Федеральное государственное образовательное бюджетное

учреждение высшего образования

**«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»**

**(Финансовый университет)**

Колледж информатики и программирования

**ОТЧЁТ**

**По лабораторной работе №25**

Студент: Глазков Никита Павлович

Дисциплина/Профессиональный модуль: Инфокоммуникационные системы и сети

Группа: 3ПКС-220

Вариант: 7

Преподаватель

Сибирев И.В.

Оценка за работу :\_\_\_\_\_\_\_

**Москва – 2023г.**

# Задание 1

**Исследование и расчет основных технических характеристик ССПО**

**и способов их обеспечения**

**Цель работы:** Ознакомление с содержанием частотно-территориального планирования (ЧТП) сетей связи с подвижными объектами, общими техническими характеристиками систем связи с подвижными объектами (ССПО) и способами их обеспечения. Расчет основных технических характеристик ССПО. Получение навыков оценки электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры ССПО с использованием основных технических характеристик.

**Задание:** Изучить в процессе самостоятельной подготовки основные теоретические сведения по теме данной лабораторной работы из списка рекомендуемой литературы. Изучить влияние на ЭМС и частотно-территориальный план ССПО следующих параметров: частоты (f), мощности передатчика (Pn), расстояние между базовой и абонентской станциями (d), высоты приемной и передающей антенн (h1 и h2).

**Выполнение работы:**

Влияние допустимого отношения сигнал-интерференция (6) на NКЛ, NЧГ и коэффициент ЭМС сети q:

1. Для начала необходимо провести оценку допустимого отношения сигнал-интерференция (SIR) в зависимости от радиуса действия ЧТП ССПО и мощности передатчика. Это позволит определить, какое значение SIR будет допустимым для системы связи.
2. Затем нужно исследовать, как изменение допустимого значения SIR влияет на NКЛ, NЧГ и коэффициент ЭМС сети q. Для этого можно провести моделирование работы системы связи при различных значениях SIR и сравнить результаты.

Влияние r0 и f на уровень мощности сигнала в точке приема p0(f, d):

1. Сначала нужно оценить влияние радиуса действия ЧТП ССПО на уровень мощности сигнала в точке приема p0(f, d). Для этого можно провести моделирование работы системы связи при различных значениях r0 и сравнить результаты.
2. Затем необходимо оценить влияние частоты сигнала f на уровень мощности сигнала в точке приема p0(f, d). Для этого можно провести моделирование работы системы связи при различных значениях f и сравнить результаты.

**1) Что такое интерференция, интерференционная помеха?**

Интерференция - это явление, которое происходит, когда два или более сигналов совмещаются в одном месте пространства и взаимодействуют друг с другом, изменяя свои характеристики. Это может привести к искажению или потере сигнала.

Интерференционная помеха - это вид помех, вызванных взаимодействием нескольких сигналов, приводящих к искажению или потере информации. Это может произойти, когда в системе связи используется несколько источников сигналов или когда возникают отражения и рассеяние сигналов от различных объектов в окружающей среде. Интерференционная помеха может привести к уменьшению дальности действия сигнала, ухудшению качества связи или полной потере сигнала.

**2) Поясните понятие зоны освещенности (прямой видимости).**

Зона освещенности или зона прямой видимости - это область вокруг источника света, в которой находятся объекты, которые могут быть освещены непосредственно от источника света без препятствий. Эта зона является частью пространства, которое находится в прямой видимости от источника света. То есть, в этой зоне объекты могут быть видны напрямую, без каких-либо препятствий на пути света от источника к объекту. Зона освещенности может быть разной в зависимости от характеристик источника света, таких как его яркость и направленность, а также от окружающей среды, например, наличия препятствий на пути света.

**3) Что такое ослабление свободного пространства и от чего оно зависит?**

Ослабление свободного пространства - это явление, при котором мощность электромагнитного сигнала уменьшается по мере распространения в свободном пространстве. Это происходит из-за того, что часть энергии сигнала рассеивается или поглощается в окружающей среде и превращается в тепло.

