МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра СУАТ

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой СУАТ
к.т.н, профессор ВАК Шимырбаев М.К.
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ « 13 » 06 2016 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование земной станции для приемника данных со спутников дистанционного зондирования Земли

Специальность 5В074600 Космическая техника и технологии

Выполнил (а) Сембаев Бахытжан Мерембекулы КСС-Д-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Ползик Е.В. доцент каф. ТКС
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бекишева А.И., к.э.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 06 » 05 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Мазалов К.Р., к.н., проф.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 4 » 05 2016 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « _____ » _____ 20___ г.
(подпись)

_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « _____ » _____ 20___ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Шимырбаев М.К. к.т.н., профессор ВАК
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 03 » 06 2016 г.
(подпись)

Рецензент: Сухенко Анна Сергеевна, PhD
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 09 » 06 2016 г.
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Аэрокосмических и информационных технологий
Специальность 5В074600 Космическая техника и технологии
Кафедра Системы управления аэрокосмической техникой

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Сомбаев Бахытжан Шерембетулы
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проектирование земной станции для приема данных со спутников ДЗЗ

утверждена приказом ректора № ___ от «___» сентября 20___ г.
Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20___ г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта
Технические характеристики KazEOSat-1
Технические характеристики KazEOSat-2
Энергетический расчет КС-ЗС
Энергетический расчет ЗС-КС

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
1 Системы ДЗЗ
1.1 Физические основы ДЗЗ
1.2 Структура системы дистанционного зондирования
1.3 Способы передачи данных ДЗЗ
2. Прием данных дистанционного зондирования
2.1 Оценка мощности сигнала в месте приема
2.2. Оценка скорости передачи
2.3 приемная станция Алиса™
2.4 Приемная станция УмСкан™-36
3. Выбор наземной станции для передачи данных
3.1. Наземные станции в РК и их местоположение
3.2. Антенны для наземных станции
4. Космический сегмент ДЗЗ РК

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Структура системы ДЗЗ
2. Схема расположения спутника относительно приемной станции
3. Антенна станции Алиса™ с опорно-поворотным устройством
4. Антенна станции УмиСкан™-36 с опорно-поворотным устройством и место оператора станции УмиСкан™ 36
5. Наземные станции в РК
6. Состав наземного комплекса приема и обработка данных
7. Функциональная схема работы НКПОД
8. Сетчатая зеркальная антенна
9. Сплошная зеркальная антенна
10. Зеркальная антенна с гексаподным пьедесталом
11. Архитектура построения КС ДЗЗ РК
12. Решим площадной съемки КА ВР

Рекомендуемая основная литература

1. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / О. С. Токарева; Томск, 2010.
2. Дистанционно зондирование Земли из космоса / Комкин В.Б, Сухинин А.И.; Логос, 2001.
3. Цифровая обработка аэрокосмических изображений; Красноярск, 2008.
4. Engineering and design: Remote Sensing / October 2003
5. Thorysh_K2
6. Дистанционно зондирование Земли / Воробьева А.А., Санкт-Петербург, 2012.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
ОПКД	Мазалов К.Р.	4.03–4.05	
Эконом. часть	Бекенова А.Ч.	4.03 – 4.05	
Нормоконтроль	Шимшербаев К.К.	07.06.2016г.	
Рецензент	Сухино А.С.	09.06.2016г	
Спец. часть	Полулик Е.В	08.06.2016г	

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Системы ДЗЗ	3.03.16	
2.	Структура системы дистанционного зондирования	20.03.16 25.03.16	
3.	Прием данных дистанционного зондирования	25.03.16	
4.	Приемная станция Алиса™	1.04.16	
5.	Приемная станция ЧиСкон™36	10.04.16	
6.	Выбор наземной станции для передачи данных	13.04.16	
7.	Антенны для наземных станций	20.04.16	
8.	Космические системы ДЗЗ РК	21.04.16	
9.	Kaz EOSat-1	23.04.16	
10.	Kaz EOSat-2	23.04.16	
11.	БНД	4.05.16	
12.	Экономическая часть	4.05.16	

Дата выдачи задания «03» 11 2016 г.

