



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

Начало XXI века ознаменовалось достаточно широким внедрением беспроводных сенсорных сетей, представляющих собой первые самоорганизующиеся сети, которые начали использоваться на сетях связи общего пользования. Множество научно-исследовательских работ в этой области, появление стандартов Международного союза электросвязи, успешное внедрение пилотных проектов способствовали тому, что в начале второго десятилетия XXI века эти работы были продолжены уже в направлении создания и внедрения концепции Интернета вещей. Концепция Интернета вещей, технологической основой которой во многих ее приложениях и стали беспроводные сенсорные сети, подразумевает прежде всего принципиальное изменение количественных характеристик сети. Включение вещей, и физических, и виртуальных, в клиентскую базу сетей связи приводит к необходимости решения проблем построения сетей связи, в которых число терминалов сети будет исчисляться триллионами, в отличие от существующих традиционных сетей, принципы построения которых ориентировались на миллиардную клиентскую базу. Такое количественное изменение в области сетей связи привело потребовало пересмотра основных подходов к разработке и исследованию моделей и методов построения сетей, многие из которых были опробованы на этапе внедрения беспроводных сенсорных сетей.

В рамках дисциплины происходит обучение математическому аппарату теории массового обслуживания для анализа и количественной оценки процессов обслуживания информационных потоков в системах распределения информации (системах телетрафика) в том числе для описания процессов передачи данных в IoT, БПЛА, а также смежных сквозных технологий.

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- УК-1 – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- ПК-4 – Способен управлять получением, хранением, передачей, обработкой больших данных.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИУК-1.1. Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет её многофакторный анализ и диагностику

ИУК-1.2. Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации.

ИУК-1.3. Предлагает и обосновывает стратегию действий с учетом ограничений, рисков и возможных.

ИПК-4.1 Осуществляет мониторинг и оценку производительности обработки больших данных.

ИПК-4.2 Использует методы и инструменты получения, хранения, передачи, обработки больших данных.

ИПК-4.3 Разрабатывает предложения по повышению производительности обработки больших данных.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Изучить теоретические, математические и алгоритмические основы реализации и применения теории массового обслуживания в современных инфокоммуникационных сетях и системах.

– Приобрести знания по основным понятиям разделов теории массового обслуживания: описания моделей систем массового обслуживания различных типов; анализ систем с произвольным распределением времени обслуживания; расчет необходимого числа соединительных линий; анализ систем массового обслуживания с приоритетами; приобретение навыков постановок и решения прикладных задач.

– Освоить основные цифровые инструменты, необходимых для поиска и анализа информации, научных публикаций, для оценивания современного состояние научной проблематики моделирования инфокоммуникационных систем.

– Освоить основные цифровые инструменты, необходимые вычисления основных характеристик сетей связи МСД и организации проектно-научной деятельности.

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

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

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

Первый семестр, экзамен

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

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

### **6. Язык реализации**

Русский

### **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-лабораторные: 32 ч.

-практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

#### **Раздел 1. Краткий исторический обзор развития теории телетрафика.**

Тема 1. Определение, предмет и задачи теории телетрафика.

Тема 2. Проблематика и современные вызовы теории телетрафика

- Концепция Интернета вещей, как новое направление развития сетей, систем и устройств телекоммуникаций.
- Концепция Тактильного Интернета.
- Эволюция задержек в сетях и системах связи.
- Эволюция требований к скорости передачи.
- Новый вид сетей связи общего пользования — летающие сенсорные сети (VANET,FANET)

#### **Раздел 2. Основные положения теории телетрафика**

Тема 1. Модели и алгоритмы, используемые для оценки характеристик передачи трафика и данных в сетях и системах связи.

Тема 2. Анализ основных этапов, из которых состоит стандартное исследование в области теории телетрафика: построение функциональной модели рассматриваемого объекта, формулировка предположений о характере поступления и обслуживания информационных сообщений, выбор метрики для оценки показателей качества предоставления инфокоммуникационных сервисов.

#### **Раздел 3. Классификация алгоритмов обслуживания заявок в СМО.**

Тема 1. Поток заявок Нестационарный и неординарный пуассоновские потоки. Поток с простым последствием. Симметричный и примитивный потоки.

Тема 2. Классификация алгоритмов обслуживания заявок в СМО. Классификация Кендалла-Башарина. Основные понятия качества обслуживания

Тема 3. Основные модели обслуживания трафика (среди них модели: Эрланга, Энгсета, с групповым поступлением заявок, с ограниченным доступом, с резервированием, с учётом повторных вызовов и т.д.).