Ослабление свободного пространства зависит от нескольких факторов:

* Расстояние между источником и приемником - чем больше расстояние между источником и приемником, тем больше ослабление свободного пространства.
* Частота сигнала - высокочастотные сигналы более сильно ослабляются при распространении в свободном пространстве, чем низкочастотные.
* Характеристики окружающей среды - свойства атмосферы, земли и других препятствий на пути распространения сигнала могут существенно влиять на ослабление свободного пространства.
* Наличие препятствий на пути распространения сигнала - стены, деревья и другие препятствия на пути распространения сигнала также могут приводить к его ослаблению.

**4) Как зависит напряженность поля от расстояния между антеннами области освещенности?**

Напряженность электрического поля, создаваемого антенной, зависит от расстояния между антеннами и областью освещения. При увеличении расстояния между антеннами напряженность поля в области освещения уменьшается. Кроме того, зависимость напряженности поля от расстояния между антеннами также зависит от типа антенны и ее характеристик.

**5) Как зависит напряженность поля от высоты подвеса антенны в области освещенности?**

Напряженность поля, создаваемого антенной, зависит от высоты подвеса антенны в области освещенности. При увеличении высоты подвеса антенны напряженность поля в области освещенности также увеличивается. Это связано с тем, что при большей высоте подвеса антенны волны, излучаемые антенной, распространяются на большие расстояния и могут дойти до более удаленных точек в области освещенности.

**6) Сравните характер зависимости от расстояния напряженности поля и мощности сигнала в точке свободном пространстве?**

Напряженность поля обычно убывает с расстоянием от источника по закону обратной квадратичной зависимости. Это означает, что если расстояние от источника удваивается, то напряженность поля уменьшается в четыре раза. Таким образом, напряженность поля в точке быстро уменьшается с удалением от источника. Мощность сигнала в точке также убывает с расстоянием от источника, но уже по закону обратной кубической зависимости. Это означает, что если расстояние от источника удваивается, то мощность сигнала уменьшается в восемь раз. Таким образом, мощность сигнала уменьшается более быстро, чем напряженность поля.

**Вывод:** в проделанной работе ознакомился с содержанием частотно-территориального планирования (ЧТП) сетей связи с подвижными объектами, общими техническими характеристиками систем связи с подвижными объектами (ССПО) и способами их обеспечения; рассчитал основные технические характеристики ССПО; получил навыки оценки электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры ССПО с использованием основных технических характеристик.

# Задание 2

**Исследование энергетических показателей ССПО**

**при высокоподнятых антеннах**

**Цель работы:** Ознакомление с методами исследования энергетических показателей ССПО при высокоподнятых антеннах. Расчет энергетических показателей ССПО при высокоскоростных антеннах. Формирование умения использовать автоматизированный онлайн-калькулятор для расчета уровня сигнала на входе приемника при высокоподнятых антеннах при распространении сигнала в свободном пространстве и с учетом влияния земной поверхности и тропосферы.

**Задание:** Изучить в процессе самостоятельной подготовки основные теоретические сведения по теме данной лабораторной работы из списка рекомендованной литературы. Выполнить предварительные расчеты:1. зависимости расстояния прямой видимости dПВ соответствии с формулой (7) (см. лабораторное занятие № 1) от высот антенн h1, h2; 2. Зависимость мощности PСВХ и уровня мощности PСВХ = p­0 (f, d) (в дБ) сигнала от БС на входе приемника АС для открытой трассы от протяженности 0 < d < dПВ трассы и частоты, определяемую формулами (10), (11) (см. лабораторное занятие № 1), задавая необходимые для расчетов параметры из цифрового стандарта ССПО; 3. Изучить влияние на распространение радиоволн параметров радиолинии: частоты (f), мощности передатчика (PП), расстоянии между базовой и абонентской станциями (d), высоты приемной и передающей антенн (h1и h2); 4. Изучить порядок использования и возможности онлайн-калькулятора и выполнить расчеты энергетических показателей ССПО в свободном пространстве при высокоподнятых антеннах для различных условий.

**Выполнение работы:**

**1) Что такое интерференция?**

Интерференция - это явление, при котором взаимодействие двух или более волн в одной точке пространства вызывает изменение их амплитуды и фазы. При интерференции волн может происходить усиление или ослабление их амплитуды, а также изменение направления распространения. Это явление возникает как при совпадении фаз волн, так и при их разности.

