

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К. И. Сатпаева

Институт Информатики и Информационных технологий  
*(наименование института)*  
Кафедра Электроника, телекоммуникации и космические технологии  
*(наименование кафедры)*

Третьяк Ярослав Александрович  
*(Ф.И.О. обучающегося)*

"Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS"  
*(тема дипломного проекта)*

## **ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 6В06201 – Телекоммуникация  
Шифр и наименование специальности

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт Автоматики и Информационных технологий  
(наименование института)

Кафедра, Электроника, телекоммуникации и космические технологии  
(наименование кафедры)

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой Электроники,  
телекоммуникации и космических технологий  
(наименование кафедры)  
(ученая степень, звание)

Таштай Е.  
подпись  
" 25 " мая 2023 г.



**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: "Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС)  
с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS "  
(тема дипломной работы)

по специальности 6В06201 – Телекоммуникация  
Шифр и наименование специальности

Выполнил дипломную работу

Третьяк Я.А.  
(Ф.И.О. обучающегося)

Рецензент

К.т.н., И.О. асоц-профессора

(ученая степень, звание)

подпись Бахтиярова Е.А.

" 25 " мая 2023 г.

Научный руководитель

Кандидат технических наук

(ученая степень, звание)

подпись Таштай Е.

" 25 " мая 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космические технологии»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

«Электроники,  
телекоммуникации и космической  
технологий»



Таштай Е.

22.XI.2022 г

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

Дипломнику Третьку Ярославу Александровичу

Тема: «Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS».

Утверждена приказом Ректора Университета № 408-П/Ө от «23» ноября 2023 года.

Срок сдачи законченной работы «30» апреля 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Аппаратура спутниковой навигации должны обеспечить сопровождение транспортных средств категории М и N (ГОСТ 33472-2015)
2. Местонахождение транспортных средств (колонна из 40 машин длиной 1000 м) должны определяться онлайн в течение 1000 км
3. Груз – опасные отходы. Маршрут Алматы – Туркестан.
4. Аппаратура спутниковой навигации должна определять пространственно-временное состояние ТС по сигналам не менее двух действующих глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС.  
Аппаратура спутниковой навигации должна обеспечивать возможность передачи и приема информации по сетям подвижной



**Перечень вопросов** подлежащих изучить и представить в дипломной работе:

- а) Обзор существующих спутниковых навигационных систем
- б) Методы построения спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС для сопровождения транспортных средств
- в) Функциональное построение и работа спутниковых систем мониторинга с использованием GPRS трекера
- д) Разработка действующего макета трекера на базе Ардуино с написанием кода.
- г) Расчет вектора смещения при определении геолокации ТС на MatLab

**Перечень графического материала:** - изложить материалы диссертации в 25-30 слайдах графического материала на PowerPoint;

**Рекомендуемая основная литература:**

1. ГОСТ 33472 – 2015 АППАРАТУРА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ М и N, Общие технические требования – М.: Стандартинформ - 74 с
2. Карлацук В.И. Спутниковая навигация. Методы и средства – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008 – 288 с.
3. <https://microkontroller.ru/arduino-projects/gps-treker-na-osnove-arduino-i-tehnologii-lora/>
4. <https://habr.com/ru/post/196150/>
5. Сазонов А.Е. Комплексирование навигационных измерений – изд. Судостроение – 58 с
6. Соловьев Ю.А. «Системы спутниковой навигации» //М.: Эко-Трендз, 2000, 260с.
7. Козин И.Д. «Спутниковые радионавигационные системы» // Алматы: АИЭС, 2006г.
8. Беляевский Л.С., Новиков В.С., Олянюк П.В. «Основы радионавигации». // М.: Транспорт, 1982г, 287 с.
9. Акимов А. А. Буравин А.Е. "Связь и навигация. Интеграция услуг //журнал Системы и средства связи 2000 г. № 3-4.
10. [https://kpfu.ru/portal/docs/F\\_1414451819/matlab.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F_1414451819/matlab.pdf)

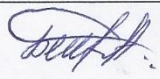
## ГРАФИК

подготовки дипломной работы

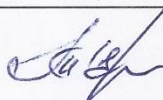
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Обзор существующих спутниковых навигационных систем. Основные понятия и задачи радионавигации [1, 2,6,7,8]	1.09.2022-31.12.2022	. Отчет – не менее 5 стр и 4 слайда
2.1 Методы построения спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС для сопровождения транспортных средств [1, 2,6,7,8]	1.01.2023-30.01.2023	Отчет – не менее 10 стр.
2.2 Функциональное построение и работа спутниковых систем мониторинга с использованием GPRS трекера [1, 2,6,7,8]	1.02.2023-15.02.2023	. Отчет не менее 5 стр
2.3 Разработка действующего макета трекера на базе Ардуино с написанием кодов управления [3,4]	1.02.2023-15.03.2023	. Отчет не менее 5 стр
3. Расчет вектора смещения при определении геолокации ТС на MatLab [5, 10]	16.02.2023-31.03.2023	Отчет не менее 5 стр .
4. Написание дипломной работы	15.04.2023-30.04.2023	Справка антиплагиата. Отзыв и Рецензия

### Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование разделов	Консультанты (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	М.т.н, ассистент. Акылжан П.Б.	31.05.2023	

Научный руководитель



к.т.н. Таштай Е

Задание принял к исполнению обучающийся

“ 22 ” декабря 2022 г.



Третьяк Я.А..

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа на тему «Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS» текст которой изложен на 45 страницах, на которых имеется 16 рисунков, 84 формулы. При написании работы использовалось 19 источников.

Во введении описывается направление, актуальность, цель и задачи работы. В 1 главе описывается обзор существующих спутниковых систем навигации и мониторинга. Во 2 главе рассмотрены особенности построения трекеров и маршрутов для мониторинга различного транспорта. В 3 главе рассмотрено конструктивное и функциональное построение трекера. В заключительной части подводится итог по всей проведенной работе.

## АНДАТПА

"Спутниктік навигация және GPRS пакеттік деректерді беру технологияларын пайдалана отырып, көлік құралдарының мониторингі жүйесінің (КО) борттық терминалын әзірлеу" тақырыбындағы тезис, оның мәтіні 45 бетте көрсетілген, онда 16 сурет, 84 формулалар бар. Жұмысты жазу кезінде 19 дереккөз пайдаланылды.

Кіріспеде жұмыстың бағыты, өзектілігі, мақсаты мен міндеттері сипатталған. 1 тарауда қолданыстағы спутниктік навигация және бақылау жүйелеріне шолу сипатталған. 2 тарауда әртүрлі көліктерді бақылау үшін трекерлер мен маршруттарды құру ерекшеліктері қарастырылған. 3 тарауда трекердің конструктивті және функционалды құрылысы, Қорытынды бөлімде жүргізілген барлық жұмыстар бойынша қорытынды шығарылады.

## ANNOTATION

Thesis on the topic " Development of an on-board terminal of a vehicle monitoring system using satellite navigation and GPRS packet data transmission technologies ", the text of which is presented on 45 pages, on which there are 16 drawings, 84 formulas. When writing the work, 19 sources were used.

The introduction describes the direction, relevance, purpose, and objectives of the work. The 1 chapter describes an overview of existing satellite navigation and monitoring systems. The 2 chapter discusses the features of building trackers and routes for monitoring various vehicles. In the 3 chapter, the constructive and functional construction of the tracker is considered. The final part summarizes all the work done.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Обзор существующих спутниковых навигационных систем.	9
2 Основные методы и характеристики систем мониторинга	15
2.1 Методы построения спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС для сопровождения транспортных средств	15
2.2 Функциональное построение и работа спутниковых систем мониторинга с использованием GPRS трекера	23
3 Проектирование gprs трекера на основе модуля SIM 808	29
3.1 Разработка действующего макета трекера на базе Ардуино с написанием кодов управления	29
3.2 Расчет вектора смещения при определении геолокации ТС на MatLab	37
Заключение	58
Список используемой литературы	59
Приложение А	61
Приложение Б	74

## ВВЕДЕНИЕ

В современных реалиях спутниковая навигация показывает себя как нельзя наиболее актуальной, поскольку у каждого из нас есть свой личный навигатор, который реализован в различных конструкциях. У кого-то это смартфон, что является наиболее универсальным вариантом. Однако, если же ты находишься в пути, отвлекаться на телефон, чтобы узнать в какое направление тебе ехать даже не всегда удобно, поэтому у обладателей более дорогих автомобильных средств в систему мультимедии внедрен навигатор и карты, что упрощает перемещение. В некоторых случаях такую карту можно перенести прямо на приборную панель для дополнительной наглядности и удобства.

Но, помимо этого, в современных реалиях очень развиты грузоперевозки и в принципе перевозки. Для оптимизации и сокращения пути, а также отслеживания транспорта используются различные трекеры. В нынешних реалиях обилие трекеров обширно, как и компаний, специализирующихся на их производстве. Некоторые такие компании создают собственное программное обеспечение для своих трекеров, для реализации их полного потенциала, ну и несомненно для поддержания актуальности своего продукта на рынке, и чтобы не отставать от конкурентов в экономической гонке. Трекеры даже сами по себе отличаются друг от друга функционально, отличаются точностью определения местоположения, и т.д.

Исходя из всего вышесказанного стоит подытожить, что данная тематика является наиболее актуальной на данный момент, и темой дипломной работы является: «Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS».



## 1 Обзор существующих спутниковых навигационных систем

Спутниковая радионавигация является одним из таких направлений в прикладной космонавтике, в которой можно наблюдать наибольшее развитие и наличие наибольших перспектив развития. Данное направление способно обеспечивать на должном уровне координатно-временное обеспечение наземных, морских, воздушных и космических потребителей, при этом имея следующие характеристики, такие как глобальность рабочей зоны, неограниченная пропускная способность, скрытность, живучесть, высокая точность и т.п.

СНС первого поколения, к которым относятся TRANSIT (США) и ЦИКАДА (СССР) – это системы, которые были введены в эксплуатацию в 60-е годы XX века. Данные системы содержали несколько низкоорбитальных навигационных спутников, находящихся на круговых орбитах на высоте примерно 1000 км над поверхностью Земли.

Принцип работы СНС первого поколения заключался в измерении увеличения фазы несущего колебания, которые принимаются либо короткими, либо длинными интервалами навигационных радиосигналов.

Недостатки СНС первого поколения заключались в невозможности определения высоты местоположения объекта, относительно низкая точность определения горизонтальных координат подвижного объекта (среднеквадратичная погрешность при этом 70...100 м) ввиду ошибок, вследствие его перемещений, а также длительные перерывы между сеансами позиционирования, т.е. до 5 ч в приполярных районах и до 2 ч в экваториальных районах.

Необходимость в повышенной точности навигации сухопутных, морских, воздушных и низкоорбитальных космических объектов привела к тому, что были созданы и введены в эксплуатацию в 80-х годах XX века СНС второго поколения. К СНС второго поколения можно отнести такие глобальные навигационные системы, как GPS-NAVSTAR (США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (Евросоюз) [1].

GPS-NAVSTAR является спутниковой системой навигации, и работает под управлением Министерства Обороны США. Система является глобальной всепогодной и обеспечивает возможность получения точных координат и времени 24 часа в сутки.

Основы GPS-NAVSTAR можно разбить на 5 основных подпунктов:

- Спутниковая трилатерация – основа системы;
- Спутниковая дальнометрия – измерение расстояний до спутников;
- Точная временная привязка – зачем нужно согласовывать часы в приёмнике и на спутнике и для чего требуется четвертый космический аппарат;
- Расположение спутников – определение точного положения спутников в космосе
- Коррекция ошибок – учёт ошибок вносимых задержками в тропосфере и ионосфере.

Спутниковая трилатерация – точные координаты могут быть вычислены для места на поверхности Земли по измерениям расстояний от группы спутников. В этом случае спутники являются пунктами с известными координатами. Зная расстояние до одного спутника, можно описать сферу заданного радиуса вокруг него (рисунок 1.1).

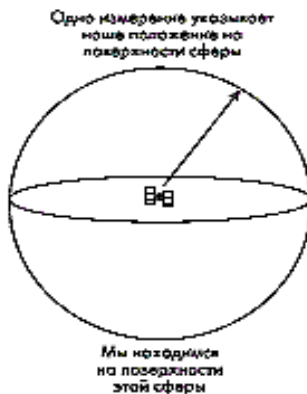


Рисунок 1.1 – Расстояние первого спутника до примерного местонахождения

Если мы знаем также и расстояние до второго спутника, то определяемое местоположение будет расположено где-то в круге, задаваемом пересечением 2 сфер. Третий спутник определяет 2 точки на окружности (рисунок 1.2).

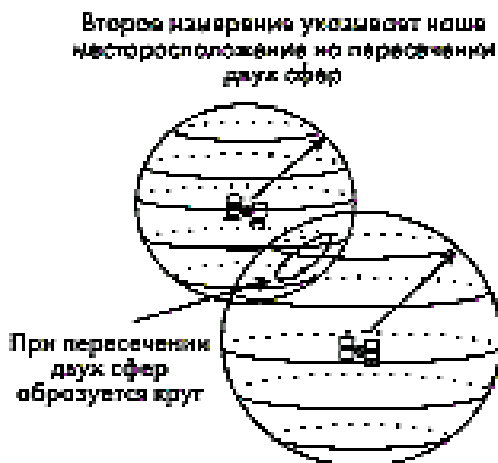


Рисунок 1.2 – Примерное нахождение на пересечении двух «сфер» от спутников

Третий спутник в данной системе определяет 2 точки, находящиеся на окружности, полученной от пересечения двух других спутников.

Остается только выбрать правильную точку. Однако одна из точек всегда может быть отброшена, т.к. она имеет высокую скорость перемещения или находится на/или под поверхностью Земли (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Определение местонахождение на пересечении 3 «сфер»

Спутниковая дальнометрия – расстояние до спутников определяется по измерениям времени прохождения радиосигнала от космического аппарата до приёмника умноженное на скорость света. Для того, чтобы определить время распространения сигнала нам необходимо знать когда он покинул спутник.

Для этого на спутнике и в приёмнике одновременно генерируется одинаковый псевдослучайный код.

Приёмник проверяет входящий сигнал со спутника и определяет когда он генерировал такой же код. Полученная разница умножается на скорость свет даёт искомое расстояние.

Использование кода позволяет приёмнику определить временную задержку в любое время.

Точная временная привязка – вычисления зависят напрямую от точности хода часов. Код должен генерироваться на спутнике и приёмнике в одно и то же время. На спутниках установлены атомные часы, имеющие точность около одной наносекунды. Однако это слишком дорого, чтобы устанавливать такие часы в каждой GPS приёмник, поэтому измерения от четвертого спутника используются для устранения ошибок хода часов приёмника (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Временная корректировка с помощью четвертого спутника

Эти измерения можно использовать для устранения ошибок, которые возникают если часы на спутнике и в приёмнике не синхронизованы.

Когда GPS приёмник получает серию измерений которые не пересекаются в одной точке, то компьютер в приёмнике начинает вычитать (или добавлять) время методом последовательной итерации до тех пор, не сведут все измерения

к одной точке. После этого вычисляется поправка и делается соответствующее уравнивание.

Расположение спутников – система GPS-NAVSTAR имеет 24 рабочих спутника с орбитальным периодом в 12 часов на высоте 20200 км от поверхности Земли. В 6 различных плоскостях, имеющих наклон к экватору в  $55^{\circ}$ , расположено по 4 спутника. Указанная высота необходима для обеспечения стабильности орбитального движения спутников и уменьшения фактора влияния атмосферы.

Коррекция ошибок – некоторые источники ошибок возникающие при работе GPS является трудно устранимыми. Вычисления предполагают, что сигнал распространяется с непрерывной скоростью, которая равна скорости света. Скорость света является константой только в вакууме. Когда сигнал проходит через ионосферу и тропосферу, его скорость распространения уменьшается, что приводит к ошибкам в измерениях дальности. В современных GPS приёмниках используются всевозможные алгоритмы устранения этих задержек.

Многолучевая интерференция также вносит ошибки в определение местоположения с помощью GPS. Специальная техника обработки сигнала и продуманная конструкция антенн позволяет свести к минимуму этот источник ошибок.

Следующей спутниковой навигационной системой является система ГЛОНАСС. ГЛОНАСС – советская/российская спутниковая система навигации, разработанная Министерством обороны СССР.

ГЛОНАСС предназначена для оперативного навигационно-временного обеспечения неограниченного числа пользователей наземного, морского, воздушного и космического базирования.