Тема 4. Основные методы исследования и алгоритмы расчета характеристики для классических моносервисных конструкций, а также их мультисервисных аналогов (результаты Эрланга, Поллачека-Хинчина)

Тема 5. Интерпретация параметров и характеристик моделей, позволяющей использовать полученные результаты для решения задач анализа и планирования сетей связи

#### **Раздел 4. Модели современных ИКС в виде систем и сетей массового обслуживания**

Тема 1. Летающая сенсорная сеть как система и сеть массового обслуживания

Тема 2. Рой БПЛА как сеть массового обслуживания

Тема 3. Модели доставки данных в сеть связи общего пользования на базе беспилотных летательных аппаратов

Тема 4. Модель фрагмента летающей сенсорной сети для передачи данных на большие расстояния

### **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем тестов и коллоквиумов, выполнения учебных и домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

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

Контролируются следующие компетенции: ИУК-1.1; ИУК-1.2; ИУК-1.3; ИПК-4.1; ИПК-4.2; ИПК-4.3

**Итоговая оценка по предмету (экзамен) выставляется на основе оценки компетенций, согласно таблице:**

<b>Вид работы</b>	<b>Удельный вес</b>	<b>Критерии оценки</b>
Расчетные-графические работы	25	от 0-5 баллов за выполнение работы (максимум 25 баллов)
Коллоквиум	20	от 0-20 баллов
Тест	20	от 0-20 баллов
Реферат	10	от 0-20 баллов
Экзамен	25	от 0-20 баллов

Итоговая оценка по предмету (экзамен) выставляется следующим образом:

- «отлично» – студент выполнил набрал не менее 80 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы/тесты;
- «хорошо» – студент выполнил от 65 до 80 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы;
- «удовлетворительно» – студент выполнил от 50 до 65 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы/тесты;

- «неудовлетворительно» – студент не сдал лабораторные работы, не выполнил набрал менее 50 первичных баллов или сдал контрольную работу/тест на «неудовлетворительно».

Во время экзамена студент может повысить свою оценку, сдав заново соответствующую контрольную работу, при условии выполнения остальных требований к оценке.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle».
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика: Учебное пособие. М.: РУДН., 2009. , 342с
2. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. Телеком. 2015. – С. 337
3. Рыков, В. В. Основы теории массового обслуживания (Основной курс: марковские модели, методы марковизации) : учебное пособие / В.В. Рыков, Д.В. Козырев. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 223 с
4. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория массового обслуживания Томск: Изд-во НТЛ 2010, 228 с.
5. М. Пагано .Модели телетрафика : учеб. пособие / М. Пагано, В.В. Рыков, Ю.С. Хохлов ; под общ. ред. В.В. Рыкова. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 178 с.

б) дополнительная литература:

- Пономарев, Д. Ю. Теория телетрафика : учеб. пособие / Д. Ю. Пономарев ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2017. – 160 с.
- Кирпичников А.П. Методы прикладной теории массового обслуживания Казанский университет 2018, 224 с.
1. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г.Г. Сети связи. СПб.: «БХВ – Петербург», 2014. – 400 с.
  2. Ю.В. Гайдамака. Модели и методы анализа и расчета показателей эффективности беспроводных гетерогенных сетей: Монография / Ю.В. Гайдамака, Э.С. Сопин, И.А. Гудкова, С.Д. Андреев С.Я. Шоргин, К.Е. Самуйлов. – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 71 с.: ил
  3. Андреев Ю.С., Третьяков С.Д., Промышленный интернет вещей– СПб: Университет ИТМО, 2019. – 54 с.
  4. Вишневский В.М., Дудин А.Н., Клименок В.И. Стохастические системы с коррелированными потоками. Теория и применение в телекоммуникационных сетях. М.: Рекламно-издательский центр "ТЕХНОСФЕРА", 2018. – 564 с.
  5. Дудин А.Н., Клименок В.И., Вишневский В.М. The theory of queuing systems with correlated flows. Heidelberg, Germany: Springer, 2020. – 447 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- Научная электронная библиотека – <https://www.elibrary.ru/>
- Международные научные базы цитирования <https://www.scopus.com/> и <https://www.webofknowledge.com/>
- Тематические научные журналы:
- Mathematics (<https://www.mdpi.com/journal/mathematics>)

- Queueing Systems (<https://www.springer.com/journal/11134>)
- Автоматика и телемеханика (<http://ait.mtas.ru/ru>)
- Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (<https://journals.rudn.ru/miph>)
- Reliability: Theory & Applications (<https://gnedenko.net/Journal>)

### **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);
  - математический пакет программ MathCad
  - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
  - инструменты видео-конференций (Adobe Connect, Яндекс.Телемост, Zoom, Voov)
  - онлайн-доски Jamboard, Miro, SBoard,
  - вспомогательные цифровые инструменты для образовательного процесса (Mentimeter, Yandex Forms, Overleaf, PDF-XChange Viewer, Яндекс.Контекст)

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>

### **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 математического пакета MathCad

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

Моисеева Светлана Петровна, доктор физико-математических, профессор, и.о. зав. кафедрой теории вероятностей и математической статистики НИ ТГУ.

Полховская Анна Васильевна, учебный мастер кафедры теории вероятностей и математической статистики НИ ТГУ.