Заведующий кафедрой СУАТ — Шимырбаев М.К.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель — Ползик Е.В.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент — Сомбаев Б.Ш.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада жер станцтясының құрамы сипатталады, негізгі керек құрал-жабдықтар және аппараттың техникалық параметрлері есептеледі.

Жоба құрылысы кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, қолданылған әдеьиеттер тізімінен және қосымшадан тұрады

Диплодық жобада 14 кесте, 25 сурет және 15 қолданылған әдебиеттер тізімі қолданылды. Дипломдық жобаның жалпы көлемі 73 бет.

Аннотация

В дипломном проекте проводится анализ состава приемной земной станции, расчет технических параметров аппаратуры, выбор необходимого оборудования.

Структура работы представлена введением, четырьмя разделами, заключением, списком литературы и приложениями.

В дипломном проекте использовано 14 таблиц. 25 рисунка и 15 источников литературы. Общий объем дипломной работы составляет 73 страниц.

Abstract

In the degree project the analysis of structure of reception terrestrial station, calculation of technical parameters of the equipment, the choice of the necessary equipment is carried out.

The structure of work is presented by introduction, four sections, the conclusion, the list of references and applications.

In the degree project are used 14 tables, 25 drawing and 15 sources of literature. The total amount of the thesis makes 73 pages.

Содержание

Введение 7
1 Системы дистанционного зондирования земли 8
1.1 Физические основы дистанционного зондирования Земли 8
1.2 Структура системы дистанционного зондирования 10
1.3 Способы передачи данных ДЗЗ 11
2 Прием данных дистанционного зондирования 13
2.1 Особенности распространения радиоволн на трассе спутник – Земля 13
2.2 Оценка мощности сигнала в месте приема 14
2.3 Оценка скорости передачи 16
2.4 Приемная станция Алиса™ 16
2.5 Приемная станция УниСкан™ – 36 17
3 Выбор наземной станции для передачи данных 20
3.1 Наземные станции в РК и их месторасположение 20
3.2 Антенны для наземных станции 22
3.3 Комплексы приема и обработки данных 24
3.4 Организация наземного комплекса приема и обработки данных ДЗЗ 26
4 Космический системы ДЗЗ РК 33
4.1 KazEOSat – 1 36
4.2 KazEOSat – 2 38
5 Расчетная часть 41
5.1 Ослабление радиосигналов в атмосфере 41
5.2 Расчет энергетических характеристик радиолинии 46
5.3 Расчет ослабления радиосигнала на участке КА-ЗС 49
5.4 Расчет скорости и период обращения спутников 52
5.5 Просмотр изображения космической фотосъемки 53
6 Безопасность жизнедеятельности 55
7 Технико - экономическое обоснование 65
Заключение 77
Список литературы 78
ПРИЛОЖЕНИЯ А 79

Введение

В 2014 году Республика Казахстан (РК) запустила в эксплуатацию свою первую космическую систему (КС) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в состав которой, входит два малых космических аппарата (КА) массой до 1000 кг с оптической полезной нагрузкой высокого разрешения (ВР) 1 м в панхроматическом канале (ПАН) и 4м в МСС (мультиспектральных) и другая оптическая система среднего разрешения (СР) (6.5 м в пяти мультиспектральных каналах). В систему также входит наземный сегмент, а именно комплекс управления космическими аппаратами и комплекс приема и обработки целевой информации. Введенная система это результат совместной работы компании Астриум и казахстанской компании АО «Национальная компания Қазақстан Ғарыш Сапары». Компания Астриум разработала и изготовила спутниковую систему высокого разрешения на предприятии в городе Тулуза (Франция), субподрядчиком выступила ее дочерняя компания SSTL из города Гилдфорд (Великобритания), создавшая систему среднего разрешения.

