03.02, 09.04.02, 11.03.02, 11.04.02, очной и заочной форм обучения /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.:	Эл. библ. ЭСВМ

Т.И. Горячева. - Н. Новгород, 2021. – 51 с. Лабораторные работы №8 и №9	
7. Конспект лекций по дисциплине «Построение систем и сетей авиационной радиосвязи». НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: Т.И. Горячева. - Н. Новгород, 2021. – 230 с.	Эл. библ. ЭСВМ

Периодические издания:

1. Журнал: Сети и системы связи.
2. Журнал: Электросвязь.
3. Журнал: Сети.

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимыми информационными ресурсами сети «Интернет», доступом к электронным библиотечным системам (ЭБС) (табл.7), необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе, отечественного производства (табл. 8), доступом к профессиональным базам данных (ICAO, EUROCONTROL) и к информационным справочным системам (табл. 9). Все эти ресурсы перечислены в данном разделе.

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru>.
3. Электронно-библиотечная система Znaniум.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>.
5. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>.
6. Университетская информационная система России [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>.
7. “Wikipedia Articles”:
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Next\\_Generation\\_Air\\_Transportation\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Next_Generation_Air_Transportation_System)
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic\\_dependent\\_surveillance-broadcast](http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_dependent_surveillance-broadcast)
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_traffic\\_control\\_radar\\_beacon\\_system#Mode\\_S](http://en.wikipedia.org/wiki/Air_traffic_control_radar_beacon_system#Mode_S)
  - <http://en.wikipedia.org/wiki/CPDLC>
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/VHF\\_Data\\_Link](http://en.wikipedia.org/wiki/VHF_Data_Link)
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Aircraft\\_Communications\\_Addressing\\_and\\_Reportin](http://en.wikipedia.org/wiki/Aircraft_Communications_Addressing_and_Reportin)
8. База данных ИКАО (ICAO - International Civil Aviation Organization):
  - <https://www.icao.int/Search/pages/results.aspx?k=Doc%2010044>
  - <https://www.icao.int/isbn/Lists/Publications/DispForm.aspx?ID=3336>
  - <http://www.aviadocs.net/icaodocs/Docs>
  - <http://www.aviadocs.net/icaodocs/Annexes/>
9. База данных EUROCONTROL
  - <http://www.eurocontrol.int/sesar-research/publications>

### 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

**Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем**

<b>№</b>	<b>Наименование ЭБС</b>	<b>Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>

В таблице 8 указан перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

**Таблица 8 - Перечень программного обеспечения**

<b>Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе</b>	<b>Программное обеспечение свободного распространения</b>
<b>1</b>	<b>2</b>
Microsoft Windows XP/7/8.1/10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18)	Calculate Linux (свободное ПО)
Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Office Профессиональный плюс 2010 (лицензия № 49487732)	Adobe Reader 11 (проприетарное ПО)
Microsoft Office Standard 2007 (лицензия № 43847744)	Libre office 5.2.4.2 (свободное ПО, лицензия Mozilla Public License)
Microsoft Office Access 2013/2016 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Visual Prolog (проприетарное ПО)
Microsoft Office Visio 2013/2016 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	MicroCAP (бесплатная студенческая версия)
Microsoft Project 2010 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	PascalABC.NET (свободное ПО, лицензия LGPL)
Mathcad 15 (лицензия PKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13)	FreePascal IDE(свободное ПО, лицензия GNU GPL 2)
Autodesk AutoCAD 2019 (с/н 571-21012977, до 08.07.22)	Python 2.7 (свободное ПО, лицензия Python Software Foundation License)

**Таблица 9 – Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

<b>№</b>	<b>Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы</b>	<b>Доступ к ресурсу (удалённый доступ с указанием ссылки / доступ из локальной сети университета)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts</a>
2	Библиотека Евроконтроля по системам связи L диапазона. Eurocontrol L-band Communications Library	<a href="http://www.eurocontrol.int/communications/public/standard_page/LBANDLIB.html">http://www.eurocontrol.int/communications/public/standard_page/LBANDLIB.html</a>
3	База данных Евроконтроля по будущей инфраструктуре связи. Фаза2. Результаты оценки технологий. Future Communications	<a href="http://www.eurocontrol.int/communications/gallery/content/public/documents/FCI">http://www.eurocontrol.int/communications/gallery/content/public/documents/FCI</a>

	Infrastructure – Step 2: Technology Assessment Results	
--	--	--

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице **10** указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/>

**Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 «Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся». АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определён в данном разделе.

**Таблица 11 - Оснащённость аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине**

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной	Оснащённость аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
---	---	--	--

	работы		
1	1	2	3
1	<b>Аудитория 4307</b> Компьютерный класс ЭСВМ - учебная аудитория для проведения занятий лекционного, семинарского, лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24В, корп. 4,ауд.4307	1. Персональный компьютер на базе процессора Intel Core i3-8350K, 8 ГБ ОЗУ, 400 Гб HDD – 6 шт. 2. Персональный компьютер на базе процессора Intel E6320, 4 ГБ ОЗУ, 250 Гб HDD – 8 шт. 3. Стационарный проектор NEC NP-M260WG – 1 шт. 4. Проекционный экран Lumien – 1 шт. 5. Ноутбук HP m6-1303er - 1 шт. 6. Сетевой коммутатор D-Link 1016D – 1 шт. 7. Доска меловая – 1 шт. 8. Компьютерный стол - 14 шт. 9. Аудиторный стол - 8 шт. 10. Посадочных мест - 30.	1. <i>Mathcad 15</i> (лицензия <i>PKG – 7543 – FN, MNT – PKG – 7543 – FN – T2</i> , договор № 28 – 13/13 – 057 от 26.02.13) 2. Комплекты учебно-методического обеспечения (по дисциплинам), 3. Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18) 4. Microsoft Office Профессиональный плюс 2010 (лицензия № 49487732) 5. Microsoft Office Visio 2013/2016 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоёмкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведётся с применением следующих видов образовательных технологий (выбирается из приложения к РПД):

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- электронное обучение (дистанционное) (во время эпидемии).