Основой данной системы являются 24 спутника, движущиеся над поверхностью Земли в 3-х орбитальных плоскостях с наклоном орбитальной плоскости  $64,8^{\circ}$  и высотой 19400 км. Принцип измерения в системе ГЛОНАСС аналогичен системе GPS-NAVSTAR, описанной выше. Основное отличие в том, что ГЛОНАСС не имеет резонанса с вращением Земли, что обеспечивает стабильность. Таким образом, ГЛОНАСС не требует дополнительных корректировок в течении всего активного существования. Тем не менее, срок службы ГЛОНАСС меньше.

В настоящее время развитием проекта ГЛОНАСС занимается «Роскосмос» и ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем».

Имея представление о существующих системах спутниковой навигации, стоит отметить системы спутникового мониторинга транспортных средств, базирующихся на тех или иных системах спутниковой навигации. Примером такой системы спутникового мониторинга транспортных средств можно назвать платформу Wialon.



Платформа Wialon предназначена для GPS/ГЛОНАСС мониторинга, и позволяет пользователям отслеживать различные объекты, в том числе транспортные средства, технику, здания и т.д.

Помимо всего прочего данная платформа предоставляет такие функции как:

- отслеживание положения объекта на карте;
- мониторинг скорости, уровня топлива, температуры и др.;
- управление объектом и контроль водителей (в некоторых случаях, дополнительная функция );
- получение уведомлений об активности объекта;
- отслеживание движения объекта по заданному маршруту [2];

Помимо платформы Wialon существует такая система мониторинга как Teltonika. Отличительной особенностью является то, что мониторинг может производиться при помощи приложения устанавливаемого на мобильное устройство, на стационарный компьютер, ноутбук, нетбук, лэптоп или онлайн через официальный сайт. Однако, по сравнению с этим платформа Wialon предоставляет определенную свободу в выборе GPS/ГЛОНАСС оборудования для отслеживания транспорта, в то время как Teltonika работает только с собственными GPS трекерами, отличающимися по функционалу, подключаемым дополнительным интерфейсам и дополнительным функциям [3].

Рассмотрев литовско-финскую Teltonika можно также отметить и российскую Galileosky, которая занимается производством различных GPS-трекеров, включая и такие, которые подключаются в диагностический порт автомобиля OBD II. Однако стоит отметить, что автомобиль должен быть оборудован таким портом, особенно если речь заходит о автомобилях, разработанных до принятия общего стандарта диагностики OBD II. Наряду со всем описанным относительно Galileosky можно добавить, что некоторые из терминалов оборудованы 2 разъемами для установки SIM-карт. Приоритет выбора одной из карт может быть различен в зависимости от ситуации и уровня принимаемого сигнала. Также, можно и оптимизировать расход трафика можно отключить передачу какой-либо неиспользуемой или не сильно необходимой информации, можно увеличить период записи точек в память, для последующей передачи и т.д. . Еще одна особенность, которой обладают трекеры данной компании это режим Стелс, который заключается в том, что он отключает GSM-модуль и подаёт сигналы по строго выставленному расписанию, что дополнительно экономит трафик и электроэнергию [4].

Выводы: Исходя из всего вышеперечисленного и подытожив все описанное, можно сделать вывод, что наиболее оптимальным вариантом для реализации выбранной темы дипломной работы, является платформа Wialon, поскольку реализуемый в последствии GPRS трекер оптимально подходит к данной платформе.

В следующих разделах дипломной работы будут подробнее рассмотрены особенности построения мониторинга транспортных средств, в особенности автомобильного транспорта. Подробнее будет описано функциональное

построение, конструктивный состав сети мониторинга транспортных средств, а также состав самого средства мониторинга. Помимо этого будут рассмотрены вопросы, которые решает мониторинг и какие возможные чрезвычайные ситуации может предотвратить.

## 2 Основные методы и характеристики систем мониторинга

### 2.1 Методы построения спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС для сопровождения транспортных средств

Описав выше обзор существующих спутниковых навигационных систем, их принцип работы и принцип позиционирования, а также дав подробный сравнительный анализ и описание имеющимся системам мониторинга транспортных средств стоит дать и более развернутый ответ на сам процесс построения спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС для сопровождения и мониторинга различных видов транспортных средств.

Для начала стоит определить, что входит в состав аппаратно-программного комплекса мониторинга транспорта. Данный комплекс включает в себя следующие элементы: терминал, сервер, персональный компьютер или мобильное устройство, трекер, датчики

- терминал и дополнительное оборудование, которые интерируется в автотранспорт и отслеживает его местоположение при помощи спутниковых сигналов;

- трекер — один из ключевых элементов отслеживания объекта, именно благодаря трекеру появляется возможность обнаружения местоположения транспорта;

- датчики — устройства, необходимые для технического контроля за состоянием транспорта (датчики уровня топлива, одометр, угла наклона дроссельной заслонки, температуры, контроля количества пассажиров и т.д.);

- при наличии в машине CAN-шины возможна установка CAN-считывателя данных;

- сервер – приём информации с трекеров о перемещениях, и дальнейшая обработка этой информации;

- персональный компьютер или мобильные устройства (имеются приложения для Android и iOS), с помощью которых происходит информирование клиента о состоянии транспортных средств. Для получения информации может быть необходимо наличие интернета.

ПО для мониторинга транспорта ГЛОНАСС выпускают многие компании, в том числе сотовые операторы. Некоторые из них были описаны ранее вместе с достоинствами и недостатками терминалов компаний их производящих. Популярными разработчиками являются:

- ГЛОНАСС Soft;
- Wialon;
- Omnicomm Online;
- Megafon.

Для идеальной работы трекеров и всего программного комплекса по мониторингу транспорта производителям оборудования в данном направлении должен иметь собственное ПО. При приобретении такого оборудования

квалифицированный специалист сразу устанавливает и настраивает программное обеспечение [7,8].

Ранее было отмечено, что для определения координат навигационной цели или же отслеживаемого транспортного средства на пути следования из пункта А до пункта Б необходимо задействовать минимум четыре спутника (задействование большего количества может повысить точность отслеживания, но в контексте использования такой функции на самом трекере, может привести к повышенному потреблению энергии и трафика, особенно в условиях роуминга). Однако, если же какая-то из координат известна (широта, долгота, высота), или же постоянна, как например если объект мониторинга перемещается на постоянной широте и с постоянной высотой, то для определения положения объекта может понадобиться и два спутника, чтобы произвести расчёт долготы и произвести возможные корректировки и синхронизацию часов приёмника.

Таким образом, можно конкретизировать данную информацию относительно морского транспорта (рисунок 2.1).

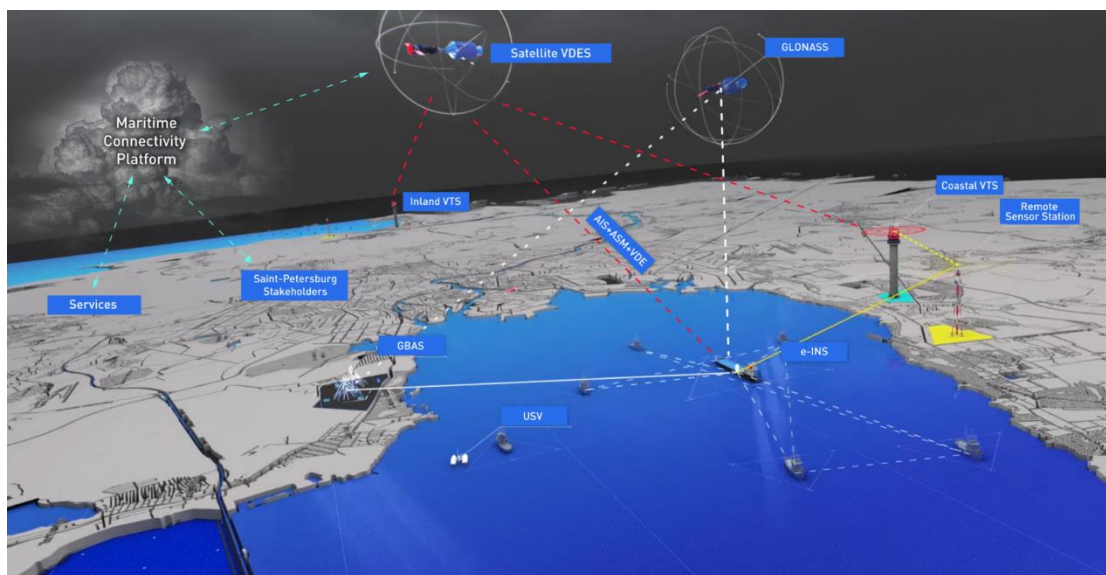


Рисунок 2.1 – Мониторинг морского транспорта с помощью ГЛОНАСС

Высота над уровнем моря является координатой постоянной, если говорить про морской транспорт, что подводит к тому, что необходимое количество спутников для получения местоположения объекта для его дальнейшего отслеживания равно трём. В такой конфигурации количества задействуемых спутников имеются и свои преимущества, т.к. ГЛОНАСС не всегда может обеспечить «видимость» четырьмя спутниками, а задействование трёх из них для обеспечения необходимой области покрытия позволяет гарантировать непрерывный контроль координат.

Несомненно, стоит отметить, что к точности при мониторинге морского транспорта не предъявляют крайне высоких требований, что даже использование неполной группировки спутников ГЛОНАСС может в оптимальной степени



решать все необходимые задачи по определению местоположения объекта и его мониторинга на пути следования.

Помимо всего прочего, в случаях кратковременной потери сигнала от системы навигации существуют инерциальные системы, которые могут довольно легко восстановить соединение и продолжить мониторинг морского транспорта.

Система мониторинга морского транспорта предназначена для инновационной технологии определения эффективной мощности, а также удельного эффективного расхода топлива. Данная технология позволяет своевременно фиксировать и контролировать влияние всех внешних факторов на расход топлива в процессе эксплуатации. Преимуществами являются получение исчерпывающих данных о работе судовой энергоустановки, экономия топлива, благодаря контролю и возможности оптимизации, минимальная стоимость установки и эксплуатации.

Существующая система мониторинга позволяет решить следующие задачи по контролю морского и речного транспорта:

- контроль местоположения судна, скорости хода и курса в режиме реального времени;
- контроль маршрута движения за любой выбранный период времени;
- оперативный контроль состояния судовой энергетической установки;
- дистанционный контроль и учёт расхода топлива;
- сопоставление отчётных и фактических данных расхода топлива;
- контроль бункеровки судна топливом;
- остаток топлива в танках;
- проведение оптимизации потребления топлива на основе статистики расхода топлива;
- проведение технических мероприятий по снижению потребления топлива с непрерывным контролем эффективности принятых мер;
- контроль расхода смазочных материалов;
- отправка текстовых сообщений;
- интеграция с другими судовыми системами;
- установка информационных панелей капитана и механика с отображением параметров энергоустановки;
- передача информации в финансовую систему учета.

Эффект от внедрения системы:

- исключение махинаций с топливом;
- снижение расходов на топливо и эксплуатацию флота;
- оптимизация норм расхода топлива на судах;
- увеличение производительности труда, трудовой дисциплины и ответственности экипажа;
- повышение рентабельности и конкурентоспособности бизнеса судовладельческих и судовых компаний [13];

Мониторинг морского транспорта осложняется несколькими факторами, одним из которых является внешняя среда. Постоянная влажность, близость с

водой и зачастую попадание брызг и воды прямо на приборы мониторинга привели к необходимости создания герметичного корпуса для датчиков. Помимо этого осложняющим фактором является то, что в море нет вышек сотовой связи. Исходя из этого следует сформировать такие решения, как: увеличение памяти для большего вмещения точек трека и устанавливать не сотовый модем, а спутниковые терминалы. Для тех, кто часто возвращается в порт, подойдет вариант с большей памятью, а для тех, кому важна стабильность связи и желание контролировать самое дорогое, где бы оно ни было, подойдет вариант со спутниковой связью [14].

Описав в достаточной степени мониторинг морского транспорта стоит перейти к описанию построения мониторинга авиатранспорта (рисунок 2.2).

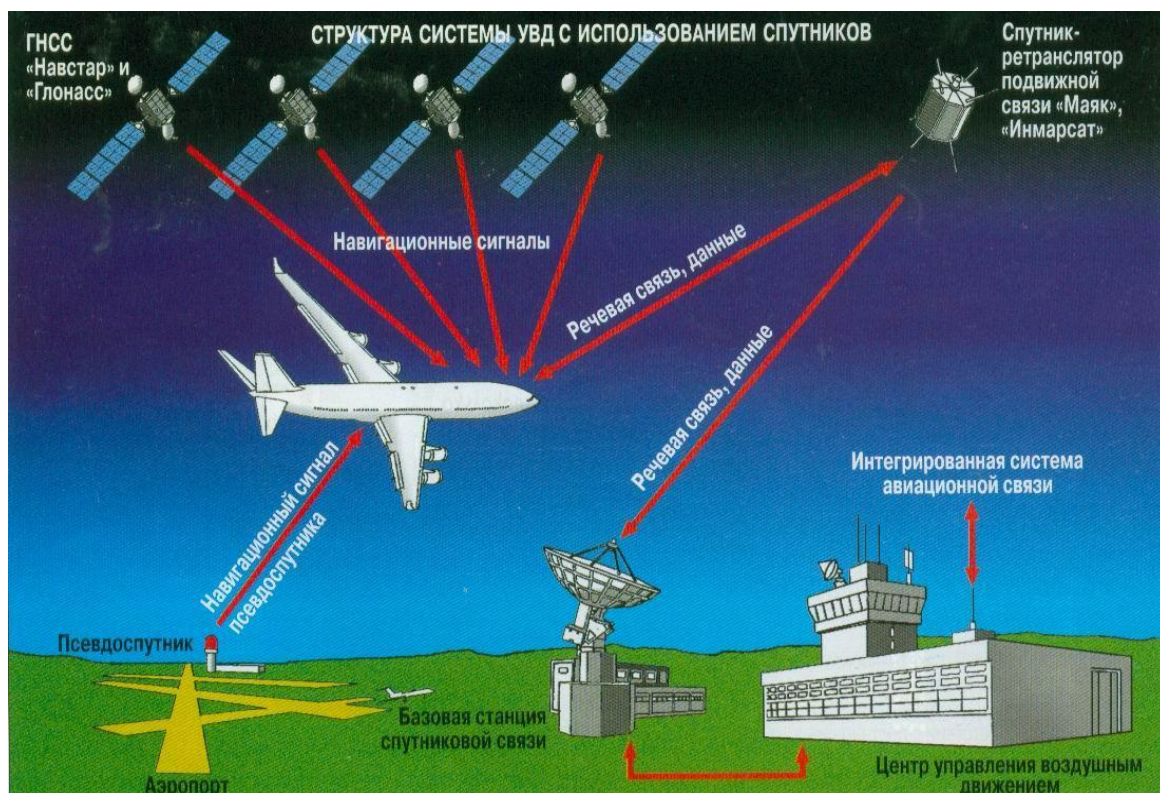


Рисунок 2.2 – Мониторинг авиатранспорта с помощью ГЛОНАСС

Что касается роли системы навигации в мониторинге авиатранспорта, то она схожа с мониторингом морского транспорта, и также базируется на использовании трех спутников, поскольку вновь высота является в подавляющем большинстве координатой постоянной. В дополнение к этому можно добавить, что бортовой аппаратный комплекс навигационной системы ГЛОНАСС/GPS имеет важную роль не только в непосредственном мониторинге навигации по маршруту, но и в системах обеспечения безопасности полета [5,15].

Ещё стоит отметить немаловажный факт, что, как и с морским транспортом, в мониторинге авиатранспорта повышенная точность не является крайне важной, а также, как и при мониторинге морского транспорта, могут присутствовать инерциальные системы, и также, как и в случае с морским

транспортом, три спутника могут оптимально справляться со всеми поставленными задачами по отслеживанию [5].

Система мониторинга авиатранспорта, отслеживает маршруты движения и скорость авиатранспорта и обслуживающей техники по перрону, а также обладает возможностью установления местоположение ВС и другого спецтранспорта на карте. Кроме того, запретные зоны, коридоры, стоянки и т.д. тоже отмечены на ней. Помимо этого информация о рейсах и транспортных средствах привязаны друг к другу.

В экстренных ситуациях при которой возникает угроза столкновения спецтехники или превышения скоростной нормы, водители получают информацию с помощью системы мониторинга авиатранспорта. В режиме реального времени также поступают данные о задержках рейсов и выполнении определенных задач.