**2) Поясните понятия: зоны освещенности, тени и полутени.**

Зоны освещенности - это области пространства, в которых присутствует достаточное количество света или электромагнитного излучения, чтобы обеспечить видимость объектов и возможность их восприятия. Зоны освещенности обычно определяются параметрами источника света или излучения, такими как его мощность, направленность и расположение в пространстве.

Тени - это области пространства, в которых световой поток блокируется объектом, который находится между источником света и поверхностью, на которую падает свет. Тени могут быть полностью темными, если нет других источников света, или частично освещенными, если в них попадает свет из других направлений.

Полутени - это области пространства, которые получают меньше света или электромагнитного излучения, чем зоны освещенности, но больше, чем тени. Полутени могут быть созданы различными факторами, такими как рассеянный свет, преломление, отражение и дифракция.

**3) Что такое множитель ослабления?**

Множитель ослабления - это безразмерная величина, которая определяет, насколько сильно ослабляется мощность сигнала при его распространении в среде. Множитель ослабления является функцией расстояния между источником сигнала и приемником, а также характеристик среды, в которой происходит распространение. Для электромагнитных волн, множитель ослабления обычно выражается в децибелах (дБ) и определяется как 10 раз логарифм отношения начальной мощности сигнала к мощности сигнала на расстоянии r.

**4) Как зависит напряженность поля от расстояния между антеннами в области освещенности?**

Напряженность поля в области освещенности зависит от расстояния между антеннами в соответствии с законом обратного квадрата. Это означает, что при увеличении расстояния между антеннами в два раза, напряженность поля в области освещенности уменьшится в четыре раза. Формула, которая описывает зависимость напряженности поля от расстояния между антеннами, называется формулой Фриза.

**5) Как зависит напряженность поля от высоты подвеса антенны в области освещенности?**

Напряженность поля в области освещенности зависит от высоты подвеса антенны. Общая зависимость напряженности поля от высоты подвеса антенны в области освещенности может быть описана формулой, которая называется формулой Фриза. Закономерность, выраженная этой формулой, говорит о том, что напряженность поля в области освещенности увеличивается с увеличением высоты подвеса антенны. Однако этот рост не бесконечен: при достаточно большой высоте подвеса эффект увеличения напряженности поля становится незначительным.

**6) В чем заключается влияние тропосферы на распространение радиоволн в свободном пространстве?**

Тропосфера - это нижний слой атмосферы, который находится на высоте от поверхности земли до высоты примерно 10-15 км. Влияние тропосферы на распространение радиоволн в свободном пространстве проявляется в нескольких аспектах: поглощение, ионосферное отражение, искривление лучей.

**7) Что такое замирания (фединг) сигнала и каковы причины возникновения быстрых и медленных замираний?**

Замирания или фейдинг сигнала - это временные колебания амплитуды и фазы сигнала, вызванные различными физическими факторами в пути распространения сигнала от передатчика к приемнику. Быстрые замирания (fast fading) происходят, когда радиоволны сталкиваются с препятствиями на своем пути распространения, такими как здания, деревья, автомобили, и т.д. Медленные замирания (slow fading) вызываются изменением характеристик пути распространения в результате изменения условий окружающей среды, например, движения объектов или изменения свойств атмосферы.

**Вывод:** в проделанной работе ознакомился с методами исследования энергетических показателей ССПО при высокоподнятых антеннах; рассчитал энергетические показатели ССПО при высокоскоростных антеннах.

# Задание 3

**Система сотовой связи стандарта GSM-900**

**Цель работы:** Изучить основные технические характеристики, функциональное построение и интерфейсы, принятые в цифровой сотовой системе подвижной радиосвязи стандарта GSM.

**Задание:** Ознакомиться с характеристиками стандарта GSM. Изучить функциональную схему и состав оборудования. Ознакомиться с составом долговременных данных, хранящихся в регистрах HLR и VLR. Ознакомиться с процедурой проверки сетью подлинности (аутентификации) абонента. Составить отчет.