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, чётко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий. **Если студент выполнил и защитил все 9 запланированных лабораторных работ, то он получает автоматически зачёт по дисциплине на промежуточной аттестации.**

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, то зачёт по лабораторной работе не ставится до тех пор, пока студент не освоит материал темы лабораторной работы. **Если количество полученных баллов по лабораторным работам меньше 9 (т.е. от 0 до 8), то это соответствует допороговому уровню и на промежуточной аттестации по дисциплине студент получает незачёт.**

### **10.2 Методические указания для занятий лекционного типа<sup>8</sup>**

Лекционный курс обеспечивает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана построения авиационных систем связи гражданской авиации. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4), обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала для лучшего его освоения. Все конспекты лекций в электронном виде высыпаются студентам для самостоятельной работы.

## 10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчётом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчёта по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

С помощью лабораторных работ исследуются и осваиваются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4), изучаются наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Каждая защищённая лабораторная работа стоит один балл. **Если студент защитил все 9 лабораторных работ, т.е. накопил 9 баллов, то он получает автоматически зачёт на промежуточной аттестации. Если количество защищённых работ составляет от 0 до 8, то студент получает незачёт на промежуточной аттестации.**

## 10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Материалы конспекта лекций и методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Построение систем и сетей авиационной радиосвязи», также файлы программ расчётов в Mathcad для моделирования в ходе лабораторных работ являются основой для самостоятельной подготовки обучающихся к лабораторным работам, их проведения и защиты результатов. Поэтому они высылаются студентам по электронной почте для самостоятельной работы. Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля на лабораторных и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных заданий для лабораторных работ.

Для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, методических указаний по лабораторным работам, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

## 10.5. Методические рекомендации НГТУ

- Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:  
[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20)
- Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:  
[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samost\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?20)

— Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/umy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/umy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf)

— Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/umy/metod\\_dokym\\_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/umy/metod_dokym_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf)

## 11.ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В данном разделе приведены типовые контрольные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости на лабораторных работах. Проводятся 9 лабораторных работ, указанных в таблице 12.

### 11.1 Список вопросов для лабораторных работ

В табл. 12 представлен список вопросов, а в табл. 13 указаны примеры типовых заданий для лабораторных работ по дисциплине.

**Таблица 12 Список вопросов для лабораторных работ**

Название лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.Оптимизация протокола множественного доступа к каналу TDMA сети HFDL на базе модели Марковской цепи «Рождения и гибели»	1. Дайте определение Марковского процесса, Марковской цепи. 2. Как определяется вектор вероятностей состояния марковской цепи на k-том шаге? 3. Чему равен вектор начальных вероятностей состояний марковской цепи? 4. Как можно вычислить вектор финальных вероятностей состояний марковской цепи? 5. Поясните, чему равна вероятность увеличения длины очереди на 1 за один слот. 6. Поясните, чему равна вероятность того, что длина очереди не изменится за 1 слот. 7. Поясните, чему равна вероятность уменьшения длины очереди на 1 за один слот. 8. Нарисуйте матрицу вероятностей перехода состояний очереди в сети из 10 корреспондентов, использующих один канал связи. 9. Как определить число шагов, при котором переходные процессы в сети заканчиваются, и система переходит в установившееся состояние? 10. Как осуществляется проверка на стохастичность матрицы вероятностей переходов? 11. Чему равна вероятность $P_{n,m}$ перехода марковской цепи из состояния n в начале слота в состояние m в конце слота? При $m = n$ ; $m = n-1$ , $m = n+1$ ; $m = n-2$ ; $m = n+2$ . 12. Как определяется вероятность $p_0$ появления пакета сообщения от свободного корреспондента в слоте случайного доступа? 13. Каким образом необходимо задать настойчивость $p_1$ повторной передачи пакета? 14. Как определяется средняя задержка в передаче сообщения, обусловленная коллизиями случайного доступа? 15. Как определяется пропускная способность системы в режиме случайного доступа? 16. Поясните выражение для вычисления средней пропускной способности сети. 17. Среднее количество пакетов, передаваемых в системе за время одного такта. Максимальная пропускная способность сети HFDL. 18. Как оценивается средняя задержка и пропускная способность в комбинированном режиме доступа к каналу со случайным и фиксированным доступом.
2.Синтез оптимального протокола множественного доступа к сети VDL-4 и анализ задержки пакета для разных зон	1. Какие алгоритмы резервирования слотов STDMA к каналу VDL-4 используются для периодического широковещания пакетов ADS-B? 2. Опишите алгоритм первоначального вхождения в сеть VDL-4 в автономном режиме. 3. Опишите структуру кадрирования протокола доступа к VDL-4 каналу. 4. Поясните принципы реализации алгоритмов «Робин Гуда» доступа к каналу VDL-4 в автономном режиме. 5. Поясните принципы реализации алгоритмов защитного отношения внутриканальной интерференции (CCI) для доступа к каналу VDL-4 в автономном режиме.