Контроль полетов воздушных судов и мониторинг спецтехники аэропорта:

- сокращают время простоев транспортных средств;
- гарантируют безопасность на перроне;
- снижают затраты авиатранспортных компаний на обслуживание;
- оптимизируют работу транспорта;
- уменьшают риск возникновения внештатных ситуаций [12];

В данное время на практике каждое мобильное устройство снабжено GPS/ГЛОНАСС чипом, благодаря которому появляется возможность работы в режиме реального времени, и определять своё местоположение с точностью до порядка десяти метров. Помимо этого автомобильные навигаторы выпускаются огромными тиражами, которые оснащены электронным носителем с большим выбором карт автомобильных маршрутов [5].

Для отслеживания автомобильного транспорта существуют такие различные GPRS-трекеры, как например трекеры, которые подключаются в диагностический порт автомобиля OBD II.

Приоритет выбора одной из карт может быть различен в зависимости от ситуации и уровня принимаемого сигнала. Помимо этого, можно оптимизировать расход трафика или можно отключить передачу какой-либо неиспользуемой информации, вследствие чего можно увеличить период фиксации промежуточных точек в память. Существует также особенность, которой обладают некоторые трекеры это режим Стелс, который позволяет отключать GSM-модуль и подаёт сигналы по строго выставленному расписанию, и дополнительно экономит трафик, а также электроэнергию [4].

Следует отметить, что при использовании систем мониторинга спутниковых систем, стали контролироваться магистральные грузовые перевозки автотранспортом. Вследствие чего решаются логистические задачи с целью оптимизации маршрутов и перевозок [5].

Основополагающей ролью в мониторинге транспорта на базе навигационной системы ГЛОНАСС является способность контроля за большим количеством автомобилей. Помимо этого диспетчерские пункты оснащаются компьютером или серверной станцией, на которые устанавливается

специализированное программное обеспечение, с помощью которого в последствии будут производиться последующие действия, необходимые для мониторинга транспортных средств..

На рисунке 2.3 изображён пример взаимодействия систем мониторинга и диспетчера.



Рисунок 2.3 - Взаимодействие системы мониторинга и диспетчера

Исходя из увеличения объёма пассажирских перевозок, грузоперевозок по транспортным коридорам, повышаются требования к скорости, надежности, а также безопасности движения. Для сохранения груза и уменьшения износа элементов ходовой части автотранспорта, а также минимизации риска участия в ДТП, в мониторинге ГЛОНАСС отдельное место занимает параметр качества вождения. Суть заключается в следующем:

В автотранспорт устанавливают GPS трекер со встроенным датчиком положения педали газа (акселерометр). Данный датчик измеряет положение педали в ходе движения, собирает тем самым данные о скорости автотранспорта и обрабатывает полученную информацию. Существуют более комплексные модели, которые считывают информацию с датчиков автотранспорта.

Чтобы наиболее конкретно определить местоположение автомобиля необходима прямая «видимость» спутников. Следует учесть, что в случаях, когда автомобиль передвигается по длинному туннелю или находится на подземной стоянке, возможность определить координаты транспортного средства весьма затруднительна и, очень часто, попросту невозможна.

Помимо этого, могут быть перебои в покрытии сетей связи, через которые передаётся информация диспетчеру. Из этого следует, что блоки системы имеют возможность «писать» данные во внутренний буфер и производить их отправку пакетом при вхождении в зону покрытия сетей для передачи данных [9].

Далее происходит цифровой анализ, и пользователь получает полный отчёт, в котором зафиксировано резкое торможение, снижение/увеличение скорости на разных этапах маршрута, превышение скорости, количество



штрафов, пробег и др. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций для исключения риска повреждения груза или получения травм среди гражданского населения, необходимо обеспечивать водителей, средствами мониторинга и информацией действия в чрезвычайных ситуациях для тех случаев когда информирование невозможно, или не было произведено своевременно, а также организаторов и владельцев обеспечивать программами мониторинга для своевременного предупреждения подобных чрезвычайных ситуаций и информировании о возможных корректировках в маршрутах.

У владельцев автопарков появляется возможность, самостоятельно составлять маршруты передвижения автотранспорта.

Функция позволяет увидеть:

- наименование объекта движения;
- местоположение объекта;
- геозону;
- время активации маршрута;
- время опережения/отставания от графика;
- выход за пределы геозоны;
- среднюю скорость передвижения.

Используя систему, оператор отслеживает перемещение транспортного средства на всём пути следования от заданных контрольных точек. Частота обновления информации 0,1-1 Гц, скорость передачи — 0,15 м/с [6,7].

Помимо всего вышесказанного, используя систему спутниковой навигации ГЛОНАСС появляется возможность рассчитать точное местоположение и расстояние между движущимися навстречу друг другу автотранспорта и при обнаружении возможных рисков создания чрезвычайных ситуаций выводить на экран расстояние до встречного автомобиля или возможного затора. Из этого следует, что при использовании систему ГЛОНАСС появляется возможность отображать на экране навигационного устройства расстояние до автомобиля, находящегося на определенном расстоянии от транспорта, особенно актуально это будет при междугородних перевозках и при движении в плотном транспортном потоке, в котором возникновения аварийной ситуации значительно велик.

Помимо этого мониторинг транспорта применяется для обеспечения защитной функции для автомобиля. Современные трекеры устанавливаются в автомобили скрытно, для того чтобы отследить местоположение угнанного автомобиля. В случае если в вашу комплектацию системы мониторинга входит удалённое управления транспортом, возможно будет заглушить двигатель и заблокировать двери в следствии чего воры никуда не смогут уехать и окажутся заперты в машине [9,10].

Производя мониторинг количества автотранспорта, аварийных ситуаций и возможных заторы на различных участках маршрута следования грузового или пассажирского транспорта, и благодаря этому появляется возможность направить транспортные потоки в объездные направления, для того чтобы

увеличить пропускную способность дороги и, как следствие, увеличить скорость, качество и количество грузовых и пассажирских перевозок [6].

В настоящее время система спутниковой навигации на железнодорожном транспорте играет важную роль в развитии различных отраслей и выполняет несколько ключевых задач, к которым можно отнести:

- Создание высокоточных электронных карт с целью путевого развития страны, с помощью статической съёмки.
- Оптимизация маршрутов с целью выявления лишнего расхода энергии и простоев пассажирских и грузовых составов. Поскольку для оптимизации не требуется высокой точности, с целью решения данной задачи можно задействовать минимальное количество спутников.
- Повышение точности позиционирования в зонах повышенного движения с помощью развёртывания сети дифференциальных станций.
- Обеспечение оптимальной работой и безопасности обслуживающего персонала, снабжение их коммуникаторами со встроенными навигаторами для реализации данной задачи.
- Контроль пассажирских и грузовых составов на сортировочных станциях.

Касательно маневровых составов требование к точности их мониторинга значительно выше, что подводит к тому что необходимо использовать спутниковую систему мониторинга в режиме ГЛОНАСС+GPS, поскольку точности только ГЛОНАСС недостаточно [5].

Описав определённые аспекты спутника мониторинга железнодорожного транспорта, следует учесть устройство, такое как терминал ТМ4-3.

Мобильный терминал ТМ4-3 выполняет функции по обеспечению удаленного контроля и управления транспортными средствами в режиме реального времени. У данного терминала есть определённый ряд возможностей, такие как:

- определение местоположения объекта;
- контроль состояния объектов и грузов;
- считывание данных по CAN-интерфейсу;
- передачу информации о местоположении, состоянии датчиков на объекте и телеметрической информации от аппаратуры;
- автоматическое определение оператора сотовой связи по установленной SIM-карте.

Использование систем мониторинга предоставляет такую возможность как оптимизация работы путевой ремонтной техники «в окнах», увязав ее с управлением поездной работой и обеспечив максимальную пропускную способность железных дорог. Помимо этого для повышения безопасности работы путевых бригад, необходимо обеспечить их устройствами оповещения с помощью системы мониторинга железнодорожного транспорта [11].

Выводы: Подводя итоги раздела и описав особенности спутникового мониторинга различных видов транспортных средств, а именно морского, воздушного, автомобильного и железнодорожного транспорта можно сделать

вывод, что построение различных систем спутникового мониторинга концептуально имеют между ряд объединяющих их элементов. Отличаются же системы построения друг от друга лишь дополнительной точностью при определении местоположения. Но исходя из тематики дипломной работы можно сделать вывод, что для мониторинга автомобильного транспорта задействование 4 спутника для повышения точности определения местоположения является довольно-таки важной составляющей, особенно если идет речь о транспортировке опасных грузов, требования к перевозке которых будут отмечена в следующем разделе.

Как уже отмечалось ранее, в данном разделе было подробно рассмотрен мониторинг автомобильного транспорта, т.к. исходя из темы дипломной работы и имеющегося технического задания необходимо было рассмотреть мониторинг автомобильной колонны на определенном маршруте, размер которой составляет 1 км. Ссылаясь на изложенный ранее материал были раскрыты большинство из возможностей для спутникового мониторинга, параметры, которые могут контролироваться и отслеживаться в ходе спутниковой навигации и слежения за объектом, к которым можно отнести контроль расхода топлива, положение педали газа, отслеживание безопасности движения, контроль и корректировка передвижений, опережение и отставание от графика, выход за границы установленного маршрута.

В следующем разделе будет рассмотрено более подробное построение GPRS трекера. Также в данном разделе будут приведены возможности и основные характеристики многофункционального модуля SIM808, который впоследствии будет использоваться для создания макета трекера.

## **2.2 Функциональное построение и работа спутниковых систем мониторинга с использованием GPRS трекера.**

Для начала стоит ознакомиться с определениями и характеристиками некоторых элементов GPRS трекера.

Модуль SIM808 - это функциональный модуль «два в одном» GSM и GPRS. Поддерживает четырехдиапазонную сеть GSM/GPRS и сочетает в себе технологию GPS для спутниковой навигации. Он отличается сверхнизким энергопотреблением в спящем режиме и интегрирован со схемой зарядки для литий-ионных аккумуляторов, что обеспечивает сверхдлительное время ожидания и удобство для проектов, в которых используется перезаряжаемый литий-ионный аккумулятор. Он имеет высокую чувствительность приема GPS с 22 каналами отслеживания и 66 каналами приемника сбора данных [16].

Общие характеристики:

Четыре рабочих диапазона частот: 850/900/1800/1900 МГц

Мультислот GPRS класса 12/10

Мобильные станции GPRS класса B

Совместимость со стандартом GSM phase 2/2+ по мощности излучения:

Класс 4 (2 Вт на частоте 850/900 МГц)

Класс 1 (1 Вт на частоте 1800/1900 МГц)  
 Соответствие спецификации Bluetooth 3.0+ с увеличенной скоростью передачи данных (EDR)  
 Размеры модуля: 24 мм × 24 мм × 2.6 мм  
 Вес: 3.3 г  
 Управление посредством AT-команд (3GPP TS 27.007)  
 Расширенный набор AT-команд 27.005 и SIMCOM  
 Диапазон напряжения питания: от 3.4 В до 4.4 В  
 Низкая потребляемая мощность  
 Диапазон рабочих температур: от -40°C до +85°C [17]  
 На рисунке 2.4 изображен модуль Sim808



Рисунок 2.4 - Модуль Sim808

Помимо характеристик модуля GSM Sim 808 стоит рассмотреть его внутреннее принципиальное строение, которое изображено на рисунке 2.5.

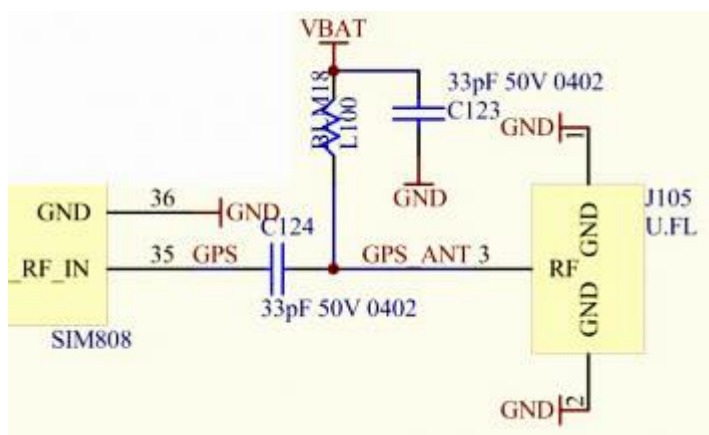


Рисунок 2.5 - Внутреннее строение модуля SIM808

Трекером называется стационарный прибор, который является частью бортового навигационного оборудования или системы мониторинга. Его роль заключается в приеме и передаче информации о местоположении, скорости и пути перемещения объекта в режиме реального времени. Применение

подобных устройств актуально для любых видов слежения за объектами, в том числе и различными опасными грузами. Помимо такого применения, нахождение трекера в автомобильном транспорте (желательно в скрытом месте) позволяет отследить его местоположение в случае кражи, и отследить в случае использования автомобиля в личных целях водителей. Различные ситуации привели к необходимости определять местоположение различных движущихся объектов вследствие чего и появились такого устройства как GPS-трекер. В настоящее время любой человек, желающий знать что происходит вокруг него, может воспользоваться данной технологией, с помощью которой можно узнать где находятся близкие люди, а также знать местоположение автомобиля.

Трекер состоит из 3-х блоков:

1) В первый блок входит GPS приемник, задача которого заключается в том, чтобы принимать сигналы со спутников, определить текущее положение спутников, определить расстояние до спутников, определить своё местоположение, скорость, направление движения и отправить эти данные на управляющее устройство.

2) Во второй блок входит передатчик, задача передатчика в том, чтобы передавать полученные данные с приемника на удалённый сервер в заданном формате. В качестве передатчика в «GPS трекере» выступает GSM модуль SIM 808.

3) В третий блок входит управляющее устройство, задача которого заключается в том, чтобы связать в единую систему (трекер) приемник и передатчик, т.е. принять данные с приемника и отправить через передатчик на удалённый сервер. В качестве управляющего устройства в «GPS трекере» выступает микроконтроллер Arduino NANO.

В изначальной основе работы GPS-маячка задействовано использование двух различных модулей связи - GPS и GPRS. Система GPS, как было описано ранее, имеет зону покрытия около 99% поверхности земного шара, что предоставляет довольно обширные возможности в отслеживании местоположения трекера практически в любом месте планеты, с учетом, собственно, постоянного подключения к сети или с наличием систем передачи информации по расписанию, для экономии трафика и энергоресурсов самого трекера. Что касается данных о местоположении и перемещении объектов, то они передаются на приемное устройство через канал GPRS. Таким образом, приемным устройством при этом может выступать коммуникатор, планшетный или персональный компьютер, ноутбук, либо на удаленный сервер. В дополнение, трекер может иметь в своей комплектации помимо функции портативного маяка ещё функции коммутационного устройства.

Рассмотрев подробно само понятие трекера стоит добавить и что такое GPRS/GSM и с какими протоколами работает данный стандарт и его настройка.

GSM (Global System for Mobile Communications) - это глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи. GPRS (General Packet Radio Service) - настройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетную



передачу данных. На рисунке 2.6 представлена краткая схема работы передачи данных через GPRS



Рисунок 2.6 - Передача данных через GPRS

Настройка GPRS включает в себя пакетный коммутатор и GPRS шлюз. После того как трекер запросит необходимые данные через GPRS, GSM-модуль, установленный в трекер, запрашивает данные с базовой станции, которая передает информацию на контроллер базовых станций. Контроллер базовых станций связывается с пакетным коммутатором. Из этого следует, что пакетный коммутатор в свою очередь выполняет функции обработки пакетной информации и реформирования кадров GSM в форматы, которые применяются протоколами TCP/IP. После того, как было произведено реформирование пакетный коммутатор отправляет данные на GPRS шлюз. Данный шлюз генерирует непосредственную связь системы GPRS с пакетными сетями передачи данных. Также он содержит информацию о сетях, благодаря чему абоненты GPRS могут получать доступ к необходимой им информации, а также параметры соединения.

GPS модули определенных трекеров передают информацию управляющему устройству в виде протокола NMEA 0183. NMEA 0183 - это текстовый протокол связи, как правило, морского оборудования или оборудования, используемого в поездах между собой. После всего GPS модуль передает необходимое количество строк в формате данного протокола.