Созданные КА используются для получения снимков территории РК, а также других участков Земли в целях мониторинга сельхоз угодий, водных ресурсов, картографирования, предотвращение стихийных бедствий и других важных задач.

Появление класса малых КА ДЗЗ имеет политические последствия, поскольку позволяет сравнительно небольшим странам создавать собственные спутники ДЗЗ, которые могут быть использованы в различных целях.

Наземные сегменты содержат земные станции (антенные комплексы), наземные комплексы управления и наземные целевые комплексы. Также наземный сегмент КС ДЗЗ РК содержит комплекс управления земными станциями, офис пользователя и комплекс высокоуровневой (выше уровня 2А) обработки снимков «Pixel Factory Processing Facility», которые являются общими для наземных сегментов КС высокого и среднего разрешения.
Обеспечение повышенного уровня надежности наземного сегмента также реализуется посредством перекрестного резервирования земных станций КС ВР и СР — обе земные станции могут использоваться с обеими наземными сегментами.

Для повышения надежности получения и хранения информации с КС создается резервный наземный комплекс в городе Талгар Алматинской области.

В дипломном проекте рассматривается вопрос выбора оборудования, для станции приема информации со спутников ДЗЗ РК.

1 Системы дистанционного зондирования земли

Рассматривается физические основы ДЗЗ, структура системы ДЗЗ, основные характеристики съемочной аппаратуры и космических снимков, современные оптико – электронные и радиолокационные системы дистанционного зондирования.

1.1 Физические основы дистанционного зондирования Земли

Система сбора данных ДЗЗ состоит из четырех основных частей: источника ЭМ излучения, пути излучения в атмосфере, объекта и датчика. Под ЭМ энергией понимается энергия в диапазоне длин волн 10^{-10} мкм (космические лучи) до 10^{10} мкм (радиоволны).

Существует три основных источника ЭМ волн: собственное излучение Земли, излучение Солнца и искусственное излучение, отраженные от поверхности Земли. Собственное излучение Земли связано с внутриземным тепловым потоком, геохимическими и биохимическими процессами и состоит из гамма – лучей и теплового излучения.

Энергия первичного источника излучения Солнца распределена по всему ЭМ спектру. При распространении через атмосферу ее интенсивность и спектральное распределение изменяются атмосферой. Затем это излучение взаимодействует с объектом и отражается или поглощается им. Отраженная/излученная энергия проходит обратно через атмосферу и опять претерпевает изменения в спектральном распределении и интенсивности, после чего излучение достигает датчика, где оно измеряется и превращается в данные для последующей обработки. Способ отражения или поглощения и излучения объектом падающей энергии это сигнал, который необходимо зарегистрировать и преобразовать в количественную форму представления. Отраженное излучение характеризует отражательную способность объекта, представляемую значениями спектральной плотности энергетической яркости, которую измеряют посредством дистанционного датчика. Получаемые в результате величины переводятся в дискретные цифровые значения, соответствующие характеристикам отражательной способности. В отечественной литературе они называются коэффициентами спектральной яркости или спектральной яркостью (СЯ). Далее будем считать, что форма представления данных ДЗЗ – цифровые данные, пригодные для машинной обработки.

Отраженное от поверхности солнечное излучение регистрируется в ближнем ультрафиолетовом, видимом (0,38 – 0,72 мкм), ближнем (0,72 – 1,3 мкм), среднем (1,3 – 3 мкм) и дальнем (тепловом, 7,0 – 15,0 мкм) ИК диапазонах спектра с учетом прозрачности атмосферы. Атмосферные явления затрудняют интерпретацию данных излучения в ультрафиолетовой области ЭМ спектра и в диапазоне 3,0 – 7,0 мкм и фактически ограничивают использование указанных диапазонов для ДЗЗ.