**Выполнение работы:**

**1) Основные технические характеристики стандарта GSM.**

Основные технические характеристики стандарта GSM включают:

1. Модуляция: GSM использует метод модуляции GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), который обеспечивает высокую эффективность использования частотного спектра.
2. Ширина полосы частот: каждый канал GSM имеет ширину полосы частот 200 кГц.
3. Частотный диапазон: стандарт GSM использует частотный диапазон 900 МГц или 1800 МГц.
4. Кодирование речи: для кодирования речи GSM использует специальный алгоритм сжатия данных, называемый кодеком. Он сжимает аудио сигнал до 13 кбит/с, что обеспечивает хорошее качество голосовой связи.
5. Пропускная способность: максимальная скорость передачи данных в стандарте GSM составляет 14,4 кбит/с.
6. Многопользовательская доступность: GSM использует метод временного разделения каналов (TDMA), который позволяет нескольким пользователям использовать один и тот же частотный диапазон путем разделения его на несколько временных слотов.
7. Безопасность: GSM обеспечивает безопасность связи путем использования различных алгоритмов шифрования и аутентификации.
8. Роуминг: стандарт GSM поддерживает роуминг, что позволяет пользователям сохранять связь вне зоны действия своего оператора связи.

**2) Структурная схема стандарта GSM.**

Структурная схема стандарта GSM включает в себя несколько основных компонентов:

1. MS (мобильная станция) - это мобильный телефон, который обеспечивает связь с базовой станцией.
2. BTS (базовая станция) - это станция, которая обеспечивает беспроводную связь с мобильной станцией. Она состоит из антенны и приемо-передающего оборудования.
3. BSC (контроллер базовых станций) - это управляющее устройство, которое управляет работой нескольких базовых станций.
4. MSC (контроллер мобильной связи) - это центральный узел управления, который управляет маршрутизацией вызовов между абонентами.
5. HLR (реестр местоположения абонентов) - это база данных, которая хранит информацию о местонахождении абонента и его услугах.
6. VLR (реестр временного местоположения абонентов) - это база данных, которая содержит информацию о местонахождении абонента в определенный момент времени.
7. EIR (реестр идентификации оборудования) - это база данных, которая хранит информацию о мобильных телефонах, которые могут использоваться в сети.
8. AuC (центр аутентификации) - это устройство, которое обеспечивает аутентификацию и шифрование сигналов в сети.

**3) Назначение и функции, выполняемые ЦКПС - MSC.**

Основное назначение ЦКПС состоит в обеспечении коммутации вызовов между мобильными абонентами, между мобильными абонентами и стационарными абонентами, а также между мобильными абонентами и абонентами других сетей.

ЦКПС выполняет следующие функции:

1. Регистрация мобильных абонентов - при подключении мобильного абонента к сети GSM, ЦКПС регистрирует его и сохраняет информацию о его местонахождении в базе данных.
2. Коммутация вызовов - ЦКПС определяет, куда должен быть направлен вызов, и осуществляет маршрутизацию сигнала вызова к нужному мобильному абоненту.
3. Управление каналами связи - ЦКПС контролирует выделение и освобождение каналов связи между мобильными абонентами.
4. Управление подписками и услугами - ЦКПС отвечает за подключение абонентов к сети GSM, предоставление им доступа к услугам сотовой связи, управление подписками и тарифами.

**4) Перечислить состав долговременных данных, хранящихся в регистрах HLR и VLR.**

Состав долговременных данных, хранящихся в HLR, может включать:

* Идентификационный номер IMSI (International Mobile Subscriber Identity) абонента
* Номер MSISDN (Mobile Station International Subscriber Directory Number), идентифицирующий абонента в сети
* Номера сервисных центров для SMS
* Список услуг, подключенных абонентом, их статус и настройки
* Информация о подписках на группы вызовов и списки запрещенных/разрешенных исходящих номеров

Состав долговременных данных, хранящихся в VLR, может включать:

* Номер MSISDN абонента, находящегося в данной ячейке сотовой связи
* Номер TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) абонента для сохранения анонимности при передаче данных
* Информация о состоянии абонента (зарегистрирован, не зарегистрирован и т.д.)
* Информация о текущем местоположении абонента (номер ячейки и области, где находится абонент)

**5) Каким образом реализуется процедура проверки сетью подлинности абонента.**

Для проверки подлинности абонента сеть использует процедуру аутентификации, которая происходит при подключении абонента к сети. В GSM стандартной процедурой аутентификации является A3/A8 алгоритм.