воздушного пространства.	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Опишите алгоритм выбора слота случайного доступа в автономном режиме VDL-4, заданный в Руководстве по VDL-4.</li> <li>7. Представьте методику анализа системных характеристик протокола доступа к каналу VDL-4, управляемого НС, с помощью марковской цепи «рождения и гибели».</li> <li>8. Поясните методику расчётов системных характеристик VDL-4 в зонах ВП: на маршруте (ENR), ТМА, подхода, руления.</li> <li>9. Поясните результаты расчётов системных характеристик VDL-4 в зонах ВП: на маршруте (ENR), ТМА, подхода, руления.</li> </ol>
3. Расчёт системных характеристик сети VDL-2 с прогнозируемым р-настойчивым протоколом множественного доступа к каналу с прослушиванием несущей (pp-CSMA).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие методы множественного доступа используются в существующих радиолиниях авиационной радиосвязи ?</li> <li>2. Опишите системные характеристики протоколов множественного доступа «простая ALOHA».</li> <li>3. Опишите системные характеристики протоколов множественного доступа «тактированная ALOHA».</li> <li>4. Опишите системные характеристики протоколов множественного доступа к каналу с прослушиванием несущей CSMA.</li> <li>5. Опишите системные характеристики протокола множественного доступа к каналу с прогнозируемой настойчивостью с прослушиванием несущей pp-CSMA.</li> <li>6. Представьте алгоритм расчёта оптимального прогнозируемого значения параметра настойчивости доступа к каналу с прослушиванием несущей pp-CSMA.</li> <li>7. Опишите алгоритм вычисления системных характеристик – значений задержек передачи пакетов D<sub>z</sub> в системе VDL-2 в зависимости от длины пакета T, параметров настойчивости доступа p, и количества корреспондентов в канале k.</li> <li>8. Опишите алгоритм доступа pp-CSMA к каналу режима VDL-2, для которого наземная станция (НС) передаёт все оптимальные параметры протокола доступа (pp, TM2, M1).</li> <li>9. Поясните, как вычисляются оптимальные параметры протокола доступа к каналу pp-CSMA (pp, TM2, M1).</li> <li>10. Как определяется пропускная способность системы в режиме случайного доступа?</li> </ol>
4. Расчёт телекоммуникационного ресурса и спектральной эффективности радиолинии стандарта IEEE 802.16 m (4G)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите параметры физического уровня системы мобильной связи стандарта IEEE 802.16m (Wi-MAX).</li> <li>2. Опишите структуру кадров доступа к каналу системы IEEE 802.16m.</li> <li>3. Приведите методику оценки пропускной способности IEEE 802.16m.</li> <li>4. Поясните причину того, что сигнал OFDM одержал победу в гонке за пропускную способность канала.</li> <li>5. Приведите формулу сигнала OFDM стандарта IEEE 802.16m.</li> <li>6. Приведите формулы прямого и обратного преобразований Фурье.</li> <li>7. Поясните алгоритмы формирования на передачу и обработки при приёме сигналов OFDM 4G.</li> <li>8. Опишите методы модуляции и кодирования в системе IEEE 802.16m.</li> <li>9. Какое количество бит переносит один символ сигнала M-QAM?</li> <li>10. Каким образом выбирается параметр M сигнала M-QAM?</li> <li>11. Каким образом выбирается параметр ортогонального разнесения между несущими?</li> <li>12. Каким образом определяется размерность БПФ?</li> <li>13. Каким образом определяется длительность T<sub>u</sub> полезной части сигнала?</li> <li>14. Каким образом определяется пропускная способность радиолинии?</li> <li>15. Каким образом определяется спектральная эффективность радиолинии?</li> </ol>
5. Расчёт телекоммуникационного ресурса системы авиационной радиосвязи AeroMACS.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите параметры физического уровня авиационной системы связи на поверхности аэропорта AeroMACS</li> <li>2. Опишите структуру кадров доступа к каналу системы AeroMACS</li> <li>3. Опишите методы модуляции и кодирования в системе AeroMACS</li> <li>4. Приведите методику оценки пропускной способности системы AeroMACS для направлений Downlink и Uplink</li> <li>5. Какая максимальная пропускная способность может быть обеспечена системой AeroMACS в полосе 5 МГц и в общей разрешённой полосе частот.</li> <li>6. Какая спектральная эффективность может быть достигнута в системе AeroMACS ?</li> </ol>
6. Расчёт телекоммуникационного ресурса системы авиационной радиосвязи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Представьте общесистемные и спектральные основы LDACS1.</li> <li>2. Опишите характеристики физического уровня системы LDACS1.</li> <li>3. Опишите структуры суперкадров (SF) прямой (FL) и обратной линии (RL) LDACS1.</li> <li>4. Опишите структуры мультикадров (MF) в линиях FL и RL.</li> <li>5. Поясните методику расчёта пропускной способности линии FL LDACS1.</li> <li>6. Поясните методику расчёта пропускной способности линии RL LDACS1.</li> <li>7. Опишите методы модуляции и кодирования в системе LDACS1.</li> </ol>

LDACS1.	8. Проведите расчёт телекоммуникационного ресурса LDACS1 для логического канала передачи данных в FL.
7. Расчёт времени задержки передачи пакета в системе LDACS1 в разных зонах воздушного пространства.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Для каких зон воздушного движения используется система LDACS1?</li> <li>Приведите средние размеры воздушных пространств для LDACS1 согласно документу ИКАО СОCR.</li> <li>Приведите разрешённые скорости полёта согласно документу ИКАО СОCR.</li> <li>Каким образом можно рассчитать интенсивность потока сообщений запросов на вхождение в сеть и вероятность появления пакета случайного доступа <math>p_0</math> в LDACS1?</li> <li>Опишите Марковскую модель «Рождения и гибели» очереди к каналу LDACS1 для логического канала вхождения в сеть со случайным доступом.</li> <li>Рассчитайте вероятность <math>p_0</math> для ВП ТМА большого размера с общим количеством ВС в зоне ВП (PIAC), заданным в документе СОCR.</li> <li>Рассчитайте вероятность <math>p_0</math> для ВП ENR среднего размера с общим количеством ВС в зоне ВП (PIAC), заданным в документе СОCR.</li> <li>Вычислите средние задержки передачи пакетов в канале случайного доступа из-за коллизий случайного доступа в ВП ТМА и ENR и оцените общие средние задержки передачи пакетов в этих зонах ВП.</li> </ol>
8. Расчёт бюджетов авиационных радиолиний режимов VDL-2 и VDL-4	<ol style="list-style-type: none"> <li>Приведите и поясните формулы расчёта: потерь в свободном пространстве, эффективного радиуса Земли, эффективной площади антенны, потерь отражений от земли с учётом расходимости луча.</li> <li>Опишите алгоритмы расчёта мощности шума на входе приёмника, отношения с/ш.</li> <li>Требуемые отношения с/ш на символ и на бит для режима VDL-2 согласно DO-224B</li> <li>Поясните алгоритм вычисления вероятности ошибки на символ сигнала D8PSK режима VDL-2, вероятности ошибки на бит и на блок VDL-2, кодированный кодом Рида-Соломона (255, 249) согласно DO-224B, DO-281.</li> <li>Поясните алгоритм принятия решения о достоверности приёма пакета в системе VDL-4 согласно рекомендациям сертификационного документа ED-108.</li> </ol>
9. Расчёт бюджетов авиационных радиолиний режимов AeroMACS и LDACS1.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Поясните теоретические взаимосвязи между требуемыми значениями отношения с/ш на бит и на символ для разных видов М-позиционной модуляции (BPSK и QPSK, 16-QAM и 64-QAM) и кодирования поднесущих сигнала OFDM (табл. 5.3) [9].</li> <li>Поясните порядок отображения модулированных символов СКК в квадратуре для семейства сигналов BPSK и QPSK, 16-QAM и 64-QAM (рис. 5.5) [9].</li> <li>Поясните зависимости вероятностей ошибки на бит от отношения «с/ш» на бит для разных видов модуляции (BPSK и QPSK, 16-QAM и 64-QAM) и скоростей свёрточного кодирования (1/2, 2/3, 3/4), представленные на рис. 5.6-5.8 методички [9].</li> </ol>