Видимы и диапазон занимает небольшую часть ЭМ спектра, представляющего интерес при исследовании поверхности Земли. Обычно для

увеличения информативности видимый диапазон разбивается на три зоны:

1) синюю (0,4 – 0,5 мкм);
2) зеленую (0,5 – 0,6 мкм);
3) красную (0,6 – 0,7 мкм).

Это связано с тем, что различные типы подстилающей поверхности (снег, почва, растительность) по – разному "проявляются" в этих зонах. Данные видимого участка спектра полезны для количественной оценки цвета и текстуры изображений объектов. Эти параметры особенно эффективно используются при решении задач определения площадей погибших и поврежденных посевов, содержания хлорофилла в листьях, гумуса в почвах и т. д.

Изображение объектов в ближнем ИК диапазоне мало отличается от видимого. Более того, для многих задач характерно комбинированное использование этих диапазонов.

Средний ИК диапазон часто используют при распознавании и идентификации типов поверхности.

Тепловые съемки основаны на регистрации собственного излучения Земли (максимум сосредоточен в диапазоне 8 – 14 мкм), отраженного солнечного излучения или их суммарного эффекта к среднем и дальнем ИК или микроволновом диапазонах.

Для повышения информативности и достоверности съемок выбор спектральных диапазонов осуществляется с учетом минимизации рассеивающего и трансформирующего эффектов атмосферы. Атмосфера может влиять на данные двумя способами: путем рассеяния и поглощения энергии. Рассеяние имеет место, когда излучение в атмосфере отражается или преломляется молекулами газов, составляющих атмосферу, частицами пыли, водяными каплями. Поглощение включает преобразование энергии падающего излучения в энергию движения молекул атмосферы. Из – за наличия водяного пара в атмосфере имеются узкие полосы сильного поглощения на длине волны 1,4 и 1,9 мкм. Образующие атмосферу газы, водяной пар, озон и аэрозоли сильно искажают сигнал и являются источниками различных помех, поэтому системы ДЗЗ нацелены в так называемые окна прозрачности атмосферы спектральные области, где излучение проходит с относительно малым ослаблением и которые в основном расположены в видимом и ИК диапазонах:

1) 0,3 – 1,3 мкм;
2) 1,5 – 1,8 мкм;
3) 2,0 – 2,6 мкм;
4) 3,0 – 3,6 мкм;
5) 4,2 – 5,0 мкм;
6) 7,0 – 15,0 мкм.

В системах сбора данных ДЗЗ спектральные диапазоны обычно выбираются из атмосферных окон 1, 2, 3 и 6, так как в этих областях влияние отражения и излучения отчетливо различимы.

РЛС работают в микроволновом радиодиапазоне длин волн от 1 мм до 1 м, при этом наиболее употребительными являются Ка (0,8 – 1,1 см), X (2,4 – 3,8 см) и L (15 – 30 см) диапазоны.

Практически все методы ДЗЗ базируются на анализе специфических особенностей объектов отражать, поглощать и излучать ЭМ волны в различных спектральных диапазонах. Изучение характеристик отражательной способности дает теоретическую основу для интерпретации объектов по набору СЯ или их соотношениям.

1.2. Структура системы дистанционного зондирования

Любая современная система ДЗЗ предусматривает совместное функционирование двух сегментов: космического (орбитального) и наземного. Упрощенная схема системы ДЗЗ приведена на рисунке 1.3.

