

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДЕНО:  
Директор  
А. В. Замятин



Рабочая программа дисциплины

**Надежность телекоммуникационных систем**

по направлению подготовки

**02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии**

Направленность (профиль) подготовки:

**Математика беспроводных сетей связи и интернета вещей**

Форма обучения

**Очная**

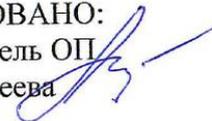
Квалификация

**Магистр**

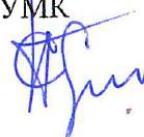
Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
С.П. Моисеева



Председатель УМК  
С.П. Сущенко



Томск – 2024

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки как при исследовании самостоятельных тем, так и разработки по тематике организации.

ПК-3 Способен производить анализ особенностей функционирования инфокоммуникационных систем и предоставляемых на их основе услуг, оценивать качество предоставляемых услуг и формировать требования к показателям функционирования сервисов ИС в соответствии с запросами и отраслевыми нормами.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1 Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

ИПК-1.2 Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений

ИПК-3.1 Осуществляет выбор методов анализа и обработки данных

ИПК-3.2 Оценивает значимость параметров и показателей, характеризующих потребительские свойства услуг, предоставляемых инфокоммуникационной системой

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить математический аппарат оценки надежности проектируемых и эксплуатируемых телекоммуникационных систем;

– Научиться проводить анализ надежности аппаратного и программного обеспечения систем.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Специализация.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Третий семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Теория телетрафика», «Математические модели телекоммуникационных потоков», «ИТ для имитационного моделирования», «Интернет вещей».

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-лабораторные: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Основные понятия теории надежности

Основные понятия: объект, система, элемент, эксплуатация, надежность, отказ (полные, частичные, постепенные, внезапные, сбои, математическая классификация отказов), безотказность, долговечность, ремонт, ремонтпригодность, безопасность.

Количественные показатели надежности и их определение:

Показатели безотказности: вероятность безотказной работы/вероятность отказа, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ, средняя наработка до отказа, средняя наработка между отказами.

Показатели ремонтпригодности: вероятность восстановления работоспособного состояния, среднее время восстановления.

Комплексные показатели: коэффициент готовности, коэффициент технического использования, коэффициент оперативной готовности.

Модели надежности: Функция распределения времени безотказной работы. Функция надежности. Законы надежности: показательный/экспоненциальный, нормальный, логнормальный, усеченный нормальный, гамма, Гнеденко – Вейбулла, Релея, Пуассона.

## Тема 2. Надежность восстанавливаемых систем

Процесс восстановления; поток отказов. Рекуррентные потоки отказов. распределение и числовые характеристики моментов отказов; распределение числа восстановлений; асимптотические свойства процесса восстановления; теоремы восстановления; понятия «возраст» и «остаточное время жизни» в теории надежности, их распределения; показатели надежности с учетом времени замены.

## Тема 3. Статистический анализ надежности

Наблюдения и планы испытаний на надежность; статистические оценки показателей надежности невосстанавливаемых систем (эмпирическая функция надежности, частота отказов); статистические оценки показателей надежности восстанавливаемых систем (интенсивность потока отказов, наработка на отказ, длительность восстановления, коэффициент готовности, коэффициент простоя). Оценка показателей надежности передачи данных на примере модели распределенной радиопеленгационной системы и канала связи БПЛА

## Тема 4. Структурная надежность и резервирование.

Структурная функция системы. Последовательное, параллельное соединение элементов, система типа «k из n». Монотонные структуры. Вектор состояний системы: вектор-сечение, вектор-путь. Функция надежности монотонных структур.

Резервирование без восстановления. Способы резервирования (структурное, функциональное, временное, постоянное/нагруженное, резервирование замещением/ненагруженное, скользящее). Свойства надежности резервированных систем (зависимость надежности от уровня резервирования, скорость роста надежности при резервировании). Раздельное и общее резервирование.

Резервирование с восстановлением. Математическая модель. Функция надежности восстанавливаемой системы.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля выполнения лабораторных работ и индивидуальной работы и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Экзамен в третьем семестре состоит из двух частей, первая из которых проводится в устной форме, вторая – в письменной форме в виде ответа на вопрос билета. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «LMS IDO»