## 11.2. Примеры заданий для лабораторных работ

**11.2.1. Лабораторная работа №1** «Оптимизация протокола доступа TDMA к сети HFDL на базе Марковской цепи «рождения и гибели».

**Таблица 13 - Исходные данные для лабораторной работы №1**

№ варианта	$T_k$ Длительность кадра в сек. (колич. слотов в кадре)	$\lambda$ Интенсивность потока сообщ. с борта (сооб/ч)	$c$ Колич. слотов случ. доступа в кадре	$D$ Общее количество ВС, обслуживаемых в системе	$d_{0\text{доп}}$ Допустимая задержка передачи пакета, в сек	$F$ Коли-чество ПРМ-ПРД на НС
1	32 (13)	$\lambda=25$	5	1000	15 с	6
2	64 (26)	$\lambda=20$	10	2000	30 с	5
3	32 (13)	$\lambda=5$	5	250	60 с	6
4	64 (26)	$\lambda=15$	10	3000	45 с	4
5	32 (13)	$\lambda=10$	5	1000	30 с	5

Используя в качестве модели очереди к каналу Марковскую цепь «Рождения и гибели», требуется найти следующие характеристики:

1.  $M_{\text{max}}$  - максимально допустимое количество ВС, обслуживаемых на одном частотном канале, при котором обеспечивается допустимая задержка  $d_0$  в передаче пакета - не более заданной

величины ( $d_0$ <sub>доп</sub>) при заданных: интенсивности потока пакетов с борта  $\lambda$ , количестве слотов случайного доступа  $c$  в кадре, длительности кадра  $T_k$ .

2.  $K$  - требуемое количество частотных каналов для обслуживания с заданными системными характеристиками заданного общего ( $D$ ) числа ВС в системе связи в целом ( $K = D/M_{\max}$ ),
3.  $N$  - требуемое количество наземных станций для организации работы сети режима HFDL с учётом количества имеющихся на каждом наземном центре приёмопередающих средств ( $F = 7, 6, 5, 4$ ). ( $N = K/F$ ) и представить результаты расчётов в виде табл. 14.

Таблица 14. Результаты расчётов

№ варианта	$M_{\max}$	$d_0$ . Задержка, пакета, с	$K$ – кол. каналов	$N$ – количество НС в системе	Ф.И.О.
1	13	13,383	77	13	ИВАНОВ А.Н.

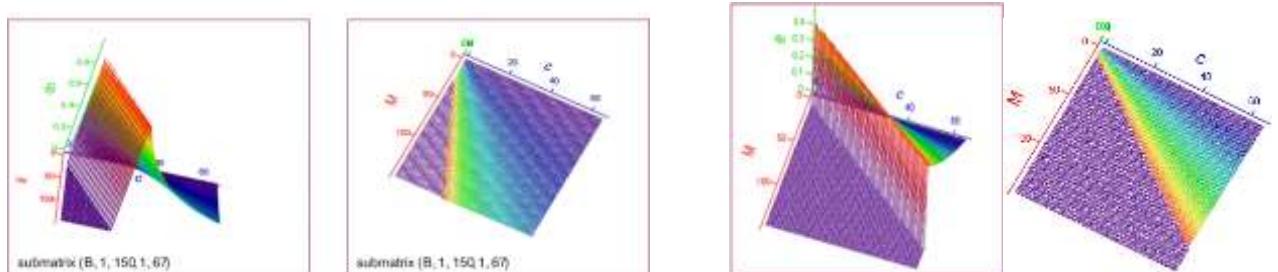
### 11.2.2. Лабораторная работа №2 «Синтез оптимального протокола множественного доступа к сети VDL-4 и анализ задержки пакета для разных зон воздушного пространства.

Системные требования для набора зон ВП конкретизированы для расчёта системных характеристик в табл. 15, где использованы следующие обозначения:

- PIAC - пиковое количество ВС, одновременно обслуживаемых в зоне ВП, заданное в документе ICAO COCR [7] и в табл. 15;
- $\lambda_3$  - интенсивность потока сообщений с борта в пакетах в минуту;
- $d_0$ <sub>доп</sub> – допустимая максимальная задержка передачи пакета (не более 5% от периода обновления – интервала передачи);
- Т1 – интервал передачи на одном канале в секундах;
- Т2 – суммарный интервал передачи на двух (или трёх) каналах в секундах.