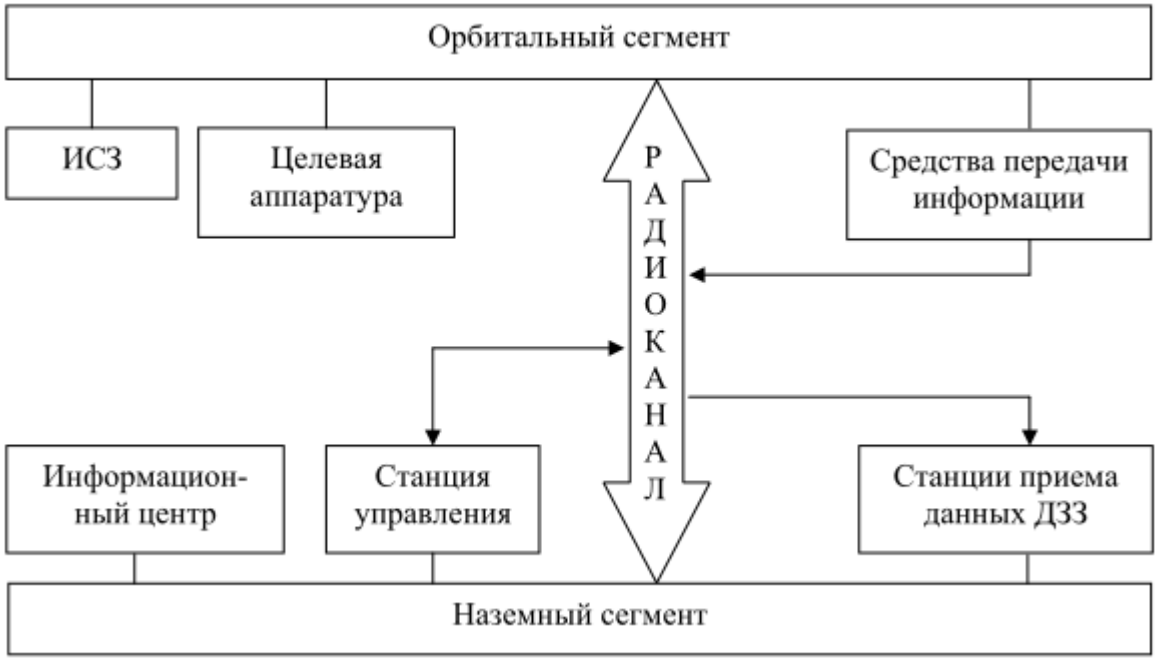

Рисунок 1.1 — Структура системы ДЗЗ

Орбитальный сегмент включает собственно базовую платформу с установленной на ней целевой аппаратурой ДЗЗ и бортовые средства передачи информации на Землю по радиоканалу.

Наземный сегмент обеспечивает управление полетом космических спутников, регулирование режимов (заботы целевой аппаратуры и аппаратуры передачи данных, прием результатов ДЗЗ, их хранение, первичную и тематическую обработку, распространение и продажу продуктов различных уровнен обработки, сбор заявок от потребителей.

Наземный сегмент включает следующие структурные элементы:

– центр управления работой орбитального сегмента, объединяющий ряд специальных станций;

– распределенную сеть региональных и локальных приемных станций для сбора данных ДЗЗ;

– информационный центр: центры обработки данных ДЗЗ, централизованные и локальные архивы для хранения и учета данных, службы, обеспечивающие распространение информационных продуктов и обслуживание потребителей.

Сеть приемных станций располагается таким образом, чтобы обеспечить оперативное получение результатов съемки для как можно большей территории. Это позволяет снизить нагрузку на бортовые запоминающие устройства. Региональные станции приема, как правило, находятся к ведении национальных или международных космических служб, а локальные могут принадлежать организациям или частным лицам. Оборудование региональных станций, кроме приема данных в режиме реального времени, обеспечивает полную разгрузку данных с бортовых запоминающих устройств, их предварительную обработку и архивацию.