Передача данных между всеми компонентами системы осуществляется с помощью стека протоколов TCP/IP. Данный стек TCP/IP протоколов состоит из нескольких уровней:

Транспортный уровень - это 4-й уровень сетевой модели OSI, предназначен для доставки данных. Транспортный уровень разделяет блоки данных на фрагменты, размер которых зависит от протокола, короткие объединяет в один, а длинные разбивает. На данный момент имеется несколько классов протоколов транспортного уровня, начиная от протоколов,

выполняющие основные транспортные функции, например, функции передачи данных без подтверждения приема, и заканчивая протоколами, гарантирующие доставку в конечную точку назначения нескольких пакетов данных в надлежащей последовательности, мультиплексируют несколько потоков данных, контролируют определённый механизм управления потоками данных и гарантируют высокую точность принятых данных. Такие протоколы транспортного уровня, как протоколы без установки соединения, не гарантируют, что данные доставляются по назначению в изначальном состоянии, в котором они были посланы источником. В дополнение, транспортные уровни некоторых протоколов выполняют функцию сбора данные в нужной последовательности до передачи их на сеансовый уровень. Мультиплексирование данных означает, что транспортный уровень способен одновременно обрабатывать несколько потоков данных между двумя системами. Механизм управления потоком данных - это механизм, позволяющий регулировать количество данных, передаваемых от одной системы к другой. Протоколы TCP/IP обладают функцией контроля за доставкой данных, и запрашивая у принимающей системы отправление подтверждения передающей стороне о получении информации.

Канальный уровень - уровень сетевой модели OSI, который предназначен для передачи данных узлам, находящимся в том же сегменте локальной сети. Данный уровень может быть использован для обнаружения и исправления ошибок, которые могли возникнуть на физическом уровне. Примерами таких протоколов, работающих на данном уровне, являются: Ethernet для локальных сетей (многоузловой), HDLC и ADCCP для подключений точка-точка (двухузловой). Функция канального уровня – это доставка кадров между устройствами, подключенными к одному сетевому сегменту. Стоит также внести ясность касательно архитектуры канального уровня. Кадры канального уровня не пересекают границ сетевого сегмента. Заголовок кадра состоит из аппаратных адресов отправителя и получателя, с помощью которых можно определить, какое устройство является отправителем кадра и какое устройство должно получить и обработать этот кадр. Некоторые протоколы канального уровня не обладают возможностью подтверждения приема кадра, также существуют протоколы, которые не обладают необходимой контрольной суммой для проверки целостности кадра. Существуют протоколы более высокого уровня в юрисдикцию которых входит обеспечение управления потоком данных, а также контроль ошибок, подтверждение доставки и перенаправление утерянных данных. На этом уровне работают коммутаторы и мосты [18].

Возвращаясь к теме мониторинга транспорта исходя из тематики дипломной работы, то стоит отметить особенности транспортировки опасных грузов.

Согласно Экологическому Кодексу Республики Казахстан, статьи 345 и 346 транспортировка, загрузка, разгрузка опасных грузов на территории РК должна подчиняться законодательствам Республики Казахстан о транспорте и коммуникации, иметь необходимые маркировки и следовать всем санитарно-

эпидемиологическим нормам в ходе подготовки, загрузки, транспортировки и разгрузки. Весь учет опасных отходов и их транспортировка подчиняется Базельской конвенции, и поэтому исходя из этого, транспортировка опасных отходов из территории Республики Казахстан или на территорию Республики Казахстан, как и транзит через территорию Республики Казахстан выполняется с соблюдением требований Базельской конвенции, иных международных договоров, ратифицированных Республикой Казахстан, и законов Республики Казахстан в порядке, определенном Правительством Республики Казахстан.

Также, при трансграничной перевозке опасных отходов через Республику Казахстан окончательное утверждение о самой перевозке лежит на уполномоченных органах в сфере охраны окружающей среды. Помимо этого, при трансграничной перевозке, транспортная компания, выполняющая транспортировку или уполномоченные органы другой страны, производящие операцию по транспортировке, должны предоставить заинтересованным государствам, в данном случае Республике Казахстан, все необходимые документы о маршруте транспортировки, дабы узнать о возможных последствиях такой перевозки для окружающей среды, жизни и (или) здоровья человека [19].

Выводы: Подводя итоги данного раздела, в нем было описано построение будущего макета GPRS трекера. Роль трекера заключается в приеме и передаче информации о местоположении, скорости и пути перемещения в режиме реального времени. В нынешних реалиях каждый желающий может воспользоваться GPS трекером, чтобы узнать о местонахождении автомобиля. Данный трекер состоит из 3 блоков, назначение которых было описано подробнее ранее. Помимо всего прочего, трекер может работать на протоколе NMEA-0183. Модуль SIM808 обладает пакетом AT-команд. А также в данном разделе были описаны характеристики GSM/GPRS модуля SIM808, который является основой макета. После этого, были представлены схемы внутреннего строения модуля, схемы организации передачи данных о местоположении. Также в разделе были отражены требования, предъявляемые к транспортировке опасных грузов согласно Экологическому Кодексу Республики Казахстан.

В следующем разделе будет рассмотрено уже непосредственная реализация макета, с предоставлением кода и схем подключения, а также структурная и визуальная часть веб-сервера, используемого для реализации макета GPRS трекера на GSM/GPS модуле SIM808.

### 3 Проектирование gprs трекера на основе модуля SIM 808

#### 3.1 Макет GPRS трекера с многофункциональным модулем SIM808.

Проектируемый нами далее макет трекера состоит из непосредственно самого модуля, платы Arduino UNO, трех проводов типа «мама-папа», а также двух антенн, в данном случае мы используем GSM антенну и GPS антенну. На рисунке 3.1 представлен макет GPRS трекера.



Рисунок 3.1 - Макет GPRS трекера

Далее был представлен код написанный в специализированной для написания кода программе Arduino IDE.

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial GSMport(3, 2); // RX, TX
typedef struct {
    String latitude;
    String longitude;
    String datetime;
} MyDataGPS;
```

```

MyDataGPS dataGPS;
void gprs_init(void);
MyDataGPS getGPSLocation(void);
void gprs_send(String dataa, String datab, int dataA0, int dataA1);
String ReadGSM();

void setup() {

    Serial.begin(9600);
    GSMport.begin(9600);
    GSMport.println("AT+CLIP=1"); //устанавливаем чтобы номер входящего звонка определялс
я
    delay(300);
    GSMport.println("AT+DDET=1"); //устанавливаем прием DTMF
    delay(300);
    gprs_init();

}

void loop() {

    dataGPS = getGPSLocation();
    gprs_send(dataGPS.latitude, dataGPS.longitude);

    delay(3600000);
}

MyDataGPS getGPSLocation(void) { //функция определения местоположения по GPS
    String v,v1,v2;
    Serial.write("Get GPS");
    String data[5];
    MyDataGPS d;
    int a = 0,b = 0;
    GSMport.println("AT+CGNSPWR=1");
    delay(1000);
    Serial.println(ReadGSM());
    GSMport.println("AT+CGNSINF");
}

```



```

delay(400);
delay(400);
v = ReadGSM();
Serial.println(v);

for(int i=0;i<5;i++){ //парсинг данных между запятыми в массив строк
  a = v.indexOf(", ",a); //первое вхождение запятой
  if(a!=-1){
    b = v.indexOf(", ",a+1); //второе вхождение запятой после нашей первой запятой если
    а не -1
    data[i] = v.substring(a+1,b);
    Serial.println(String("Poluchennaya data: " + String(i)+" - "+ data[i]));
    a = b;
  }
}
d.datetime = data[1];
d.latitude = data[2];
d.longitude = data[3];
return d;
}

void gprs_init(void) { //Процедура начальной инициализации GSM модуля для GPRS
  int d = 500;
  Serial.println("-----GPRS init start-----");
  delay(d * 4);
  GSMport.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\", \"GPRS\"); //Установка настроек подключен
ия
  delay(d * 5);
  Serial.println(ReadGSM()); //показываем ответ от GSM модуля
  delay(d * 5);
  GSMport.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.tele2.kz\"); //Установка APN
  delay(d);
  Serial.println(ReadGSM()); //показываем ответ от GSM модуля
  delay(d * 2);
  GSMport.println("AT+SAPBR=3,1,\"USER\", \"\"); //Установка имени пользователя для сет
и
  delay(d);
  Serial.println(ReadGSM()); //показываем ответ от GSM модуля

  GSMport.println("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\", \"\"); //Установка пароля для сети

```

```

delay(d);
Serial.println(ReadGSM()); //показываем ответ от GSM модуля
delay(d * 2);
GSMport.println("AT+SAPBR=1,1"); //Устанавливаем соединение GPRS
delay(d * 2);
Serial.println(ReadGSM()); //показываем ответ от GSM модуля
delay(d * 2);
GSMport.println("AT+SAPBR=2,1"); //Проверяем как настроилось
delay(d);
Serial.println(ReadGSM()); //показываем ответ от GSM модуля
delay(d * 5);

Serial.println("-----GPRS init complete-----");
Serial.println("");
}

void gprs_deinit(){

}

String ReadGSM() { //функция чтения данных от GSM модуля
    char c;
    String str;
    while (GSMport.available()) { //сохраняем входную строку в переменную str
        c = GSMport.read();
        str += c;
        delay(20);
    }
    str = "<<< " + str;
    return str;
}

void gprs_send(String dataa, String datab) { //Процедура отправки данных на сервер
    //отправка данных на сайт
    String tempstr;
    Serial.println("Send start");
    GSMport.println("AT+HTTPINIT");
    delay(1000);
}

```

```

Serial.println(ReadGSM());
GSMport.println("AT+HTTTPARA=\"CID\",1");
delay(1000);
Serial.println(ReadGSM());
Serial.println("setup url");
tempstr = String("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"tretyak-afanasyev.ru/write.php?a=" + dataa +
"&b=" + datab + "&a0=\"");
GSMport.println(tempstr);
Serial.println(tempstr);
delay(4000);
Serial.println(ReadGSM());
Serial.println("GET url");
GSMport.println("AT+HTTPACTION=0");
delay(5000);
Serial.println(ReadGSM());
Serial.println("Send done");
GSMport.println("AT+HTTPTERM");
delay(200);
Serial.println(ReadGSM());

```

После написание кода, он был скомпилирован и загружен в Arduino UNO. Далее был создан веб-сервер с хостингом от Sprinthost, на котором создан файл write.php, к которому будет обращаться наш модуль SIM808 для отправки данных. Следом представлен код файла write.php.

```

<?php
    $ip = $_SERVER['REMOTE_ADDR']; //получаем IP адрес клиента
    $client = 'SIM808'; //получаем идентификатор HTTP клиента
    $today = date("Y.m.d H:i:s"); //получаем текущие дату и время
    $f = fopen("log.csv","a"); //открываем файл для добавления данных
    $parama = 'a'; //получаем значение переменной "a"
    $paramb = 'b'; //получаем значение переменной "b"

    fwrite($f,"<div class='row'><div class='cell1'> $today </div> <div class='cell2'> $ip
</div><div class='cell3'> $client </div><div class='cell4'> $parama </div><div class='c
ell5'> $paramb </div><div class='cell6'><a href='https://yandex.ru/maps/?source=serp_na
vig&text=$parama + $paramb'>Яндекс.Карты</a></div></div>"); //запись данных в файл

    fclose($f); //закрываем файл
?>

```

После чего настраиваем визуальный вид веб-сервера, для этого был создан файл `read.php`, в котором редактируем цвет, фон, размер шрифта, отступы, размер ячеек таблицы и границы таблицы. Данный файл представлен в виде кода.

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html class="no-js" itemscope itemtype="http://schema.org/WebPage">
<head>
<meta charset="utf-8">
<meta content="True" name="HandheldFriendly">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, maximum-scale=1.0, user-scalable=no">
<title>Читаем лог GPS</title>
<meta name="description" content="Данные с модуля GPS"/>
<meta name="keywords" content="GPS GPRS SIM808"/>
<style type="text/css">
.row {
border: 1px;
border-style: solid;
border-color: #59e;
OVERFLOW: hidden;
margin: 5px 5px 5px 5px;
padding: 0px;
background: rgba(0, 0, 0, 0.5);
}
.cell1, .cell2, .cell3, .cell4, .cell5, .cell6{
border: 1px;
border-style: solid;
border-color: #59e;
padding: 0px;
display: inline-block;
border-bottom: 0px;
border-left: 0px;
border-top: 0px;
min-height: 10px;
}
.cell1{
width:210px;
}
```

```
.cell12{
width:110px;
}
.cell13{
width:200px;
}
.cell14{
width:200px;
}
.cell15{
width:200px;
}
.cell16{
width:160px;
}

.panel{
margin-top: 40px;
position: absolute;
}
.panel,.header{
top: -5px;
background-color: #03030b;
box-shadow: -2px 19px 34px #000000;

.header{
position: fixed;
}
body {
background-image: url(KevinKaslanawithmetch.jpg); /* Путь к фоновому изображению */
background-attachment: fixed;
color: #EEEEFF;
font-family: sans-serif;
}
</style>
</head>
```



```

<body>
<div style="width: 100%;"><img src=""></div>
<div style="text-align: -webkit-center;">
<div class="panel">
<div class="row header"><div class="cell1">Время</div> <div class="cell2">IP</div><div
class="cell3"> Устройство </div><div class="cell4"> долгота</div><div class="cell5"> ши
рота</div><div class="cell6">ссылка на карту</div></div>

<?php
$handle = @fopen("log.csv", "r");
if ($handle) {
while (($buffer = fgets($handle, 4096)) !== false) {
echo $buffer;
//echo "</br>";
}
if (!feof($handle)) {
echo "Error: unexpected fgets() fail\n";
}
fclose($handle);
}
?>

</div>
</div>

</body>

```

После написания кодов управления и написания кодов для визуальной составляющей веб-сервера, как и кода для связи GPRS трекера с веб-сервером была произведена проверка работоспособности всего макета, начиная от самого трекера, и заканчивая переданной информацией на веб-сервер, которую можно изучить на самом веб-сервере.

При связи с трекером веб-сервер определяет время обращения, IP-адрес, имя устройства, долготу, широту и непосредственно местоположение трекера на карте, которую можно просмотреть, перейдя по ссылке. Данный трекер производит функцию передачи информации о местоположении в определенный промежуток времени, в нашем случае мы запрограммировали данный трекер на передачу сигнала местоположения раз в час.

Были произведены тестовые запуски трекера на передачу местоположения и непосредственно выведение на веб-сервер.

На рисунке 3.2 представлен визуальный вид веб-сервера.



Рисунок 3.2 - Визуальный вид веб-сервера.

Выводы: В данном разделе был описан процесс построения макета трекера, написание кода управления модулем и непосредственной связи с веб-сервером. Настройка визуальной и структурной составляющей данного веб-сервера и получения информации о высокоточном местоположении модуля, используемого в данном макете. Также в разделе был представлен наглядный пример использования макета трекера с отображением всей прописанной в коде информации.

В следующей разделе будет произведен расчёт энергетической линии «вверх-вниз» на участке Алматы – Туркестан. Было произведено исследование зависимости коэффициента усиления антенны ЗС и ширины диаграммы направленности антенны ЗС от диаметра непосредственно самой антенны.

### 3.2 Расчет вектора смещения при определении геолокации ТС на MatLab

В данном разделе будет произведен расчет энергетической спутниковой линии связи Алматы – Туркестан.

Расчёт спутниковой линии связи Алматы - KazSat-2 на участке “вверх”:

Таблица 3.1 - Географическое расположение

ЦС/АС	Алматы	Туркестан
Координаты		
Широта (Север)	43,2	43,29
Долгота (Восток)	76,5	68,25

Таблица 3.2 - Техническая спецификация ИСЗ KazSat-2

Точка стояния на ГСО ,град	86,5 в.д
Масса КА, кг	1330
Точность ориентации ,град	0,1
Точность позици н. ,град	+(-) 0,05
Мощность СБ ,Вт	46
Срок активного существования ,лет	12,25
Диапазон частот	Ku
Количество ствол	16
Полоса пропускания ,МГц	54
Добротность, дБ/К	5,3
ЭИИМ(Тв связь) ,дБ/Вт	53,5/49
Масса ПН ,кг	200

Таблица 3.3 - Исходные данные для расчета на участке «вверх» спутниковой линии связи Алматы-KazSat2-Туркестан

Рабочий диапазон, ГГц	14
Диаметр передающей антенны ЗС, м	6
Коэффициент усиления передающей антенны, дБ	57.3
Выходная мощность передатчика ЗС, Вт	45
Потери сигнала на передающей стороне, дБ	1
ЭИИМ ЗС, дБВт	53.5
Полоса частот, МГц	54
Потери наведения антенны, дБ	4.5
Потери сигнала в невозмущенной атмосфере, дБ	0.5
Полная шумовая температура приёмной системы ретранслятора, К	700
Потери сигнала в приёмном тракте ретранслятора, дБ	1
Пороговое отношение сигнал-шум h, дБ	17
Шумовая температура бортовой и наземной антенны Ku	0.7

1. Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу:

$$G_3 = 109.67 \cdot K_u \cdot D^2 \cdot f^2 \quad (3.1)$$

$$G_3 = 109.67 \cdot 0.7 \cdot 6^2 \cdot 14^2 = 541682 \text{ (57.3 дБ)}$$

2. Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

$$\theta = \frac{18}{D \cdot f} \quad (3.2)$$

$$\theta = \frac{18}{6 \cdot 14} = 0.21 \text{ (12°)}$$

3. Коэффициент усиления приёмной антенны бортового ретранслятора:

$$G_6 = \frac{35530 \cdot K_u}{\theta^2} \quad (3.3)$$

$$G_6 = \frac{35530 \cdot 0.7}{12^2} = 172.7 \text{ (22.4 дБ)}$$

4. Потери в свободном пространстве:

$$L_0 = 1.75 \cdot 10^{15} \cdot d^2 \cdot f^2 \quad (3.4)$$

где  $d$  – наклонная дальность между ЗС и КС тыс. км,  $f$  – частота на передачу, ГГц.