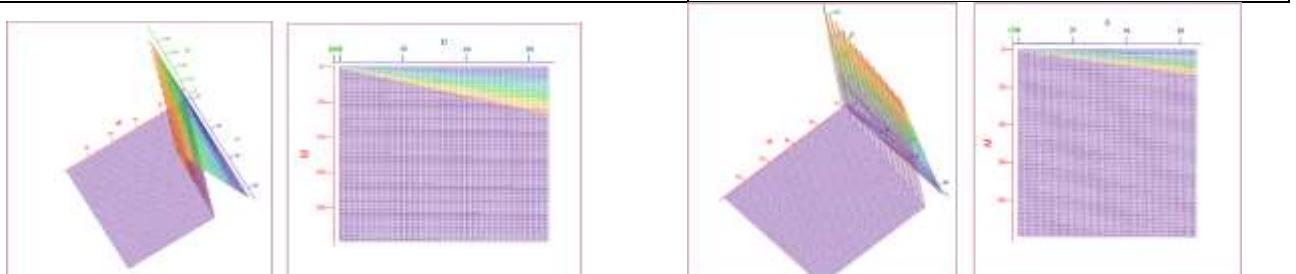
Таблица 15. Системные требования для набора зон ВП

Сценарий 1 из Doc. 9816	T2, с	T1, с	$\lambda_3$ , пак/мин	$d_0$ <sub>доп</sub> , с	PIAC
ENR	10	20	6	1	62
TMA	5	10	12	0,5	53
Подход и активная ВПП	2 (на трёх каналах)	6	30	0,1	26
Руление	1,5	3	40	0,1	26
В шлюзе	15	30	4	1	238



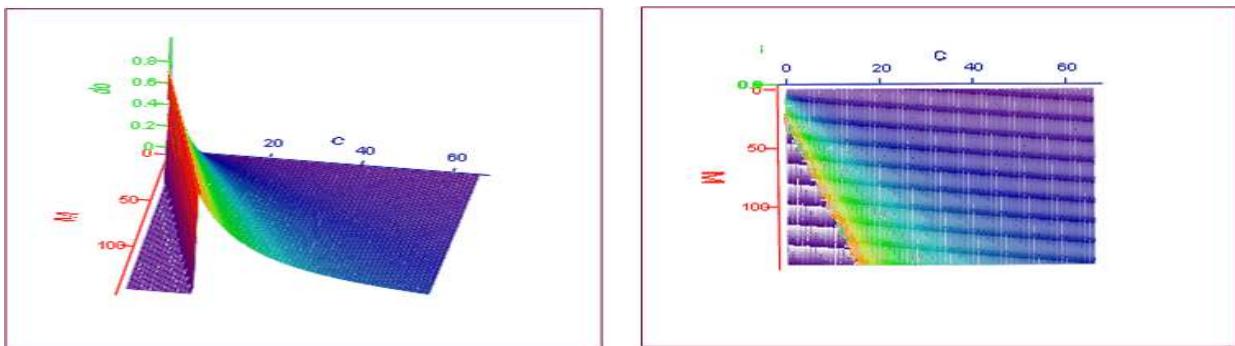
Графики результатов расчётов задержек передачи пакетов  $d_0$

Зона на маршруте ENR, $\lambda = 3$ сооб/мин, $M_{\max} = 300$ , $d_0$ доп = 1 с, PIAC = 62 BC	Зона ТМА, $\lambda = 6$ сооб/мин, $M_{\max} = 125$ , $d_0$ доп = 0,5 с, PIAC = 53 BC
--	--



Графики результатов расчётов задержек передачи пакетов  $d_0$

Зона «Подход» $\lambda = 10$ сооб/мин, $M_{\max} = 27$ , $d_0$ доп = 0,1 с, PIAC = 26 BC	Зона «Руление» $\lambda = 20$ сооб/мин, $M_{\max} = 14$ , $d_0$ доп = 0,1 с, PIAC = 26 BC
--	---



Графики результатов расчётов задержек передачи пакетов  $d_0$

Зона ВП «В шлюзе»  $\lambda = 2$  сооб/мин,  $M_{\max} = 450$ ,  $d_{0\text{ доп}} = 1$  с, PIAC = 238 BC

Таблица 16. Результаты моделирования протокола доступа к каналу VDL-4

Зона ENR, $\lambda = 3$ , интервал 20 с	Зона ТМА, $\lambda = 6$ , интервал 10 с	Зона «Подход» $\lambda = 10$ , интервал 6 с	Зона «Руление» $\lambda = 20$ , интервал 3 с	Зона «В шлюзе» $\lambda = 2$ , интервал 30 с
$d_{0\text{ доп}} = 1$ с	$d_{0\text{ доп}} = 0,5$ с	$d_{0\text{ доп}} = 0,1$ с	$d_{0\text{ доп}} = 0,1$ с	$d_{0\text{ доп}} = 1$ с
2 канала	2 канала	3 канала	2 канала	2 канала
$M_{\max} = 300$	$M_{\max} = 125$	$M_{\max} = 27$	$M_{\max} = 14$	$M_{\max} = 450$
PIAC = 62 BC	PIAC = 53 BC	PIAC = 26 BC	PIAC = 26 BC	PIAC = 238 BC
600 на двух каналах	250 на двух каналах	81 на трёх каналах	28 на двух каналах	900 на двух каналах

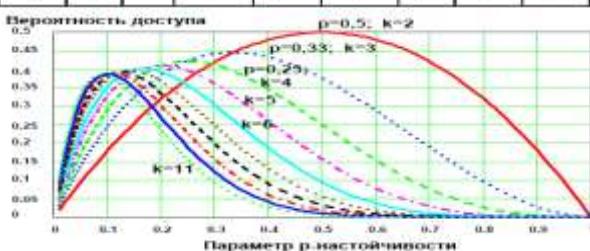
### 11.2.3. Лабораторная работа №3

Расчёт системных характеристик сети VDL-2 с прогнозируемым р-настойчивым протоколом множественного доступа к каналу с прослушиванием несущей (pp-CSMA)

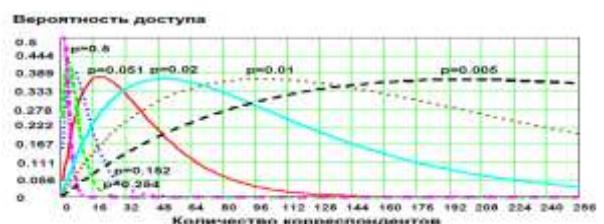
$$D_{3jkv} = T_{jv} \cdot \frac{1-p_i}{(p_i)^2} = T_{jv} \cdot k^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{k}\right) \text{ – задержка передачи пакета в зависимости от длины пакета и числа узлов}$$

Расчёт времени задержки пакета по протоколу pp-CSMA  
(для скоростей передачи данных  $V1=31,5$  кбит/с,  $V2=100$  Мбит/с,  $V3=1000$  Мбит/с)