В качестве примера современной наземной приемной станции рассмотрим станцию УниСкан™, созданную Инженерно-техническим центром «СканЭкс». Одна такая станция позволяет получать оптические данные с разрешением от I км до 0,7 м и радиолокационные изображения с разрешением от 100 м до 8 м о территории в радиусе около 2,5 тыс. км. Комплекс УниСкан™ предназначен для приема и обработки информации, передаваемой с низкоорбитальных ИСЗ по радиоканалам диапазона 8 ГГц с темпом до 170 Мбит/с в одном канале. В настоящее время комплекс УниСкан™ позволяет принимать и обрабатывать данные со спутников Terra, Aqua, SPOT 4, IRS – P5, IRS – P6, Radarsat – 1, Envisat – 1 и др.

Со станцией поставляется программное обеспечение для управления станцией и приемом данных, ведения электронного архива данных, генерации продуктов – изображений.

Качественно новые возможности удаленного доступа к спутниковым данным появились в связи с развитием сети Интернет. Сегодня практически во всех ведущих центрах функционируют средства оперативного удаленного доступа пользователей к данным ДЗЗ.

1.3 Способы передачи данных ДЗЗ

Данные, полученные датчиками, необходимо передать в то место, где они будут проанализированы. Когда системы получения данных работают на спутниках, находящихся на орбите несколько лет, возможны три способа передачи данных.

Самый простой и широко распространенный способ передачи данных ДЗЗ непрерывная радиосвязь с принимающими станциями, к которым предъявляются повышенные требования по надежности приема радиосигнала. Наиболее успешный прием данных возможен при расположении приемной станции на линии прямой видимости со спутником и эту линию ничто не должно затенять. Линия прямой видимости должна быть расположена высоко

над горизонтом, чтобы свести к минимуму влияние атмосферы. Вес эти требования объединяются понятием маски приемной станции области поверхности Земли, внутри которой осуществляется прием данных со спутника. Предположим, что поверхность Земли – это сфера с радиусом R, h – высота орбиты спутника и на линии прямой видимости нет препятствии (рисунок 1.4).

Рисунок 1.2 — Схема расположения спутника относительно приемной станции

Угловое расстояние φ между спутником и станцией определяется из уравнения:

$$\cos(\theta + \varphi) = R \cdot \cos(\theta) / (R + h),$$

где θ - угол подъема линии прямой видимости.

Если $\theta = 5°$, то для h = 700 км получаем $\varphi = 21°$. В этом случае маска представляет собой окружность с радиусом 2400 км и приемной станцией в центре этой окружности.

В настоящее время все станции приема расположены на суше и не могут обеспечить зону приема над океаном. Поэтому используется способ хранения данных на борту с последующей их передачей на Землю в зоне прямой видимости. Такой метод требует создания на борту устройств для хранения большого объема информации.

Третий способ предусматривает использование спутников – ретрансляторов, которые увеличивают область приема сети наземных станций, находящихся на суше. Эти спутники находятся на геостационарных орбитах и ретранслируют передаваемые на них данные на наземную приемную станцию.

2 Прием данных дистанционного зондирования

2.1 Особенности распространения радиоволн на трассе спутник – Земля

Станции для приема информации со спутников на Земле (их принято называть земными станциями) содержат антенну с опорно – поворотным устройством (ОПУ), радиоприемное устройство и средства обработки, хранения и отображения информации. Чаще всего используются зеркальные антенны с параболическим рефлектором. ОПУ служит для наведения антенны на спутник по командам компьютера, в который заложены орбитальные данные. В фокусе антенны установлен облучатель, сигнал с которого усиливается малошумящим усилителем (МШУ). Далее сигнал по кабелю поступает на приемник, цифровой сигнал с выхода приемника обрабатывается на компьютере.

В указанном обширном диапазоне частот отдельные полосы переуплотнены различными радиослужбами. Так, полоса частот 300 МГц – 10 ГГц интенсивно применяется наземными радиостанциями. Здесь существует повышенный уровень взаимных помех, уменьшается качество радиосвязи.