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos \phi} \quad (3.5)$$

где  $\cos \phi = \cos \xi \cdot \cos \beta$ ,

$\xi$  – широта наземной станции,

$\beta$  – разность долгот спутника и земной станции.

Тогда рассчитаем наклонную дальность между ЗС и КС:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos 43.2^\circ \cdot \cos(76.5^\circ - 86.5^\circ)} = 37853 \text{ км}$$

Далее рассчитаем потери в свободном пространстве:

$$L_0 = 1.75 \cdot 10^{15} \cdot 37.853^2 \cdot 14^2 = 4.91 \cdot 10^{20} \text{ (207 дБ)}$$

5. Дополнительные потери:

Суммарные потери наведения  $L_n = 4,5$  дБ

Потери сигнала в невозмущенной атмосфере  $L_a = 0,5$  дБ

Потери в приёмном тракте приёмника  $L_{пр} = 1$  дБ

$$L_{\text{доп}} = L_n + L_a + L_{\text{пр}} \quad (3.6)$$

$$L_{\text{доп}} = 4.5 + 0.5 + 1 = 6 \text{ ( 3.98 раз )}$$

6. Мощность полезного сигнала на входе приёмника:

$$P_c = P_{\text{перзс}} + G_3 + G_6 - L_0 - L_{\text{доп}} \quad (3.7)$$

$$P_c = 15 + 57.3 + 22.4 - 207 - 6 = -118.3 \text{ дБ}$$

7. Мощность шума в полосе частот ствола ретранслятора:

$$P_{\text{ш}} = kT \Delta f \quad (3.8)$$

$$P_{\text{ш}} = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 700 \cdot 54 \cdot 10^6 = 5.21 \cdot 10^{-13} \text{ ( -122.8 дБВт )}$$

8. Отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора:

$$\frac{P_c}{P_{\text{ш}}} = P_c - P_{\text{ш}} \quad (3.9)$$

$$\frac{P_c}{P_{\text{ш}}} = -118.3 - (-122.8) = 4.5$$

9. Определяем потери в дожде:

$$L_d = a \cdot I^b \cdot l \quad (3.10)$$

где  $I=22$  мм/час — интенсивность выпадения осадков в зоне E;  
 $l$  — длина пути сигнала в дождевом слое;  
 $a$  и  $b$  — вспомогательные коэффициенты.

$$a = 4.21 \cdot 10^{-5} \cdot f^{2.49} \text{ при } 2.9 \leq f \leq 54 \text{ ГГц} \quad (3.11)$$

$$a = 4.21 \cdot 10^{-5} \cdot 14^{2.49} = 0.03$$

$$b = \begin{cases} 1.41 \cdot f^{-0.0779} & \text{при } 2.54 \leq f \leq 25 \text{ ГГц} \\ 1.41 \cdot f^{-0.272} & \text{при } 25 \leq f \leq 164 \text{ ГГц} \end{cases} \quad (3.12)$$

$$b = 1.41 \cdot f^{-0.0779} \quad (3.13)$$

$$b = 1.41 \cdot 14^{-0.0779} = 1.1$$

Длина пути сигнала в дождевом слое с учетом  $h_{3c} = 0^\circ$

$$l = \frac{h_d}{\sin \gamma} \quad (3.14)$$



$$l = \frac{6.9}{\sin 40.15} = 10.7$$

где  $h_d$  – эффективная высота дождевого слоя,  $\gamma=40.15$  – угол места ЗС  
Угол возвышения равен углу места ЗС:

$$\gamma = \arcsin \frac{H \cos \phi \cos(\lambda_c - \lambda_H)}{\sqrt{H^2 + R^2 + 2HR \cos \phi \cos(\lambda_c - \lambda_H)}} \quad (3.15)$$

$$\gamma = \arcsin \frac{42170 \cdot \cos 43.2^\circ \cdot \cos(86.5^\circ - 76.5^\circ)}{\sqrt{42170^2 + 6371^2 + 2 \cdot 42170 \cdot 6371 \cdot \cos 43.2^\circ \cdot \cos(86.5^\circ - 76.5^\circ)}} = 0.7 (40.15^\circ)$$

где  $H=42170$  км – высота орбиты геостационарного спутника над Землёй,  
 $R=6371$  км – радиус Земли

Высота нулевой изотермы:

$$h_H = \begin{cases} 4.8 \text{ при } \psi_c < 10^\circ \text{ где } \psi_c - \text{широта ЗС} \\ 7.8 - 0.1(\psi_c) \text{ при } \psi_c > 10^\circ \end{cases} \quad (3.16)$$

$$h_H = 7.8 - 0.1 \cdot 43.2 = 3.48$$

Эффективная высота дождевого слоя

$$h_d = \begin{cases} h_H \text{ при } I < 10 \text{ мм / ч} \\ h_H + 10 \lg \left( \frac{I}{10} \right) \text{ при } I > 10 \text{ мм / ч} \end{cases} \quad (3.17)$$

$$h_d = 3.48 + 10 \lg \left( \frac{22}{10} \right) = 6.9$$

$$L_d = 0.03 \cdot 3^{1.1} \cdot 10.7 = 1.07 \text{ дБ}$$

10. Отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора при работе

$$\left( \frac{P_c}{P_{ш}} \right)_d = \frac{P_c}{P_{ш}} - L_d \quad (3.18)$$

$$\left( \frac{P_c}{P_{ш}} \right)_d = 4.5 - 1.07 = 3.42 \text{ дБ}$$

11. Добротность приёмной системы ретранслятора

$$D = \frac{G_6}{T} \quad (3.19)$$

$$D = \frac{172.7}{700} = 0.24 \text{ (} -6.08 \text{ дБ)}$$

Эквивалентная спектральная плотность мощности шума, приведенная по входу приёмника

$$N_0 = kT \quad (3.20)$$

$$N_0 = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 700 = 9.6 \cdot 10^{-21} \text{ (} -200 \text{ дБ)}$$

12. Энергетический потенциал:

$$\text{ЭП} = \frac{P_c}{N_0} \quad (3.21)$$

$$\text{ЭП} = -118.3 - (-200) = 81.7 \text{ дБ}$$

Расчёт спутниковой линии связи KazSat-2 - Туркестан на участке «вниз»:

Таблица 3.4 - Исходные данные для расчета на участке «вниз» спутниковой линии связи Алматы - KazSat2 – Туркестан

Рабочий диапазон, ГГц	11
Диаметр передающей антенны ЗС, м	3
Коэффициент усиления передающей антенны, дБ	49.2
Выходная мощность передатчика ЗС, Вт	45
Потери сигнала на передающей стороне, дБ	1
ЭИИМ ЗС, дБВт	49
Полоса частот, МГц	54
Потери наведения антенны, дБ	2
Потери сигнала в невозмущенной атмосфере, дБ	0.5
Полная шумовая температура приёмной системы ретранслятора, К	130
Потери сигнала в приёмном тракте ретранслятора, дБ	1.5
Пороговое отношение сигнал-шум h, дБ	15
Шумовая температура бортовой и наземной антенны Ku	0.7

1. Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу:

$$G_3 = 109.67 \cdot K_u \cdot D^2 \cdot f^2 \quad (3.22)$$

$$G_3 = 109.67 \cdot 0.7 \cdot 3^2 \cdot 11^2 = 83601 \text{ (49.2 дБ)}$$

2. Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

$$\theta = \frac{18}{D \cdot f} \quad (3.23)$$
$$\theta = \frac{18}{3 \cdot 11} = 0.54 \text{ (30.9}^\circ\text{)}$$

3. Коэффициент усиления приёмной антенны бортового ретранслятора:

$$G_6 = \frac{35530 \cdot K_u}{\theta^2} \quad (3.24)$$

$$G_6 = \frac{35530 \cdot 0.7}{30.9^2} = 26.4 \text{ (14,2 дБ)}$$

4. Потери в свободном пространстве:

$$L_0 = 1.75 \cdot 10^{15} \cdot d^2 \cdot f^2 \quad (3.25)$$

где  $d$  – наклонная дальность между ЗС и КС тыс. км,  $f$  – частота на передачу, ГГц.

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos\phi} \quad (3.26)$$

где  $\cos\phi = \cos\xi \cdot \cos\beta$ ,

$\xi$  – широта наземной станции,

$\beta$  – разность долгот спутника и земной станции.

Тогда рассчитаем наклонную дальность между ЗС и КС:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos 43.29^\circ \cdot \cos(68.25^\circ - 86.5^\circ)} = 38042 \text{ км}$$

Далее рассчитаем потери в свободном пространстве:

$$L_0 = 1.75 \cdot 10^{15} \cdot 38.042^2 \cdot 11^2 = 3.06 \cdot 10^{20} \text{ (205 дБ)}$$

5. Дополнительные потери:

Суммарные потери наведения  $L_n = 2$  дБ

Потери сигнала в невозмущенной атмосфере  $L_a = 0,5$  дБ

Потери в приёмном тракте приёмника  $L_{пр} = 1,5$  дБ

$$L_{\text{доп}} = L_{\text{н}} + L_{\text{а}} + L_{\text{пр}} \quad (3.27)$$

$$L_{\text{доп}} = 2 + 0.5 + 1.5 = 4 \text{ ( 2.51 раз )}$$

6. Мощность полезного сигнала на входе приёмника:

$$P_c = P_{\text{перЗС}} + G_3 + G_6 - L_0 - L_{\text{доп}} \quad (3.28)$$

$$P_c = 16 + 49.2 + 14.2 - 205 - 4 = -129.6 \text{ дБ}$$

7. Мощность шума в полосе частот ствола ретранслятора:

$$P_{\text{ш}} = kT \Delta f \quad (3.29)$$

$$P_{\text{ш}} = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 130 \cdot 54 \cdot 10^6 = 9,7 \cdot 10^{-14} \text{ ( -130.13 дБВт )}$$

8. Отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора:

$$\frac{P_c}{P_{\text{ш}}} = P_c - P_{\text{ш}} \quad (3.30)$$

$$\frac{P_c}{P_{\text{ш}}} = -129.6 - (-130.13) = 0.53$$

9. Определяем потери в дожде:

$$L_{\text{д}} = a \cdot I^b \cdot l \quad (3.31)$$

где  $I=22$  мм/час — интенсивность выпадения осадков в зоне Е;  
 $l$  — длина пути сигнала в дождевом слое;  
 $a$  и  $b$  — вспомогательные коэффициенты.

$$a = 4.21 \cdot 10^{-5} \cdot f^{2.49} \text{ при } 2.9 \leq f \leq 54 \text{ ГГц} \quad (3.32)$$

$$a = 4.21 \cdot 10^{-5} \cdot 11^{2.49} = 0.016$$

$$b = \begin{cases} 1.41 \cdot f^{-0.0779} & \text{при } 2.54 \leq f \leq 25 \text{ ГГц} \\ 1.41 \cdot f^{-0.272} & \text{при } 25 \leq f \leq 164 \text{ ГГц} \end{cases} \quad (3.33)$$

$$b = 1.41 \cdot f^{-0.0779} \quad (3.34)$$

$$b = 1.41 \cdot 11^{-0.0779} = 1.2$$

Длина пути сигнала в дождевом слое с учетом  $h_{3C} = 0^\circ$

$$l = \frac{h_d}{\sin \gamma} \quad (3.35)$$

$$l = \frac{6.9}{\sin 38.4} = 11.1$$

где  $h_d$  – эффективная высота дождевого слоя,  $\gamma=40.15$  – угол места ЗС  
Угол возвышения равен углу места ЗС:

$$\gamma = \arcsin \frac{H \cos \phi \cos(\lambda_c - \lambda_H)}{\sqrt{H^2 + R^2 + 2HR \cos \phi \cos(\lambda_c - \lambda_H)}} \quad (3.36)$$

$$\gamma = \arcsin \frac{42170 \cdot \cos 43.29^\circ \cdot \cos(86.5^\circ - 68.25^\circ)}{\sqrt{42170^2 + 6371^2 + 2 \cdot 42170 \cdot 6371 \cdot \cos 43.29^\circ \cdot \cos(86.5^\circ - 68.25^\circ)}} = 0.67 (38.4^\circ)$$

где  $H=42170$  км – высота орбиты геостационарного спутника над Землёй,  
 $R=6371$  км – радиус Земли

Высота нулевой изотермы:

$$h_H = \begin{cases} 4.8 \text{ при } \psi_c < 10^\circ \text{ где } \psi_c - \text{широта ЗС} \\ 7.8 - 0.1(\psi_c) \text{ при } \psi_c > 10^\circ \end{cases} \quad (3.37)$$

$$h_H = 7.8 - 0.1 \cdot 43.29 = 3.47$$

Эффективная высота дождевого слоя

$$h_d = \begin{cases} h_H \text{ при } I < 10 \text{ мм / ч} \\ h_H + 10 \lg \left( \frac{I}{10} \right) \text{ при } I > 10 \text{ мм / ч} \end{cases} \quad (3.38)$$

$$h_d = 3.48 + 10 \lg \left( \frac{22}{10} \right) = 6.9$$

$$L_d = 0.016 \cdot 1^{1.2} \cdot 11.1 = 0.17 \text{ дБ}$$

10. Отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора при работе

$$\left( \frac{P_c}{P_{ш}} \right)_d = \frac{P_c}{P_{ш}} - L_d \quad (3.39)$$

$$\left( \frac{P_c}{P_{ш}} \right)_d = 0.53 - 0.17 = 0,35 \text{ дБ}$$

### 11. Добротность приёмной системы ретранслятора

$$D = \frac{G_6}{T} \quad (3.40)$$

$$D = \frac{26.4}{130} = 0.2 \text{ (-6.99 дБ)}$$

Эквивалентная спектральная плотность мощности шума, приведенная по входу приёмника

$$N_0 = kT \quad (3.41)$$

$$N_0 = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 130 = 1.79 \cdot 10^{-21} \text{ (-207 дБ)}$$

### 12. Энергетический потенциал:

$$\text{ЭП} = \frac{P_c}{N_0} \quad (3.42)$$

$$\text{ЭП} = -129.6 - (-207) = 77.4 \text{ дБ}$$

Расчёт спутниковой линии связи Туркестан - KazSat-2 на участке «вверх»:

Таблица 3.5 - Исходные данные для расчета на участке «вверх» спутниковой линии связи Алматы-KazSat2-Туркестан

Рабочий диапазон, ГГц	14
Диаметр передающей антенны ЗС, м	7
Коэффициент усиления передающей антенны, дБ	60.2
Выходная мощность передатчика ЗС, Вт	45
Потери сигнала на передающей стороне, дБ	1
ЭИИМ ЗС, дБВт	53.5
Полоса частот, МГц	54
Потери наведения антенны, дБ	1.8
Потери сигнала в невозмущенной атмосфере, дБ	0.2
Полная шумовая температура приёмной системы ретранслятора, К	400
Потери сигнала в приёмном тракте ретранслятора, дБ	1

Продолжение таблицы 3.5

Пороговое отношение сигнал-шум $h$ , дБ	20
Шумовая температура бортовой и наземной антенны $K_u$	0.7

1. Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу:

$$G_3 = 109.67 \cdot K_u \cdot D^2 \cdot f^2 \quad (3.43)$$

$$G_3 = 109.67 \cdot 0.7 \cdot 7^2 \cdot 14^2 = 105330 \text{ (60.2 дБ)}$$

2. Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

$$\theta = \frac{18}{D \cdot f} \quad (3.44)$$

$$\theta = \frac{18}{7 \cdot 14} = 0.18 \text{ (10.3°)}$$

3. Коэффициент усиления приёмной антенны бортового ретранслятора:

$$G_6 = \frac{35530 \cdot K_u}{\theta^2} \quad (3.45)$$

$$G_6 = \frac{35530 \cdot 0.7}{10.3^2} = 234.43 \text{ (23,7 дБ)}$$

4. Потери в свободном пространстве:

$$L_0 = 1.75 \cdot 10^{15} \cdot d^2 \cdot f^2 \quad (3.46)$$

где  $d$  – наклонная дальность между ЗС и КС тыс. км,  $f$  – частота на передачу, ГГц.