Объём пакета, бит		1 Мб	500 кб	250 кбит	125 кбит	60 кбит	30 кб	15 кбит	8 кбит	4 кбит	2 кбит	1 кбит	800 бит	600 бит	500 бит	400 бит	300 бит	200 бит
№ задания		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Время передачи пакета $T_s$ , с	$V_1$	31,75	15,87	7,936														
	$V_2$	0,01	0,005	0,0025														
	$V_3$	0,001	0,0005	0,00025														
р=1/k		Теоретическое время задержки передачи пакета $D_3$ , с																
0,1	10	$V_1$																
		$V_2$																
0,2	5	$V_1$																
		$V_2$																
0,33	3	$V_1$																
		$V_2$																
0,5	2	$V_1$																
		$V_2$																
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Зависимость вероятности доступа к каналу  $P_{\text{дос}}$  от параметра р-настойчивости и числа узлов  $k$



Зависимости вероятности доступа от числа узлов для разных значений р-настойчивости

#### 11.2.4. Лабораторная работа №4

##### Расчёт телекоммуникационного ресурса и спектральной эффективности радиолиний стандарта IEEE 802.16 m (4G).

Требуется рассчитать пропускную способность и спектральную эффективность для разных полос сигналов, дуплекса с частотным или временным разделением, разных длительностей циклического префикса, для стандартного набора параметров OFDM сигналов из IEEE 802.16m (4G), приведённого в таблице 17.

Таблица 17. Стандартный набор параметров сигналов OFDM из IEEE 802.16m (4G)

Номинальная ширина полосы канала (МГц)		5	7	8.75	10	20
Коэффициент дискретизации		28/25	8/7	8/7	28/25	28/25
Частота дискретизации (МГц)		5.6	8	10	11.2	22.4
Размер быстрого преобразования Фурье		512	1024	1024	1024	2048
Разнос поднесущих (кГц)		10.94	7.81	9.76	10.94	10.94
Полезное время символа $T_u$ (мкс)		91.429	128	102.4	91.429	91.429
CP $T_g = 1/8 T_u$	Длительность символа $T_s$ (мкс)		102.857	144	115.2	102.857
	FDD	Число OFDM символов в кадре 5 мс	48	34	43	48
		Время простоя (мкс)	62.857	104	46.40	62.857
	TDD	Число OFDM символов в кадре 5 мс	47	33	42	47
		TTG+RTG (мкс)	165.714	248	161.6	165.714
CP $T_g = 1/16 T_u$	Длительность символа $T_s$ (мкс)		97.143	136	108.8	97.143
	FDD	Число OFDM символов в кадре 5 мс	51	36	45	51
		Время простоя (мкс)	45.71	104	104	45.71
	TDD	Число OFDM символов в кадре 5 мс	50	35	44	50
		TTG+RTG (мкс)	142.853	240	212.8	142.853
CP $T_g = 1/4 T_u$	Длительность символа $T_s$ (мкс)		114.286	160	128	114.286
	FDD	Число OFDM символов в кадре 5 мс	43	31	39	43
		Время простоя (мкс)	85.694	40	8	85.694
	TDD	Число OFDM символов в кадре 5 мс	42	30	37	42
		TTG+RTG (мкс)	199.98	200	264	199.98

Таблица 18. Задание к лабораторной работе № 4

п/н	ФИО	Полоса канала МГц	Дуплекс	Циклический префикс	Коэффициент использования канала в Uplink, $k_u$	Коэффициент использования канала в Downlink, $k_d$
1		5	FDD	1/8 Tu	1	1
2		7	TDD	1/4 Tu	0,35	0,65
3		7	FDD	1/16 Tu	1	1
4		8,75	TDD	1/8 Tu	0,45	0,55
5		8,75	FDD	1/4 Tu	1	1
6		10	TDD	1/16 Tu	0,2	0,8
7		10	FDD	1/8 Tu	1	1
8		20	TDD	1/4 Tu	0,25	0,75
9		20	FDD	1/16 Tu	1	1
10		20	TDD	1/8 Tu	0,5	0,5
11		20	FDD	1/4 Tu	1	1
12		20	TDD	1/16 Tu	0,15	0,85

Задавшись полосой сигнала  $W$  и коэффициентом дискретизации  $K_s$ , требуется рассчитать все параметры структуры OFDM сигнала: частоту дискретизации сигнала  $F_s$ , интервал дискретизации по времени  $T_d$ , определить размерность быстрого преобразования Фурье (БПФ)  $N_{fft}$ , вычислить длительность полезной части символа  $T_u = N_{fft} \cdot T_d$ ; определить ортогональный разнос поднесущих по частоте  $\Delta f = 1/T_u$ ; вычислить длительность  $T_g$  защитного интервала (циклического префикса) для борьбы с многолучевостью, вычислить

длительность символа  $T_S = T_g + T_U$ , оценить количество символов на длительности кадра  $N_S = T_f/T_S$ ; вычислить символную скорость  $B$ , и задавшись числом поднесущих, кодовой скоростью  $r$ , числом бит  $H$ , переносимых одним символом  $MQAM$ , ( $H = \log_2(M)$ ), вычислить пропускную способность радиолинии 802.16m и затем её спектральную эффективность.

### 11.2.5. Лабораторная работа №5

#### Расчёт телекоммуникационного ресурса и спектральной эффективности системы авиационной радиосвязи AeroMACS

**Таблица 19. Задание к лабораторной работе № 5**

Используя заданные в спецификации на систему AeroMACS сигнально кодовые конструкции, протокол доступа к каналу, характеристики мультиплекса OFDM, коэффициенты использования пропускной способности канала в линиях UpLink и Downlink вычислить теоретический телекоммуникационный ресурс в разных заданных полосах с шагом 5 МГц.