**6) Назначение межсетевого функционального стыка IWF, эхо подавителя ЕС.**

Межсетевой функциональный стык (Interworking Function, IWF) - это устройство, которое позволяет осуществлять взаимодействие между сетями разных стандартов или технологий связи.

Эхоподавитель (Echo Canceller, ЕС) - это устройство, которое используется для устранения эха в телефонной связи. Эхо возникает при отражении звуковой волны от препятствий в телефонной линии, например, от стен зданий или других телефонных линий. Эхоподавитель устраняет эхо, обнаруживая и подавляя зеркально отраженный сигнал до того, как он достигнет вызывающей стороны.

**7) Функции, выполняемые центром эксплуатации и технического обслуживания ОМС.**

Основные функции центра эксплуатации и технического обслуживания ОМС включают:

1. Мониторинг и управление сетью: контроль за состоянием сети, устранение сбоев и аварий, настройка оборудования, мониторинг использования ресурсов сети и контроль качества обслуживания.
2. Обслуживание абонентов: обработка заявок на подключение, переключение и отключение услуг, решение вопросов, связанных с работой абонентских устройств и услуг, информационная поддержка абонентов.
3. Управление техническими ресурсами: контроль за использованием ресурсов сети, планирование и оптимизация использования ресурсов, закупка и внедрение нового оборудования и технологий.
4. Техническая поддержка и обучение персонала: обучение и поддержка персонала, работающего с оборудованием и технологиями, проведение обучающих семинаров и тренингов.

**8) Пояснить термин «приоритетный доступ». Какой блок реализует**

**эту процедуру?**

Приоритетный доступ - это механизм, который обеспечивает приоритетную обработку определенных категорий вызовов в сети мобильной связи. Процедура приоритетного доступа реализуется блоком в центральном коммутационном узле (MSC) сети мобильной связи, который отвечает за управление всеми вызовами в сети.

**9) Состав оборудования базовой станции BSS. Ее назначение.**

Базовая станция (BSS) - это часть сотовой сети GSM, которая отвечает за управление и управление радиоканалами внутри ячеи. Она состоит из следующих компонентов:

1. Трансивера (TRX) - оборудование для передачи и приема радиосигналов внутри ячеи. Каждый TRX может обслуживать несколько каналов связи.
2. Контроллера базовой станции (BSC) - центральный узел управления, который контролирует и координирует работу TRX внутри ячеи. BSC также обрабатывает сигналы передачи и приема и осуществляет управление каналами связи.
3. Коммутатора базовой станции (BCF) - обеспечивает связь между TRX и BSC.
4. Сетевой интерфейс - связывает BSS с другими элементами сотовой сети, такими как центр управления сетью (MSC) и центры переключения пакетов данных (SGSN).

**10) Назначение транскодера ТСЕ.**

Транскодер ТСЕ - это часть оборудования BSS, которая отвечает за конвертацию цифровых аудиоданных в разные форматы, в зависимости от скорости передачи данных и типа кодека. ТСЕ используется для оптимизации использования каналов связи и улучшения качества звука в голосовых вызовах.

**Вывод:** в проделанной работе изучил основные технические характеристики, функциональное построение и интерфейсы, принятые в цифровой сотовой системе подвижной радиосвязи стандарта GSM.

# Задание 4

**Исследование влияния параметров земной поверхности**

**на энергетические показатели ССПО**

**Цель работы:** Ознакомление с методами исследования влияния параметров земной поверхности и городской инфраструктуры на энергетические показатели ССПО с использованием моделей предсказания уровня сигнала. Расчет с использованием онлайн-калькулятора геометрических параметров зоны Френеля для трасс радиосигнала в ССПО. Формирование умения пользования автоматизированным онлайн-калькулятором для расчета уровня сигнала на входе приемника при высокоподнятых антеннах с учетом влияния препятствий в соответствии с моделью Окамуры–Хата.