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos \phi} \quad (3.47)$$

где  $\cos \phi = \cos \xi \cdot \cos \beta$ ,

$\xi$  – широта наземной станции,

$\beta$  – разность долгот спутника и земной станции.

Тогда рассчитаем наклонную дальность между ЗС и КС:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos 43.29^\circ \cdot \cos(68.25^\circ - 86.5^\circ)} = 38042 \text{ км}$$

Далее рассчитаем потери в свободном пространстве:



$$L_0 = 1.75 \cdot 10^{15} \cdot 38.042^2 \cdot 14^2 = 4.96 \cdot 10^{20} \text{ (207 дБ)}$$

5. Дополнительные потери:

Суммарные потери наведения  $L_n = 1,8$  дБ

Потери сигнала в невозмущенной атмосфере  $L_a = 0,2$  дБ

Потери в приёмном тракте приёмника  $L_{пр} = 1$  дБ

$$L_{доп} = L_n + L_a + L_{пр} \quad (3.48)$$

$$L_{доп} = 1.8 + 0.2 + 1 = 3 \text{ (2 раз)}$$

6. Мощность полезного сигнала на входе приёмника:

$$P_c = P_{перЗС} + G_3 + G_6 - L_0 - L_{доп} \quad (3.49)$$

$$P_c = 7 + 60,2 + 23,7 - 207 - 3 = -119,1 \text{ дБ}$$

7. Мощность шума в полосе частот ствола ретранслятора:

$$P_{ш} = kT \Delta f \quad (3.50)$$

$$P_{ш} = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 400 \cdot 54 \cdot 10^6 = 3.35 \cdot 10^{-13} \text{ (-124.75 дБВт)}$$

8. Отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора:

$$\frac{P_c}{P_{ш}} = P_c - P_{ш} \quad (3.51)$$

$$\frac{P_c}{P_{ш}} = -119,1 - (-124,75) = 5,65$$

9. Определяем потери в дожде:

$$L_d = a \cdot I^b \cdot l \quad (3.52)$$

где  $I=22$  мм/час — интенсивность выпадения осадков в зоне Е;

$l$  — длина пути сигнала в дождевом слое;

$a$  и  $b$  — вспомогательные коэффициенты.

$$a = 4.21 \cdot 10^{-5} \cdot f^{2.49} \text{ при } 2.9 \leq f \leq 54 \text{ ГГц} \quad (3.53)$$

$$a = 4.21 \cdot 10^{-5} \cdot 14^{2.49} = 0.03$$

$$b = \begin{cases} 1.41 \cdot f^{-0.0779} & \text{при } 2.54 \leq f \leq 25 \text{ ГГц} \\ 1.41 \cdot f^{-0.272} & \text{при } 25 \leq f \leq 164 \text{ ГГц} \end{cases} \quad (3.54)$$

$$b = 1.41 \cdot f^{-0.0779} \quad (3.55)$$

$$b = 1.41 \cdot 14^{-0.0779} = 1.1$$

Длина пути сигнала в дождевом слое с учетом  $h_{3C} = 0^\circ$

$$l = \frac{h_d}{\sin \gamma} \quad (3.56)$$

$$l = \frac{6.9}{\sin 38.4} = 11.1$$

где  $h_d$  – эффективная высота дождевого слоя,  $\gamma = 40.15$  – угол места ЗС  
Угол возвышения равен углу места ЗС:

$$\gamma = \arcsin \frac{H \cos \phi \cos(\lambda_c - \lambda_H)}{\sqrt{H^2 + R^2 + 2HR \cos \phi \cos(\lambda_c - \lambda_H)}} \quad (3.57)$$

$$\gamma = \arcsin \frac{42170 \cdot \cos 43.29^\circ \cdot \cos(86.5^\circ - 68.25^\circ)}{\sqrt{42170^2 + 6371^2 + 2 \cdot 42170 \cdot 6371 \cdot \cos 43.29^\circ \cdot \cos(86.5^\circ - 68.25^\circ)}} = 0.67 (38.4^\circ)$$

где  $H = 42170$  км – высота орбиты геостационарного спутника над Землёй,  
 $R = 6371$  км – радиус Земли

Высота нулевой изотермы:

$$h_{и} = \begin{cases} 4.8 & \text{при } \psi_c < 10^\circ \text{ где } \psi_c - \text{широта ЗС} \\ 7.8 - 0.1(\psi_c) & \text{при } \psi_c > 10^\circ \end{cases} \quad (3.58)$$

$$h_{и} = 7.8 - 0.1 \cdot 43.29 = 3.47$$

Эффективная высота дождевого слоя

$$h_d = \begin{cases} h_{и} & \text{при } I < 10 \text{ мм / ч} \\ h_{и} + 10 \lg \left( \frac{I}{10} \right) & \text{при } I > 10 \text{ мм / ч} \end{cases} \quad (3.59)$$

$$h_d = 3.48 + 10 \lg \left( \frac{22}{10} \right) = 6.9$$

$$L_d = 0.03 \cdot 3^{1.1} \cdot 11.1 = 1.1 \text{ дБ}$$

10. Отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора при работе

$$\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_д = \frac{P_c}{P_{ш}} - L_д \quad (3.60)$$

$$\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_д = 5.65 - 1.1 = 4.5 \text{ дБ}$$

11. Добротность приёмной системы ретранслятора

$$Д = \frac{G_б}{T} \quad (3.61)$$

$$Д = \frac{234.43}{400} = 0.52 \text{ (-2.83 дБ)}$$

Эквивалентная спектральная плотность мощности шума, приведенная по входу приёмника

$$N_0 = kT \quad (3.62)$$

$$N_0 = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 400 = 6.21 \cdot 10^{-21} \text{ (-202 дБ)}$$

12. Энергетический потенциал:

$$\text{ЭП} = \frac{P_c}{N_0} \quad (3.63)$$

$$\text{ЭП} = -119.1 - (-202) = 82.9 \text{ дБ}$$

Расчёт спутниковой линии связи KazSat-2 - Алматы на участке «вниз»:

Таблица 3.6 - Исходные данные для расчета на участке «вниз» спутниковой линии связи Алматы - KazSat2 - Туркестан

Рабочий диапазон, ГГц	11
Диаметр передающей антенны ЗС, м	5
Коэффициент усиления передающей антенны, дБ	53.7
Выходная мощность передатчика ЗС, Вт	45
Потери сигнала на передающей стороне, дБ	1
ЭИИМ ЗС, дБВт	49
Полоса частот, МГц	54
Потери наведения антенны, дБ	3.3

Продолжение таблицы 3.6

Потери сигнала в невозмущенной атмосфере, дБ	0.2
Полная шумовая температура приёмной системы ретранслятора, К	500
Потери сигнала в приёмном тракте ретранслятора, дБ	1
Пороговое отношение сигнал-шум h, дБ	19
Шумовая температура бортовой и наземной антенны $K_u$	0.7

1. Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу:

$$G_3 = 109.67 \cdot K_u \cdot D^2 \cdot f^2 \quad (3.64)$$

$$G_3 = 109.67 \cdot 0.7 \cdot 5^2 \cdot 11^2 = 232230 \text{ (53.7 дБ)}$$

2. Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

$$\theta = \frac{18}{D \cdot f} \quad (3.65)$$

$$\theta = \frac{18}{5 \cdot 11} = 0.33 \text{ (18.75°)}$$

3. Коэффициент усиления приёмной антенны бортового ретранслятора:

$$G_6 = \frac{35530 \cdot K_u}{\theta^2} \quad (3.66)$$

$$G_6 = \frac{35530 \cdot 0.7}{18.75^2} = 70.74 \text{ (18,5 дБ)}$$

4. Потери в свободном пространстве:

$$L_0 = 1.75 \cdot 10^{15} \cdot d^2 \cdot f^2 \quad (3.67)$$

где  $d$  – наклонная дальность между ЗС и КС тыс. км,  $f$  – частота на передачу, ГГц.

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos\phi} \quad (3.68)$$

где  $\cos\phi = \cos\xi \cdot \cos\beta$ ,

$\xi$  – широта наземной станции,

$\beta$  – разность долгот спутника и земной станции.

Тогда рассчитаем наклонную дальность между ЗС и КС:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos 43.2^\circ \cdot \cos(76.5^\circ - 86.5^\circ)} = 37853 \text{ км}$$

Далее рассчитаем потери в свободном пространстве:

$$L_0 = 1.75 \cdot 10^{15} \cdot 37.853^2 \cdot 11^2 = 3.03 \cdot 10^{20} \text{ (205 дБ)}$$

5. Дополнительные потери:

Суммарные потери наведения  $L_n = 3,3$  дБ

Потери сигнала в невозмущенной атмосфере  $L_a = 0,2$  дБ

Потери в приёмном тракте приёмника  $L_{пр} = 1$  дБ

$$L_{доп} = L_n + L_a + L_{пр} \quad (3.69)$$

$$L_{доп} = 3.3 + 0.2 + 1 = 4.5 \text{ (2.82 раз)}$$

6. Мощность полезного сигнала на входе приёмника:

$$P_c = P_{перЗС} + G_3 + G_6 - L_0 - L_{доп} \quad (3.70)$$

$$P_c = 16 + 53.7 + 18.5 - 205 - 4.5 = -121.3 \text{ дБ}$$

7. Мощность шума в полосе частот ствола ретранслятора:

$$P_{ш} = kT \Delta f \quad (3.71)$$

$$P_{ш} = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 500 \cdot 54 \cdot 10^6 = 3,72 \cdot 10^{-13} \text{ (-124.28 дБВт)}$$

8. Отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора:

$$\frac{P_c}{P_{ш}} = P_c - P_{ш} \quad (3.72)$$

$$\frac{P_c}{P_{ш}} = -121.3 - (-124.28) = 2.98$$

9. Определяем потери в дожде:

$$L_d = a \cdot I^b \cdot l \quad (3.73)$$

где  $I=22$  мм/час — интенсивность выпадения осадков в зоне E;  
 $l$  — длина пути сигнала в дождевом слое;

а и b — вспомогательные коэффициенты.

$$a = 4.21 \cdot 10^{-5} \cdot f^{2.49} \text{ при } 2.9 \leq f \leq 54 \text{ ГГц} \quad (3.74)$$

$$a = 4.21 \cdot 10^{-5} \cdot 11^{2.49} = 0.016$$

$$b = \begin{cases} 1.41 \cdot f^{-0.0779} & \text{при } 2.54 \leq f \leq 25 \text{ ГГц} \\ 1.41 \cdot f^{-0.272} & \text{при } 25 \leq f \leq 164 \text{ ГГц} \end{cases} \quad (3.75)$$

$$b = 1.41 \cdot f^{-0.0779} \quad (3.76)$$

$$b = 1.41 \cdot 11^{-0.0779} = 1.2$$

Длина пути сигнала в дождевом слое с учетом  $h_{3C} = 0^\circ$

$$l = \frac{h_d}{\sin \gamma} \quad (3.77)$$

$$l = \frac{6.9}{\sin 40.15} = 10.7$$

где  $h_d$  — эффективная высота дождевого слоя,  $\gamma=40.15$  — угол места ЗС  
Угол возвышения равен углу места ЗС:

$$\gamma = \arcsin \frac{H \cos \phi \cos(\lambda_c - \lambda_H)}{\sqrt{H^2 + R^2 + 2HR \cos \phi \cos(\lambda_c - \lambda_H)}} \quad (3.78)$$

$$\gamma = \arcsin \frac{42170 \cdot \cos 43.2^\circ \cdot \cos(86.5^\circ - 76.5^\circ)}{\sqrt{42170^2 + 6371^2 + 2 \cdot 42170 \cdot 6371 \cdot \cos 43.2^\circ \cdot \cos(86.5^\circ - 76.5^\circ)}} = 0.7 (40.15^\circ)$$

где  $H=42170$  км — высота орбиты геостационарного спутника над Землёй,  
 $R=6371$  км — радиус Земли

Высота нулевой изотермы:

$$h_H = \begin{cases} 4.8 & \text{при } \psi_c < 10^\circ \text{ где } \psi_c - \text{широта ЗС} \\ 7.8 - 0.1(\psi_c) & \text{при } \psi_c > 10^\circ \end{cases} \quad (3.79)$$

$$h_H = 7.8 - 0.1 \cdot 43.2 = 3.48$$

Эффективная высота дождевого слоя

$$h_d = \begin{cases} h_H & \text{при } I < 10 \text{ мм / ч} \\ h_H + 10 \lg \left( \frac{I}{10} \right) & \text{при } I > 10 \text{ мм / ч} \end{cases} \quad (3.80)$$

$$h_d = 3.48 + 10 \lg \left( \frac{22}{10} \right) = 6.9$$

$$L_d = 0.016 \cdot 3^{1.2} \cdot 10.7 = 0.64 \text{ дБ}$$

10. Отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора при работе в дожде:

$$\left( \frac{P_c}{P_{ш}} \right)_d = \frac{P_c}{P_{ш}} - L_d \quad (3.81)$$

$$\left( \frac{P_c}{P_{ш}} \right)_d = 2.98 - 0.64 = 2,32 \text{ дБ}$$

11. Добротность приёмной системы ретранслятора:

$$D = \frac{G_6}{T} \quad (3.82)$$

$$D = \frac{18.5}{500} = 0.14 \text{ (-8.49 дБ)}$$

Эквивалентная спектральная плотность мощности шума, приведенная по входу приёмника

$$N_0 = kT \quad (3.83)$$

$$N_0 = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 500 = 6.9 \cdot 10^{-21} \text{ (-202 дБ)}$$

12. Энергетический потенциал:

$$\text{ЭП} = \frac{P_c}{N_0} \quad (3.84)$$

$$\text{ЭП} = -121.3 - (-202) = 80.7 \text{ дБ}$$

Инженерные вычисления в программной среде MatLab приложены в Приложении А.

Было выполнено исследование зависимостей коэффициента усиления антенны ЗС и ширины диаграммы направленности антенны ЗС от диаметра антенны, которое подробнее описано и представлено в Приложении Б. В Приложении Б были рассчитаны коэффициенты усиления и ширины диаграмм направленности при определенных значениях диаметров антенн ЗС (2-12 м). Также для проведения исследовательских расчетов использовались определенные частоты для линий «вверх» (14 ГГц) и «вниз» (11 ГГц).



На рисунке 3.4 представлен значения коэффициентов усиления при 14 ГГц и 11 ГГц к графикам, изображенным на рисунке 13

$D$	$N$ $G$	$D$	$N$ $G$
2	47.8	2	45.7
3	51.3	3	49.2
4	53.8	4	51.7
5	55.8	5	53.7
6	57.3	6	55.2
7	58.7	7	56.6
8	59.8	8	57.7
9	60.9	9	58.8
10	61.8	10	59.7
11	62.6	11	60.5
12	63.4	12	61.3

Рисунок 3.4 – Полученные значения коэффициентов усиления при 14 ГГц (красный график) и 11 ГГц (зеленый график)

На рисунке 3.3 представлены графики зависимости коэффициента усиления антенны ЗС от диаметра антенны.

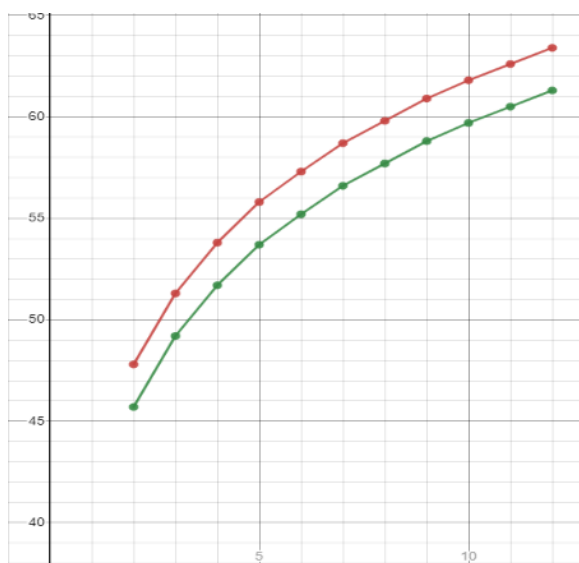


Рисунок 3.3 – Графики зависимости коэффициента усиления антенны ЗС от диаметра антенны: красный график – линия вверх (14 ГГц), зеленый график – линия вниз (11 ГГц)

На рисунке 3.5 представлены полученные значения ширины диаграмм направленности при 14 ГГц и 11 ГГц.