**Расчёт телекоммуникационного ресурса и спектральной эффективности системы связи AeroMACS**

**Таблица 3 - Пропускные способности линии связи «DownLink» AeroMACS для отношения DL/UL = 25/12**

№	Модуляция	Число поднесущих данных	Символьный период мкс	Бит на символ	Кодовая скорость	Число символов данных	Общее число символов в кадре OFDM	Доступная скорость для полосы 5 МГц, Мбит/с
1	64QAM	360	102,9	6	5/6	25	47	
2	64QAM	360	102,9	6	3/4	25	47	
3	64QAM	360	102,9	6	2/3	25	47	
4	64QAM	360	102,9	6	1/2	25	47	
5	16QAM	360	102,9	4	3/4	25	47	
6	16QAM	360	102,9	4	1/2	25	47	
7	QPSK	360	102,9	2	3/4	25	47	
8	QPSK	360	102,9	2	1/2	25	47	

**Таблица 4 - Пропускные способности линии связи «Uplink» AeroMACS для отношения DL/UL = 25/12**

№	Модуляция	Число поднесущих данных	Символьный период мкс	Бит на символ	Кодовая скорость	Число символов данных	Общее число символов в кадре OFDM	Доступная скорость для полосы 5 МГц, Мбит/с
1	64QAM	272	102,9	6	5/6	12	47	
2	64QAM	272	102,9	6	3/4	12	47	
3	64QAM	272	102,9	6	2/3	12	47	
4	64QAM	272	102,9	6	1/2	12	47	
5	16QAM	272	102,9	4	3/4	12	47	
6	16QAM	272	102,9	4	1/2	12	47	
7	QPSK	272	102,9	2	3/4	12	47	
8	QPSK	272	102,9	2	1/2	12	47	

### 11.2.6. Лабораторная работа №6

#### Расчёт телекоммуникационного ресурса системы авиационной радиосвязи LDACS1

##### Варианты заданий к лабораторной работе по расчёту телекоммуникационного ресурса

Рассчитать скорости передачи данных в прямой (FL) и обратной линиях (RL) для разных сигнально-кодовых конструкций, заданных общих кодовых скоростей (свёрточного и Рида-Соломона) (rcc+RS), и заданного количества кодированных бит на выходе спирального перемежителя (numCD), приведённых в табл. 8.1, с учётом количества мультикадров (4) в суперкадре длительностью  $T_{SF} = 240$  мс по формуле (8.1):

$$R2_{data} = \frac{numCD \cdot r_{cc+RS} \cdot numMF}{T_{SF}}.$$

Номера вариантов заданий приведены в столбце 6 табл. 8.1. Результаты расчётов по формуле 8.1 скорости передачи данных пользователя, должны быть приведены в столбце 5 табл. 8.1, где номера столбцов обозначают следующее:

1- тип блока данных физического уровня;

2- вид модуляции;

3-  $r_{cc+RS}$  общая кодовая скорость (Рида-Соломона + свёрточного кода) (cc + RS);

4- количество кодированных бит на выходе спирального перемежителя;

5- доступная скорость передачи данных (кбит/с) – надо вычислить

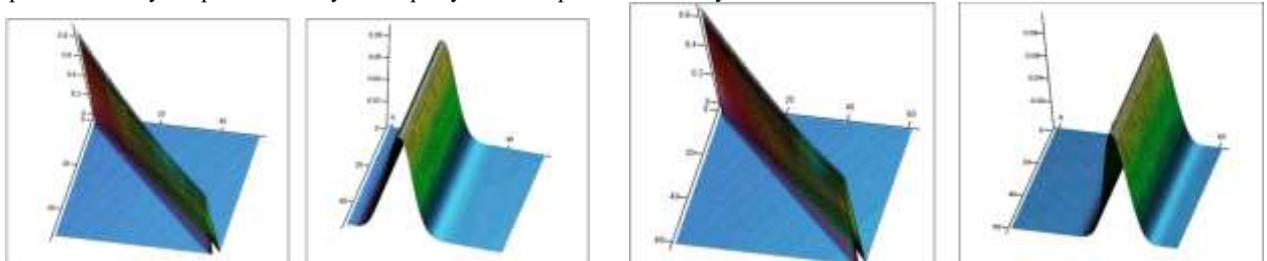
**Таблица 8.1. Скорости передачи данных в линиях FL системы LDACS1**

1	2	3	4	5	6
FL Data PHY-SDU	QPSK	0,68	268	1	
		0,69	536	2	
		0,67	804	3	
		0,69	1072	4	
		0,69	1340	5	
		0,66	1608	6	
		0,67	1876	7	
		0,67	2144	8	
		0,66	2412	9	
		0,68	2680	10	
FL Data PHY-SDU	16QAM	0,43	536	11	
		0,44	1072	12	
		0,42	1608	13	
		0,43	2144	14	
		0,43	2680	15	
		0,44	3216	17	
FL Data PHY-SDU	16QAM	0,43	3752	18	
		0,6	536	19	
		0,59	2802	20	
		0,59	1905	21	
FL Data PHY-SDU	64QAM	0,6	6453	22	
		0,6	2679	23	
		0,45	857	24	
		0,45	1623	25	
		0,45	2489	26	
		0,46	3256	27	
		0,45	4023	28	

### 11.2.7. Лабораторная работа №7

#### Расчёт времени задержки передачи пакетов в системе LDACS1 в разных зонах воздушного пространства

Определить размеры воздушного пространства ВП и количество одновременно обслуживаемых ВС (PIAC) в заданном ВП, также определить скорость полёта, согласно рекомендациям COCR. Полученную модель ВП, ВД, сетевого сценария использовать для оценки интенсивности потока запросов на вхождение в зону ВП. Учитывая случайный протокол доступа к каналу для запросов на вхождение в сеть, вычислить вероятность появления запроса в одном из двух слотов случайного доступа, предусмотренных в начале каждого суперкадра. С помощью модели Марковской цепи «рождения и гибели» рассчитать задержку передачи пакета запроса на вхождение, обусловленную коллизиями случайного доступа, среднюю длину очереди к каналу и задержку комбинированного доступа в сети.