**Задание:** Изучить в процессе самостоятельной подготовки основные теоретические сведения по теме данной лабораторной работы из списка рекомендованной литературы. Выполнить предварительные расчеты:1. зависимости расстояния прямой видимости dПВ соответствии с формулой (6) (см. лабораторное занятие № 2) для различных вариантов расположения неровности на страссе; 2. Зависимости усредненной медианной мощности сигнала (УММС) PМ = PСВХ и уровня мощности PМ (в дБ) сигнала от БС на входе приемника АС от протяженности трассы 0 < d < dПВ, высот передающей h1 и приемной антенн h2 и частоты для ССПО цифрового стандарта; 3. Изучить методику чета в модели Окамуры-Хата на распространение радиоволн параметров радиолинии: частоты (f), мощности передатчика (PП), расстоянии между базовой и абонентской станциями (d), высоты приемной и передающей антенн (h1и h2); 4. Изучить порядок использования и возможности онлайн-калькулятора и выполнить расчеты энергетических показателей ССПО с учетом влияния препятствий.

**Выполнение работы:**

**1) Дать определение зоны Френеля и правило ее использования?**

Зона Френеля - это объем пространства вблизи прямой линии между передатчиком и приемником, где нарушается фазовая и амплитудная структура электромагнитной волны, что может привести к искажениям в приеме сигнала.

Правило использования зоны Френеля состоит в том, что необходимо обеспечить достаточное расстояние между передатчиком и приемником, чтобы в зоне Френеля не происходило существенных искажений сигнала.

**2) Что понимается под усредненной медианной мощностью сигнала (УММС)?**

Усредненная медианная мощность сигнала (УММС) - это характеристика радиосигнала, которая определяется как медианное значение мощности сигнала за определенный период времени (обычно несколько секунд) и усредненное по времени значение этой медианной мощности. УММС используется для оценки мощности радиосигнала с целью определения его силы и качества при передаче или приеме сигнала.

**3) Охарактеризовать способы расчета уровня сигнала на входе приемника.**

Уровень сигнала на входе приемника является важным параметром для оценки качества приема. Его можно рассчитать несколькими способами: использование измерительных приборов, расчет уровня сигнала на основе ослабления свободного пространства, расчет уровня сигнала на основе уровня мощности передатчика, расчет уровня сигнала на основе уровня шума.

**4) Дать определение понятия «квазигладкой» местности.**

Квазигладкой местностью называют местность, которая хоть и не является полностью гладкой, но при этом ее неровности не достаточно крупны для того, чтобы существенно влиять на распространение электромагнитных волн. В качестве примера квазигладкой местности можно привести равнины, предгорья или холмы с небольшой высотой.

**5) Назначение и особенности применения модели Окамуры.**

Модель Окамуры предназначена для расчета потерь на пути распространения радиоволн между базовой станцией и мобильным устройством.

Основные особенности модели Окамуры:

* Рассчитывает потери на основе измерений в городских условиях.
* Учитывает влияние рельефа местности, в том числе и застройки.
* Использует частоту в диапазоне 150-1920 МГц.
* Учитывает высоту антенн базовой станции и мобильного устройства.

**6) Назначение и особенности применения модели Окамуры-Хата.**

Модель Окамуры-Хата является дальнейшим развитием модели Окамуры. Она учитывает влияние городской застройки и более подходит для городских условий, чем модель Окамуры.

Основные особенности модели Окамуры-Хата:

* Рассчитывает потери на основе измерений в городских условиях.
* Учитывает влияние городской застройки, в том числе наличие высоких зданий и других препятствий на пути распространения сигнала.
* Использует частоту в диапазоне 150-1500 МГц.
* Учитывает высоту антенн базовой станции и мобильного устройства.

**Вывод:** в проделанной работе ознакомился с методами исследования влияния параметров земной поверхности и городской инфраструктуры на энергетические показатели ССПО с использованием моделей предсказания уровня сигнала; узнал про назначение и особенности моделей Окамуры и Окамуры-Хата.