Радиоволны от спутника к земной станции проходят сквозь атмосферу Земли. Приходится учесть влияние тропосферы (0 − 11 км) и ионосферы (выше 80 км). Распространение радиоволн в указанном интервале частот сопровождается небольшим затуханием в атмосферных газах и в осадках, изменяется поляризация волны, возникают дисперсионные искажения.

При распространении линейно – поляризованных (горизонтально – поляризованных и вертикально – поляризованных) радиоволн в ионосфере происходит их расщепление на две эллиптически поляризованные компоненты (обыкновенная и необыкновенная), которые распространяются с разной скоростью из – за влияния магнитного поля Земли. В результате сложения этих компонент в точке приема плоскость поляризации результирующей волны будет повернута на некоторый угол (эффект Фарадея).[2]

Угол поворота плоскости поляризации зависит от электронной концентрации Ne в ионосфере и напряженности геомагнитного поля H вдоль пути радиоволн в ионосфере и будет иметь систематичную зависимость от времени суток, сезона и фазы цикла солнечной активности и случайные изменения, связанные с геомагнитными бурями и нерегулярными ионосферными неоднородностями. На частоте 1 ГГц угол поворота лежит в пределах 1 − 100 º и уменьшается с ростом частоты как $1/f^2$. Эффект поворота плоскости поляризации учтен в конструкции антенны: используются антенны и облучатели, способные принимать сигналы с круговой поляризации, например, спиральные антенны и спиральные облучатели.

Если через ионосферу распространяются широкополосные сигналы, то время распространения будет различным для различных составляющих спектра широкополосного сигнала, что вызывает его искажения. Это явление, известное

как относительная дисперсия, характеризуется разностью задержек между нижней и верхней частотами спектров сигналов, распространяющихся через ионосферу. Относительная дисперсия зависит от Ne и H и обратно пропорциональна f^{3}, на частоте 1 ГГц может иногда достигать 0,4 нс/МГц и приводить к искажению сигналов, при полосе частот 100 МГц − это 0,4 мкс.[2]

2.2 Оценка мощности сигнала в месте приема

Мощность сигнала в месте приема может быть оценена следующим образом. Если L − расстояние между передатчиком и приемником, $P_{пер}$ − мощность передатчика, то при условии, что излучение энергии происходит равномерно по всем направлениям, вся энергия распределяется по площади сферы радиуса L, равной $4\pi L^2$. Мощность, приходящаяся на 1 м^2, т. е. плотность потока мощности, равна[2]

$$П = P_{пер}/4\pi L^2.$$

Реальная передача информации со спутника происходит только в нижнюю полусферу, в сторону Земли. Поэтому приведенное выражение следует умножить на коэффициент $D \geq 1$, называемый коэффициентом направленного действия антенны (КНД). КНД − это отношение плотности потока мощности, излучаемой антенной в направлении максимума её диаграммы направленности к плотности потока мощности, которая излучалась бы изотропным излучателем. КНД связан с эффективной площадью апертуры S и длиной волны λ соотношением [2]

$$D = 4\pi S/\lambda^2.$$

Если излучение происходит равномерно по всем направлениям в нижнюю полусферу, то $D = 2$. На природоведческих спутниках обычно устанавливают передающие антенны с $D = 3 - 4$, это позволяет земным станциям принимать информацию практически с любых направлений — от горизонта до горизонта.[2] Таким образом,

$$П = P_{пер}D/4\pi L^2.$$

Приемная антенна — это барьер, поглощающий поток энергии, излучаемый передающей антенной. Пусть площадь апертуры приемной антенны равна $S_{пр}$. Если проигнорировать потерями в приемной антенне, то мощность сигнала на её выходе

$$P_{пр} = S \cdot П = S_{пр}\, P_{пер}\, D/4\pi L^2$$

В это выражение в явном виде не входит КНД приемной антенны, но с ростом $S_{пр}$ увеличивается отношение $S_{пр}/\lambda^2$, увеличивается КНД и сужается диаграмма направленности. Последнее свойство ценно тем, что снижается