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Гольдштейн, Б. С. Инфокоммуникационные сети и системы/ Санкт-Петербург : 2019. – 208 с.
2. Вишневский В.М., Семёнова О.В., Ефросинин Д.В. Математические модели и методы исследования гибридных сетей связи на основе лазерной и радиотехнологий. М.: ИПУ РАН, 2020. – 120 с.
3. Naumov V.A., Gaidamaka Y.V., Yarkina N.V., Samouylov K.E.. Matrix and Analytical Methods for Performance Analysis of Telecommunication Systems.Springer Nature Switzerland AG. 2021. 308 с.
4. Пагано М., Рыков В.С., Хохлов Ю.С. Модели телетрафика. М: ИНФРА-М, 2018. – 178 с.
5. Рыков, В. В. Надёжность технических систем и техногенный риск : учебное пособие / В.В. Рыков, В.Ю. Иткин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 192 с.
6. Степанов С. Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. – М.:Горячая линия – Телеком, 2015. – 868 с.
7. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности: Пер. с англ. 1969. 488 с.
8. Герцбах И. Б., Кордонский Х. Б. Модели отказов/ Под ред. Б. В. Гнеденко. - Москва: Сов. радио, 1966. - 166 с.
9. Глазунов Л. П., Грабовецкий В. П., Щербаков О. В. Основы теории надежности автоматических систем управления : [Учеб. пособие для вузов по спец. "Автоматика и телемеханика"].– Л. : Энергоатомиздат : Ленингр. отделение, 1984. - 207 с.
10. Голинкевич Т. А. Прикладная теория надежности : [Учеб. для вузов по спец. "Автоматизир. системы управления"] - М. : Высш. шк., 1985. - 168 с.
11. ПоловкА. М. о, Гуров С. В. Основы теории надежности — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. —704 с.
12. ПоловкА. М. о, Гуров С. В. Основы теории надежности. Практикум. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. —560 с.
13. Яхьяев Н.Я. Основы теории надежности и диагностика : учебник для вузов / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. — 2-е изд., перераб.. — Москва: Академия, 2014. — 208 с.. — Высшее профессиональное образование. Транспорт. —Бакалавриат. — Библиогр.: с. 205.
14. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. Москва: Техносфера, 2002. – 512 с.

б) дополнительная литература:

1. – Елагин, А. А. Зарубин, А. Е. Селиванов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2018. – 48 с.
2. Pallavi Sethi, Smruti R. Sarangi Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications/Journal of Electrical and Computer Engineering. Vol. 2017.- 26с.
3. Е.А.Ушаков, М.В.Ушакова. Исследование работы беспроводных интернет устройств с различными протоколами ячеистой маршрутизации. Современные информационные технологии и ИТ-образование, Том 14 (3).- 2018. – С.686-691.
4. Мушовец К. В., Золотарев В. В. Логико-вероятностный анализ надежности функций сбора и доставки телеметрии до земной станции спутниковой системы связи // Проблемы анализа риска. 2013. Т. 10, № 1. С. 50–57.
5. Мушовец К. В., Золотарев В. В. Методика определения надежности сбора и обработки телеметрии в системе спутниковой связи // Системы управления и информационные технологии. 2012. Т. 48, № 2.2. С. 308–312.
6. Ромасевич Е.П., Пасюк А.О. Исследование трафика беспроводных устройств в условиях развития интернета вещей // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. Т. 12, № 1. С. 214-221.
7. Ромасевич Е.П. О создании и развитии имитационной модели сети «Интернета вещей» // Ученые записки ИСГЗ. 2016. Выпуск № 2(14), Часть I. С. 64-68.
8. Ромасевич Е.П. Исследование влияния передачи трафика IPv6 на работоспособность сети MetroEthernet на основе имитационной модели.– Современные информационные технологии и ИТ-образование / Сборник избранных трудов IX Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2014. – 957 с.
9. Fremantle P. A Reference Architecture For The Internet Of Things. Version 0.9.0 (October 20, 2015). URL: [https://wso2.com/wso2\\_resources/wso2\\_whitepaper\\_a-reference-architecture-for-the-internet-of-things.pdf](https://wso2.com/wso2_resources/wso2_whitepaper_a-reference-architecture-for-the-internet-of-things.pdf)
10. Austin R. Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. 372 p.
11. Haas E. Aeronautical channel modeling// IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2002. V. 51. № 2. P. 254-264.

в) ресурсы сети Интернет:

– Журнал «Эксперт» - <http://www.expert.ru>

– Журнал «Сети и системы связи», Б. Л. Сатовский. Создание мультисервисных сетей: задачи и перспективы/ Способ доступа: URL: [http://www.ccc.ru/magazine/depot/99\\_12/read.html?0303.htm](http://www.ccc.ru/magazine/depot/99_12/read.html?0303.htm)

– Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ - [www.gsk.ru](http://www.gsk.ru)

– <https://hindawi.com/journals/jece/>

– <https://gnedenko.net/Journal/index.htm>

– <http://www.mathnet.ru/>

– <https://www.researchgate.net/>

– <https://www.mdpi.com/journal/mathematics>

– <https://cyberleninka.ru/>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оборудованные ПК с лицензионной ПО MathCad, Statistica.

#### **15. Информация о разработчиках**

Туренова Ирина Алексеевна, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры теории вероятностей и математической статистики ИПМКН ТГУ