$D$	$\theta$	$D$	$\theta$
2	36.6	2	46.4
3	24.6	3	30.9
4	18.3	4	23.5
5	14.9	5	18.9
6	12	6	15.5
7	10.3	7	13.2
8	9.2	8	11.5
9	8	9	10.3
10	7.4	10	9.2
11	6.9	11	8.6
12	6.3	12	8

Рисунок 3.5 – Полученные значения ширины диаграмм направленности при 14 ГГц (синий график) и 11 ГГц (оранжевый график)

На рисунке 3.6 представлены графики зависимости ширины диаграммы направленности антенны ЗС от диаметра антенны

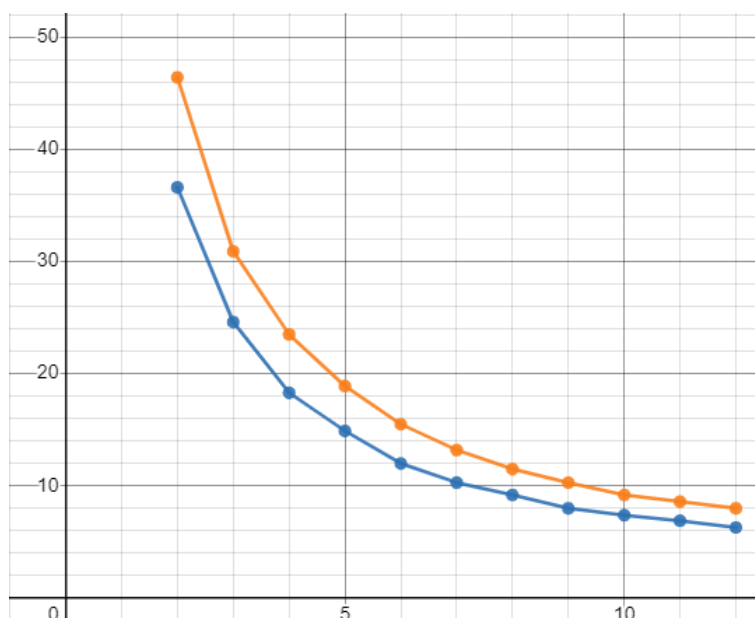


Рисунок 3.6 – Графики зависимости ширины диаграммы направленности антенны ЗС от диаметра антенны: синий график – линия вверх (14 ГГц), оранжевый график – линия вниз (11 ГГц)

Выводы: В ходе производимых расчетов энергетической линии «вверх-вниз» на участке Алматы – Туркестан проводился расчёт определенных параметров, которые могут повлиять на точность получаемой информации и передаваемого сигнала. К таким параметрам можно отнести: коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу, ширина диаграммы направленности антенны ЗС, коэффициент усиления приёмной антенны бортового ретранслятора, потери в свободном пространстве, мощность полезного сигнала на входе приёмника, мощность шума в полосе частот ствола ретранслятора, отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора, потери в дожде, отношение сигнал-шум на входе приёмника ретранслятора при работе в дожде, добротность приёмной системы ретранслятора, энергетический потенциал. На основе расчетов было произведено исследование зависимости коэффициента усиления антенны ЗС и ширины диаграммы направленности антенны ЗС от диаметра непосредственно самой антенны, которое проведено в Приложении Б.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе подготовки и написания дипломной работы были изучены основы спутниковой навигации, мониторинга транспорта и изучены различные используемые на данный момент средства для мониторинга транспорта.

В рамках дипломной работы был спроектирован макет GPRS трекера на модуле SIM808 и плате Arduino UNO. Были произведены тестовые запуски трекера, в результате которых получены координаты его местоположения, дата обращения, IP-адрес устройства и ссылка на карту, с отображением местоположения.

Анализ результатов показал, что трекер обладает высокой точностью и надежностью при определении местоположения объекта. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации работы и повышения точности определения местоположения объекта, за которым ведется мониторинг.

Таким образом, можно заключить, что работа по проектированию макета GPRS трекера произведена успешно и с реализацией всех необходимых вопросов, поставленных в начале работы.

Подводя окончательный итог, можно сделать вывод, что GPRS трекер прост в сборке, и при должной оптимизации его габаритов может занимать минимум места при достаточном уровне информативности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карлашук В.И. «Спутниковая навигация. Методы и средства. Изд. 2-е переработанное и дополненное» Москва СОЛОН-ПРЕСС 2008 г. стр 58-59, 71-92.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Wialon> Wialon Дата обращения: 26.01.2023г.
3. <https://teltonika-gps.com> Официальный сайт Teltonika. Дата обращения: 26.01.2023г.
4. <https://gurtam.com/hw/files/Руководство%20пользователя%20v5.0%20%281%29.pdf> Руководство пользователя Galileosky ГЛОНАСС/GPS v5.0 Дата обращения: 01.02.2023г.
5. <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannoe-upravlenie-transportom-na-osnove-sistemy-sputnikovoy-navigatsii-glonass/viewer>. Долганюк С.И «Автоматизированное управление транспортом на основе системы спутниковой навигации ГЛОНАСС». Дата обращения: 17.02.2023г.
6. Коллектив авторов «Сборник материалов международной заочной научной конференции. Актуальные вопросы технических наук.» Пермь: Меркурий, 2013г. стр 85-87
7. <https://gpstag.ru/gps-treker-transport/glonass-transportu> ГЛОНАСС — система спутникового мониторинга транспорта. Дата обращения: 17.02.2023г.
8. <https://baltgps.ru/transport/skhema-raboty-sistemy-monitoringa-transporta/> Схема работы системы мониторинга транспорта. Дата обращения: 17.02.2023г.
9. <https://voditeliauto.ru/poleznaya-informaciya/bezopasnost/chto-daet-monitoring-avtotransporta-s-pomoshhyu-glonass.html> Что делает мониторинг автотранспорта с помощью ГЛОНАСС. Дата обращения: 27.02.2023г.
10. <https://mcs.mail.ru/blog/monitoring-transporta> Мониторинг транспорта. Дата обращения: 27.02.2023г.
11. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=865251> Спутниковая навигация на железнодорожном транспорте. Дата обращения: 28.02.2023г.
12. <https://www.glonass-expert.ru/products/monitoring-transporta/solutions/avia> ГЛОНАСС/GPS мониторинг воздушных судов. Дата обращения: 28.02.2023г.
13. <https://www.sirius.su/catalog/glonass-gps-trackery/otraslevye-resheniya/shipenergy/> Мониторинг морского транспорта. Дата обращения: 28.02.2023г.
14. <https://monitorit.ru/klientam/gotovye-resheniya/morskoj-transport.html> Морской транспорт. Дата обращения: 28.02.2023г.
15. <https://rg.ru/2015/09/15/kontrol.html> Спутниковый контроль авиационных систем. Дата обращения: 28.02.2023г.
16. <https://radiomart.kz/modul-peredachi-dannykh/6419-gsmgprs-modul-na-sim808-s-gps-8517140000.html> GSM/GPRS модуль Sim808 Дата обращения: 08.03.2023г.
17. <https://zevs.by/maketki/gsm-gprs-gps-modul-sim808-ipx-sma-podderzhka-2g-3g-4g/> GSM/GPRS модуль Sim808 Дата обращения: 08.03.2023г.

18. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=656352> Проектирование GPS трекера. Дата обращения: 08.03.2023г.

19. [https://kodeksy-kz.com/ka/ekologicheskij\\_kodeks/346.htm](https://kodeksy-kz.com/ka/ekologicheskij_kodeks/346.htm) Экологический кодекс РК Дата обращения: 14.04.2023г.

## Приложение А

Расчёт спутниковой линии связи Алматы - KazSat-2 на участке “вверх”:

```
>> f=14          >> F=54          >> Lp=1
f =              F =              Lp =
    14            54              1
>> D=6          >> Ln=4.5        >> h=17
D =              Ln =              h =
    6            4.5000          17
>> P=45         >> la=0.5         >> Ku=0.7
P =              la =              Ku =
    45           0.5000          0.7000
>> Lpr=1        >> La=0.5         >> G=109.67*Ku*D^2*f^2
Lpr =            La =              G =
    1            0.5000          5.4168e+05
>> EIRP=53.5    >> T=700
EIRP =           T =
    53.5000      700
```

Пример А 1,2,3 – Задаём параметры для последующих расчетов



```

>> O=18/(D*f)
O =
    0.2143
>> Gb=(35530*Ku)/12^2
Gb =
    172.7153
>> d=42644*sqrt(1-0.2954*cosd(43.2)*cosd(76.5-86.5))
d =
    3.7853e+04
>> L0=1.75*10^15*37.853^2*f^2
L0 =
    4.9147e+20
>> Ldop=Ln+La+Lp
Ldop =
    6
>> Pc=15+57.3+22.4-207-6
Pc =
   -118.3000
>> Psh=1.38*10^-23*T*F*10^6
Psh =
    5.2164e-13
>> Potn=-118.3-(-122.8)
Potn =
    4.5000
>> a=4.21*10^-5*f^2.49
a =
    0.0301
>> b=1.41*f^-0.0779
b =
    1.1480

```

Пример А 4 – Расчёт коэффициента усиления ЗС при работе на передачу, ширины диаграммы направленности антенны ЗС, коэффициента усиления приёмной антенны бортового ретранслятора, потерь в свободном пространстве и дополнительных потерь

```

>> y=asin((42170*cosd(43.2)*cosd(86.5-76.5))/(sqrt(42170^2+6371^2+2*42170*6371*cosd(43.2)*cosd(86.5-76.5))))
y =
    0.7007
>> hi=7.8-0.1*43.2
hi =
    3.4800

```

Пример А 5 – Расчёт мощности полезного сигнала на входе приёмника, мощности шума в полосе частот ствола ретранслятора, отношения сигнал/шум на входе приёмника, вспомогательных коэффициентов, угла места ЗС, и высоты нулевой изотермы

```

>> Ld=0.03*3^1.1*10.7 >> B=2
Ld = 1.0748 B = 2
>> hd=hi+10*log10(22/10) >> Potnd=Potn-Ld >> h=17
hd = 6.9042 Potnd = 3.4252 h = 17
>> Dob=Gb/T >> C1=87-h
Dob = 0.2467 C1 = 70
>> l=hd/sind(40.15) >> N0=1.38*10^-23*T >> C2=(54*10^6)/2
l = 10.7077 N0 = 9.6600e-21 C2 = 27000000
>> EP=-118.3-(-200) >> Kisp=(B*10^6)/(54*10^6)
EP = 81.7000 Kisp = 0.0370

```

Пример А 6,7,8– Расчёт эффективной высоты дождевого слоя и длины пути сигнала в дождевом слое, расчёт потерь при дожде, отношение сигнал/шум на входе приёмника при работе в дожде, добротность приёмной системы, эквивалентной спектральной плотности мощности шума и энергетический потенциал, расчёт пропускной способности канала при линии «вверх»

Name	Value
a	0.0301
b	1.1480
d	3.7853e+04
D	6
Dob	0.2467
EIRP	53.5000
EP	81.7000
f	14
F	54
G	5.4168e+05
Gb	172.7153
h	17
hd	6.9042
hi	3.4800
Ku	0.7000
l	10.7077
L0	4.9147e+20
La	0.5000
Ld	1.0748
Ldop	6
Ln	4.5000
Lp	1
Lpr	1
N0	9.6600e-21
O	0.2143
P	45
Pc	-118.3000
Potn	4.5000
Potnd	3.4252
Psh	5.2164e-13
T	700
y	0.7007

Пример А 9 – Итоговые значения

Расчёт спутниковой линии связи KazSat-2 - Туркестан на участке “вниз”:

```

>> f=11
f =
    11
>> P=45
P =
    45
>> Lpr=1
Lpr =
    1
>> EIRP=49
EIRP =
    49
>> F=54
F =
    54

>> Lp=1.5
Lp =
    1.5000
>> Ln=2
Ln =
    2
>> La=0.5
La =
    0.5000
>> h=15
h =
    15
>> Ku=0.7
Ku =
    0.7000
>> G=109.67*Ku*D^2*f^2
G =
    8.3601e+04
>> D=3
D =
    3
>> O=18/(D*f)
O =
    0.5455

```

Пример А 10,11,12 – Задаём параметры для последующих расчетов

```

>> Gb=(35530*Ku)/30.9^2
Gb =
    26.0481

>> d=42644*sqrt(1-0.2954*cosd(43.29)*cosd(68.25-86.5))
d =
    3.8042e+04

>> L0=1.75*10^15*38.042^2*f^2
L0 =
    3.0644e+20

>> Ldop=La+Ln+Lp
Ldop =
     4

>> Pc=16+49.2+14.2-205-4
Pc =
   -129.6000

>> T=130
T =
    130

>> Psh=1.38*10^-23*T*F*10^6
Psh =
    9.6876e-14

>> Potn=-129.6-(-130.13)
Potn =
    0.5300

>> a=4.21*f^2.49
a =
    1.6495e+03

>> a=4.21*10^-5*f^2.49
a =
    0.0165

```

Пример А 13, 14 – Расчёт коэффициента усиления ЗС при работе на передачу, ширины диаграммы направленности антенны ЗС, коэффициента усиления приёмной антенны бортового ретранслятора, потерь в свободном пространстве и дополнительных потерь, расчёт мощности полезного сигнала на входе приёмника, мощности шума в полосе частот ствола ретранслятора, отношения сигнал/шум на входе приёмника, вспомогательных коэффициентов, угла места ЗС, и высоты нулевой изотермы

```

>> b=1.41*f^-0.0779
b =
    1.1698

>> y=asin((42170*cosd(43.29)*cosd(86.5-68.25))/(sqrt(42170^2+6371^2+2*42170*6371*cosd(43.29)*cosd(86.5-68.25)))
y =
    0.6724

>> hi=7.8-0.1*43.29
hi =
    3.4710

```

Пример А 15 – Расчёт эффективной высоты дождевого слоя и длины пути сигнала в дождевом слое

```

>> Ld=0.016*1^1.2*11.1

Ld =                >> h=15
|
| 0.1776            h =
|
>> Potnd=Potn-Ld          15

Potnd =                >> C1=87-h
|
| 0.3524            C1 =
|
>> Dob=Gb/T              72

Dob =                >> C2=(54*10^6)/2
|
| 0.2004            >> hd=hi+10*log10(22/10)
|
>> N0=1.38*10^-23*T      C2 =                id =
|
| NO =                27000000                6.8952
|
| 1.7940e-21
|
>> EP=-129.6-(-207)     >> Kisp=(B*10^6)/(54*10^6)>> l=6.9/sind(38.4)

EP =                Kisp =                l =
|
| 77.4000            0.0370                11.1085

```

Пример А 16 – Расчёт потерь при дожде, отношение сигнал/шум на входе приёмника при работе в дожде, добротность приёмной системы, эквивалентной спектральной плотности мощности шума и энергетический потенциал, пропускной способности канала при линии «вниз»

Name	Value
a	0.0165
b	1.1698
d	3.8042e+04
D	3
Dob	0.2004
EIRP	49
EP	77.4000
f	11
F	54
G	8.3601e+04
Gb	26.0481
h	15
hd	6.8952
hi	3.4710
Ku	0.7000
l	11.1085
L0	3.0644e+20
La	0.5000
Ld	0.1776
Ldop	4
Ln	2
Lp	1.5000
Lpr	1
N0	1.7940e-21
O	0.5455
P	45
Pc	-129.6000
Potn	0.5300
Potnd	0.3524
Psh	9.6876e-14
T	130
y	0.6724

Пример А 17 – Итоговые значения

Расчёт спутниковой линии связи Туркестан - KazSat-2 на участке “вверх”:

>> f=14	>> F=54	>> h=20
f =	F =	h =
14	54	20
>> D=7	>> Ln=1.8	>> Ku=0.7
D =	Ln =	Ku =
7	1.8000	0.7000
>> P=45	>> La=0.2	>> G=109.67*D^2*f^2
P =	La =	G =
45	0.2000	1.0533e+06
>> Lpr=1	>> T=450	>> O=18/(D*f)
Lpr =	T =	O =
1	450	0.1837
>> EIRP=53.5	>> Lp=1	>> Gb=(35530*Ku)/10.3^2
EIRP =	Lp =	Gb =
53.5000	1	234.4330

Пример А 18,19,20 – Задаём параметры для последующих расчетов

```

>> d=42644*sqrt(1-0.2954*cosd(43.29)*cosd(68.25-86.5))
d =
    3.8042e+04
>> L0=1.75*10^15*38.042^2*f^2
L0 =
    4.9639e+20
>> Ldop=La+Ln+Lp
Ldop =
    3
>> Pc=7+60.2+23.7-207-3
Pc =
   -119.1000
>> Psh=1.38*10^-23*T*F*10^6
Psh =
    3.3534e-13

```

Пример А 21 – Расчёт коэффициента усиления ЗС при работе на передачу, ширины диаграммы направленности антенны ЗС, коэффициента усиления приёмной антенны бортового ретранслятора, потерь в свободном пространстве и дополнительных потерь

```

>> Potn=-119.1-(-124.75)
Potn =
    5.6500
>> a=4.21*10^-5*f^2.49
a =
    0.0301
>> b=1.41*f^-0.0779
b =
    1.1480
>> hi=7.8-0.1*43.29
hi =
    3.4710
>> hd=hi+10*log10(22/10)
hd =
    6.8952
>> y=asin(42170*cosd(43.29)*cosd(86.5-68.25)/(sqrt(42170^2+6371^2+2*42170*6371*cosd(43.29)*cosd(86.5-68.25)))
y =
    0.6724

```

Пример А 22 – Расчёт мощности полезного сигнала на входе приёмника, мощности шума в полосе частот ствола ретранслятора, отношения сигнал/шум на входе приёмника, вспомогательных коэффициентов, угла места ЗС, и высоты нулевой изотермы



```

>> Ld=0.03*3^1.1*11.1
Ld =
    1.1150
>> Potnd=Potn-Ld
Potnd =
    4.5350
>> l=6.9/sind(38.4)
l =
    11.1085

```

Пример А 23 – Расчёт эффективной высоты дождевого слоя и длины пути сигнала в дождевом слое

```

>> h=20
h =
    20
>> C1=87-h
C1 =
    67
>> C2=(54*10^6)/2
C2 =
    27000000
>> Kisp=(B*10^6)/(54*10^6)
Kisp =
    0.0370
>> Dob=Gb/T
Dob =
    0.5210
>> N0=1.38*10^-23*T
N0 =
    6.2100e-21
>> EP=-119.1-(-202)
EP =
    82.9000

```

Пример А 24 – Расчёт потерь при дожде, отношение сигнал/шум на входе приёмника при работе в дожде, добротность приёмной системы, эквивалентной спектральной плотности мощности шума и энергетический потенциал, пропускной способности канала при линии «вверх»

Workspace	
Name ▲	Value
a	0.0301
b	1.1480
d	3.8042e+04
D	7
Dob	0.5210
EIRP	53.5000
EP	82.9000
f	14
F	54
G	1.0533e+06
Gb	234.4330
h	20
hd	6.8952
hi	3.4710
Ku	0.7000
I	11.1085
L0	4.9639e+20
La	0.2000
Ld	1.1150
Ldop	3
Ln	1.8000
Lp	1
Lpr	1
N0	6.2100e-21
O	0.1837
P	45
Pc	-119.1000
Potn	5.6500
Potnd	4.5350
Psh	3.3534e-13
T	450
y	0.6724

Пример А 25 – Итоговые значения

Расчёт спутниковой линии связи KazSat-2 - Алматы на участке “вниз”:

```

>> F=54      >> f=11
F =          f =
    54        11
>> Ln=3.3    >> D=5
Ln =         D =
    3.3000   5
>> La=0.2    >> P=45
La =         P =
    0.2000   45
>> T=500     >> Lpr=1
T =          Lpr =
    500      1
>> Lp=1      >> EIRP=49
Lp =         EIRP =
    1        49
>> h=19     >> Ku=0.7
h =          Ku =
    19       0.7000
>> G=109.67*Ku*D^2*f^2
G =
    2.3223e+05
>> O=18/(D*f)      >> Gb=(35530*Ku)/18.75^2
O =                Gb =
    0.3273         70.7442

```

Пример А 26,27,28 – Задаём параметры для последующих расчетов

```

>> d=42644*sqrt(1-0.2954*cosd(43.2)*cosd(76.5-86.5))
d =
    3.7853e+04
>> L0=1.75*10^15*37.853^2*f^2
L0 =
    3.0341e+20
>> Ldop=La+Ln+Lp
Ldop =
    4.5000
>> Pc=15+54.7+18.5-205-4.5
Pc =
   -121.3000
>> Psh=1.38*10^-23*T*F*10^6
Psh =
    3.7260e-13
>> Potn=-121.3-(-124.28)
Potn =
    2.9800

```

Пример А 29 – Расчёт коэффициента усиления ЗС при работе на передачу, ширины диаграммы направленности антенны ЗС, коэффициента усиления приёмной антенны бортового ретранслятора, потерь в свободном пространстве и дополнительных потерь

```

>> a=4.21*f^2.49
a =
    1.6495e+03
>> a=4.21*10^-5*f^2.49
a =
    0.0165
>> b=1.41*f^-0.0779
b =
    1.1698

```

Пример А 30 – Расчёт мощности полезного сигнала на входе приёмника, мощности шума в полосе частот ствола ретранслятора, отношения сигнал/шум на входе приёмника, вспомогательных коэффициентов, угла места ЗС, и высоты нулевой изотермы

```

>> y=asin((42170*cosd(43.2)*cosd(86.5-76.5))/(sqrt(42170^2+6371^2+2*42170*6371*cosd(43.2)*cosd(86.5-76.5))))
y =
    0.7007

```

Пример А 31 – Расчёт эффективной высоты дождевого слоя и длины пути сигнала в дождевом слое

```

>> hi=7.8-0.1*43.2
hi =
    3.4800
>> hd=hi+10*log(22/10)
hd =
    11.3646
>> hd=hi+10*log10(22/10)
hd =
    6.9042
>> l=6.9/sind(38.4)
l =
    11.1085

```

Пример А 32 – Расчёт потерь при дожде

```

>> Ld=0.016*3^1.2*11.1 h =
Ld = 19
0.6637 >> C1=87-h
>> Potnd=Potn-Ld C1 =
Potnd = 68
2.3163 >> C2=(54*10^6)/2
>> Dob=Gb/T C2 =
Dob = 27000000
0.1415 >> Kisp=(B*10^6)/(54*10^6) >> EP=-121.3-(-202)
>> N0=1.38*10^-23*T Kisp = EP =
N0 = 6.9000e-21 0.0370 80.7000

```

Пример А 33 – Отношение сигнал/шум на входе приёмника при работе в дожде, добротность приёмной системы, эквивалентной спектральной плотности мощности шума и энергетический потенциал, пропускной способности канала при линии «вниз»

Name	Value
a	0.0165
b	1.1698
d	3.7853e+04
D	5
Dob	0.1415
EIRP	49
EP	80.7000
f	11
F	54
G	2.3223e+05
Gb	70.7442
h	19
hd	6.9042
hi	3.4800
Ku	0.7000
l	11.1085
L0	3.0341e+20
La	0.2000
Ld	0.6637
Ldop	4.5000
Ln	3.3000
Lp	1
Lpr	1
N0	6.9000e-21
O	0.3273
P	45
Pc	-121.3000
Potn	2.9800
Potnd	2.3163
Psh	3.7260e-13
T	500
y	0.7007

Пример А 34 – Итоговые значения

## Приложение Б

Исследование зависимостей коэффициента усиления антенны ЗС и ширины диаграммы направленности антенны ЗС от диаметра антенны

Частота  $f=14$  ГГц

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 2$  При  $f=14$

$G = 60187$  ( 47.8 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 3$  При  $f=14$

$G = 135420$  ( 51.3 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 4$  При  $f=14$

$G = 240747$  ( 53.8 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 5$  При  $f=14$

$G = 376168$  ( 55.8 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 6$  При  $f=14$

$G = 541682$  ( 57.3 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 7$  При  $f=14$

$G = 737289$  ( 58.7 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 8$  При  $f=14$

$G = 962990$  ( 59.8 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 9$  При  $f=14$

$G = 1218784$  ( 60.9 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 10$  При  $f=14$

$G = 1504672$  ( 61.8 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 11$  При  $f=14$

$G = 1820653$  ( 62.6 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 12$  При  $f=14$

$G = 2166728$  ( 63.4 дБ )

Частота  $f = 11$  ГГц

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 2$  При  $f=11$

$G = 37156$  ( 45.7 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 3$  При  $f=11$

$G = 83601$  ( 49.2 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 4$  При  $f=11$

$G = 148624$  ( 51.7 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 5$  При  $f=11$

$G = 232226$  ( 53.7 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 6$  При  $f=11$

$G = 334405$  ( 55.2 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 7$  При  $f=11$

$G = 455163$  ( 56.6 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 8$  При  $f=11$

$G = 594499$  ( 57.8 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 9$  При  $f=11$

$G = 752412$  ( 58.8 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 10$  При  $f=11$

$G = 928904$  ( 59.7 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 11$  При  $f=11$

$G = 1123974$  ( 60.5 дБ )

Коэффициент усиления антенны ЗС при работе на передачу

При  $D = 12$  При  $f=11$

$G = 1337623$  ( 61.3 дБ )

Рисунок Б 2 – Графики зависимости коэффициента усиления антенны ЗС от диаметра антенны: красный график – линия вверх (14 ГГц), зеленый график – линия вниз (11 ГГц)

Частота  $f = 14$  ГГц

Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

При  $D = 2$  При  $f=14$

$\theta = 0.64$  ( 36.6 ° )

Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

При  $D = 3$  При  $f=14$

$\theta = 0.43$  ( 24.6 ° )

Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

При  $D = 4$  При  $f=14$

$\theta = 0.32$  ( 18.3 ° )

Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

При  $D = 5$  При  $f=14$   
 $\theta = 0.26$  (  $14.9^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 6$  При  $f=14$   
 $\theta = 0.21$  (  $12^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 7$  При  $f=14$   
 $\theta = 0.18$  (  $10.3^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 8$  При  $f=14$   
 $\theta = 0.16$  (  $9.2^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 9$  При  $f=14$   
 $\theta = 0.14$  (  $8^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 10$  При  $f=14$   
 $\theta = 0.13$  (  $7.4^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 11$  При  $f=14$   
 $\theta = 0.12$  (  $6.9^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 12$  При  $f=14$   
 $\theta = 0.11$  (  $6.3^\circ$  )

Частота  $f = 11$  ГГц  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 2$  При  $f=11$   
 $\theta = 0.81$  (  $46.4^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 3$  При  $f=11$   
 $\theta = 0.54$  (  $30.9^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 4$  При  $f=11$   
 $\theta = 0.41$  (  $23.5^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 5$  При  $f=11$   
 $\theta = 0.33$  (  $18.9^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 6$  При  $f=11$   
 $\theta = 0.27$  (  $15.5^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС  
При  $D = 7$  При  $f=11$   
 $\theta = 0.23$  (  $13.2^\circ$  )  
Ширина диаграммы направленности антенны ЗС



При  $D = 8$  При  $f=11$

$\theta = 0.2$  (  $11.5^\circ$  )

Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

При  $D = 9$  При  $f=11$

$\theta = 0.18$  (  $10.3^\circ$  )

Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

При  $D = 10$  При  $f=11$

$\theta = 0.16$  (  $9.2^\circ$  )

Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

При  $D = 11$  При  $f=11$

$\theta = 0.15$  (  $8.6^\circ$  )

Ширина диаграммы направленности антенны ЗС

При  $D = 12$  При  $f=11$

$\theta = 0.14$  (  $8^\circ$  )

**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу  
(наименование вида работы)

Третьяк Ярослав Александрович  
(Ф.И.О. обучающегося)

6В06201 – Телекоммуникация  
(шифр и наименование специальности)

Тема: «Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS»

В настоящей дипломной работе представлены 3 основных раздела, текст которой изложен на 45 страницах, на которых имеется 16 рисунков, 84 формулы. При написании работы использовалось 19 источников.

Актуальность изучения мониторинга с каждым годом повышается. Это связано с тем, что повышается степень важности мониторинга и отслеживания различных грузов.

В первой главе описывается обзор существующих спутниковых систем навигации и мониторинга. Во второй главе рассмотрены особенности построения трекеров и маршрутов для мониторинга различного транспорта. В третьей главе рассмотрено конструктивное и функциональное построение трекера, а также описание возможностей многофункционального модуля SIM808 с последующим описанием построения макета на данном модуле, структурной и визуальной составляющей веб-сервера.

Разработан работоспособный макет GPRS трекера на базе многофункционального модуля SIM 808 и Arduino UNO.

Работа написана логически, последовательно, чётко и ясно. Выполненная работа в полной мере отвечает поставленной цели и является законченным исследованием. Обоснованность и убедительность фактов свидетельствуют о полноте исследований, представленных в научной работе. Оформление работы отвечает принятым стандартам.

Таким образом, дипломная работа *Третьяк Ярослава Александровича* актуальна, отличается значимой практической ценностью, выполнена по всем требованиям ГАК на должном научном уровне. Автор заслуживает оценки «отлично».

**Научный руководитель**  
К.т.н. ассоциированный проф.  
(должность, уч. степень, звание)

*Таштай Е.*

\* (подпись)  
«16» мая 2023г.



## РЕЦЕНЗИЯ

На дипломную работу

Третьяк Ярослав Александрович

специальность 6В06201 – Телекоммуникация

На тему: «Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS»

Выполнено:

- а) теоретическая часть на 21 листах
- б) практическая часть на 30 листах

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В работе студента Третьяк Ярослава Александровича даётся построение трекера для мониторинга транспортных средств, выделяются особенности их работы, а также проектируется собственный макет трекера на базе Arduino. Данный проект может применяться в спутниковой навигации и мониторинге в любой точке страны и вне её.

В первой главе описывается обзор существующих спутниковых систем навигации и мониторинга.

Во второй главе рассмотрены особенности построения трекеров и маршрутов для мониторинга различного транспорта.

В третьей главе рассмотрено конструктивное и функциональное построение трекера, а также описание возможностей многофункционального модуля SIM808 с последующим описанием построения макета на данном модуле, структурной и визуальной составляющей веб-сервера.

### Оценка работы

Студент показал хорошее знание теоретического материала, работа выполнена согласно заданию к ДР, соблюдены все стандарты университета по написанию дипломных работ.


Считаю, что дипломная работа выполнена на отлично (А,90%), а дипломант, Третьяк Ярослав, заслуживает присвоения академической степени бакалавра телекоммуникации 6В06201 – Телекоммуникация.

Рецензент

к.т.н., ассоц. проф.,  
зав. кафедрой «Радиотехника,  
электроника и телекоммуникации»  
АО «МУИТ»

«26» мая 2023 г.

Ф КазННТУ 706-17. Рецензия



Бахтиярова Е.А.

Подпись указанного лица удостоверяю

Менеджер по персоналу  
Мусалим Н.К.





## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Третьяк Ярослав Александрович

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS

**Научный руководитель:** Ерлан Таштай

**Коэффициент Подобия 1:** 7.7

**Коэффициент Подобия 2:** 1.6

**Микропробелы:** 0

**Знаки из здругих алфавитов:** 16

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2023-05-31

*Дата*



Сунфат Марксұлы

*проверяющий эксперт*

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Третьяк Ярослав Александрович

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS

**Научный руководитель:** Ерлан Таштай

**Коэффициент Подобия 1:** 7.7

**Коэффициент Подобия 2:** 1.6

**Микропробелы:** 0

**Знаки из здругих алфавитов:** 16

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

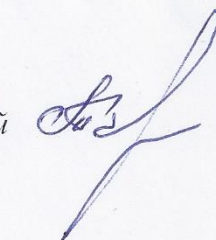
Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2023-05-31

Дата

Заведующий кафедрой





**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Третьяк Ярослав Александрович**

**Тақырыбы: Разработка бортового терминала системы мониторинга транспортных средств (ТС) с использованием технологий спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS**

**Жетекшісі: Ерлан Таштай**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.7**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.6**

**Дәйексөз (35): 10.9**

**Әріптерді ауыстыру: 16**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 0**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

**2023-05-31**

*Күні*

*Кафедра меңгерушісі*