Матрицы вероятностей переходов состояний очереди к каналу за один шаг (G) и за k шагов (G<sup>k</sup>) для зоны ТМА

Матрицы вероятностей переходов состояний очереди к каналу за один шаг (G) и за k шагов (G<sup>k</sup>) для зоны на круизе (на маршруте) ENR

Приведённые результаты расчёта плотности вероятности состояний очереди к каналу показывают, что в ВП на круизе очередь к каналу велика – порядка 40 пакетов находятся в режиме повторной передачи, но общая средняя задержка комбинированного доступа остаётся много меньше заданного порогового значения.

### 11.2.8. Лабораторная работа №8

#### Расчёт бюджетов авиационных радиолиний режимов VDL-2, VDL-4, AeroMACS и LDACS1

Работа посвящена оценке мощности принимаемого сигнала и отношения сигнал/шум на входе приёмника с учётом потерь распространения в свободном пространстве, заданных ограничений ресурсов: мощности передатчика, усиления антенн, видов сигнально-кодовых конструкций (СКК), потерь в антенно-фидерных трактах, потерь отражения от выпуклой поверхности земли, с учётом эффективного радиуса земли и зеркального отражения от земной поверхности, с учётом температуры собственного теплового шума приёмника, антennы, фидера. Количество учитываемых параметров оборудования и географического положения трассы велико.

### 11.2.9. Лабораторная работа №9

#### Расчёт достоверности передачи данных в авиационных радиолиниях режимов VDL-2, VDL-4, AeroMACS и LDACS1

Работа посвящена исследованию методик принятия решений о приёме/неприёме пакетов данных при имитационном моделировании авиационных радиолиний режимов VDL-2, VDL-4, также радиолиний AeroMACS и LDACS1 использующих сигнально-кодовые созвездия OFDM + MQAM + (1/2, 2/3, 3/4, 5/6) с учётом рекомендаций, выработанных в процессе тщательных исследований приёмников указанных линий

данных на имитаторах авиационных каналов связи в контролируемых условиях. В нормативных сертификационных документах (MOPS и MASPS) [30, 31, 40, 47, 64] на цифровые авиационные системы связи VDL-2, VDL-4, AeroMACS и LDACS1 приведены рекомендуемые схемы приёма, минимальные требуемые отношения «сигнал/шум» на символ, на бит и на пакет, значения чувствительности приёмника для разных схем приёма и видов кодирования. Также в нормативных сертификационных документах приведены поправки (потери энергетики линии), связанные с несовершенством реализации схем приёмника и передатчика.

**РЕЦЕНЗИЯ**  
на рабочую программу дисциплины «\_\_\_\_\_»  
**ОП ВО по направлению *шифр* \_\_\_\_\_, направленность \_\_\_\_\_**  
**(квалификация выпускника – бакалавр/специалист/магистр)**

ФИО, должность, место работы, ученая степень (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «\_\_\_\_\_» ОП ВО по направлению *шифр* – «\_\_\_\_\_», направленность «\_\_\_\_\_» (уровень обучения) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре \_\_\_\_\_ (разработчик – ФИО, должность, ученая степень).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению *шифр* – «\_\_\_\_\_. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой/вариативной части учебного цикла – **Б1**.

Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления *шифр* \_\_\_\_\_.

В соответствии с Программой за дисциплиной «\_\_\_\_\_» закреплено \_\_\_\_\_ компетенций. Дисциплина и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях. Дополнительная (если есть) компетенция не вызывает сомнения в свете профессиональной значимости и соответствия содержанию дисциплины «\_\_\_\_\_».

**Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «\_\_\_\_\_» составляет \_\_\_\_\_ зачётных единицы (\_\_\_\_ часов). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «\_\_\_\_\_» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению *шифр* – \_\_\_\_\_ и возможность дублирования в содержании отсутствует.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Программа дисциплины «\_\_\_\_\_» предполагает \_\_\_\_\_ занятий в интерактивной форме.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления *шифр* \_\_\_\_\_.

Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, диспутах, круглых столах, мозговых штурмах и ролевых играх, выполнение эссе, участие в тестировании, коллоквиумах, работа над домашним заданием в форме игрового проектирования (в профессиональной области) и аудиторных заданиях - работа с историческими текстами), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена/зачета с оценкой/зачета/защиты КР/КП, что

*соответствует* статусу дисциплины, как дисциплины **базовой/вариативной** части учебного цикла – **Б1** ФГОС ВО направления *шифр* \_\_\_\_\_.

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, *соответствуют* специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – \_\_\_\_\_ источник (базовый учебник), дополнительной литературой – \_\_\_\_\_ наименований, периодическими изданиями – \_\_\_\_\_ источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – \_\_\_\_\_ источника и *соответствует* требованиям ФГОС ВО направления *шифр* \_\_\_\_\_.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «\_\_\_\_\_» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «\_\_\_\_\_».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «\_\_\_\_\_» ОПОП ВО по направлению *шифр* \_\_\_\_\_, направленность «\_\_\_\_\_» (квалификация выпускника – бакалавр/специалист/магистр), разработанная ФИО, должность, ученая степень соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: ФИО, должность, место работы, ученая степень

\_\_\_\_\_ «\_\_\_\_\_» 20\_\_\_\_ г.  
(подпись)

Подпись рецензента ФИО заверяю<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Только для внешних рецензентов

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института (наименование)

“ \_\_\_\_ ” 2021 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины<sup>10</sup>**  
**ФТД.1 «Построение систем и сетей авиационной радиосвязи»**  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров

Направление: {шифр – название} 09.03.02 "Информационные системы и технологии"

Направленность: "Информационно-телекоммуникационные системы и сети"

Форма обучения очная /очно-заочная

Год начала подготовки: 2021 г.

Курс 2

Семестр 4

<sup>11</sup> а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2021 г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1) .....;
- 2) .....;
- 3) .....

Разработчик (и): Горячева Тамара Ивановна, к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«\_\_» 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭСВМ  
протокол № \_\_\_\_ от «\_\_» 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Ю. Бабанов

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ЭСВМ, Бабанов Н.Ю. «\_\_» 2021 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» 2021 г.

<sup>10</sup> Рабочая программа дисциплины актуализируется ежегодно перед началом нового учебного года

<sup>11</sup> Разработчик выбирает один из представленных вариантов