уровень помех и шумов, которые могут поступать в антенну с боковых направлений, но слишком узкая диаграмма направленности требует большой точности наведения антенны.[2]

Пусть радиус апертуры приемной параболической антенны r = 60 см; $P_{пер}$ = 5,5 Вт; D = 3; 870 км < L < 3 000 км, $S_{пр}$ = 0,9 м^2, её КНД при λ = 17,6 см − около 260, ширина диаграммы направленности по первому минимуму – около 10º. Эти реальные числа, соответствующие мощности передатчика спутника NOAA, минимальному и максимальному расстоянию L от спутника до приемной станции, размеру антенны станции Алиса^{TM} для приема информации с этого спутника. Расчет дает максимальное значение $P_{пр}$ = 1,4·10^{-12} Вт, минимальное значение $P_{пр}$ = 1,1·10^{-13} Вт.

Для уверенного приема сигналов без применения сложных способов помехоустойчивого кодирования требуется, чтобы мощность сигнала по крайней мере на порядок превосходила мощность шума.

Источником внутренних шумов радиоустройств в конечном итоге является дискретная природа электричества, так как электрический ток − это поток дискретных частиц − электронов.

Интенсивность шума принято описывать следующим образом. Все источники внешних и внутренних шумов заменяются эквивалентным источником шума в виде некоторого активного сопротивления (резистора). Известно, что на зажимах резисторов из − за хаотического теплового движения электронов возникает разность потенциалов, изменяющаяся случайным образом. Средняя мощность подобного шума (его называют тепловым) описывается формулой Найквиста: $P = 4 \cdot k \cdot T \cdot f$, где k = 1,38 · 10^{-23} Дж/град, T — температура резистора, f — полоса частот, в пределах которой производится измерение средней мощности шума. Если входное сопротивление приемника равно входному сопротивлению антенны, то есть эквивалентная мощность шума

$$P_ш = k \cdot T_ш \cdot f$$

В нашем случае f равно ширине полосы пропускания приемника, равной, ширине полосы частот, необходимой для передачи информации со спутника. $T_ш$ — это эквивалентная шумовая температура антенны и приемника. Земные станции для приема сигналов с природоведческих спутников устанавливают в таких местах, где мал уровень помех, в этом случае наибольшее влияние оказывают внутренние шумы и шумы первых каскадов усилителя радиосигналов. Поэтому во входных каскадах применяют малошумящие усилители (МШУ), которые конструктивно обычно помещают непосредственно в облучателе антенны и совмещают с преобразователем частоты, который преобразует несущую частоту сигнала в более низкую. Современные МШУ имеют в микроволновом диапазоне $T_ш$ порядка 15 − 70 К.[2]

Пусть $T_ш$ = 70 К, f = 1,5 МГц, что соответствует условиям приема сигналов со спутника NOAA. В этом случае $P_ш$ = 1,4·10^{-15} Вт, что на 2 − 3 порядка

меньше, чем мощность сигнала.

Мощность сигнала при прочих равных условиях определяется размерами антенны и её КНД, средняя мощность шума — шумовой температурой. Отношение мощности сигнала к средней мощности шума (отношение сигнал/шум) — важнейшая характеристика качества приема.[2]

2.3 Оценка скорости передачи

Выбор размеров приемной антенны определяется требованиями к коэффициенту качества и в конечном итоге шириной полосы частот, необходимой для передачи информации со спутника. Последняя зависит от скорости передачи информации *C*. Для вычисления *C* необходимо знать параметры сканирующего устройства и скорость перемещения подспутниковой точки $V_З$ по Земле. Если разрешение сканера вдоль направления движения спутника равно *L*, то в секунду считывается информация с $V_З / L$ строк. Пусть *I* — число бит, которое используется для записи яркости каждого пиксела, *n* — число спектральных каналов, *K* — коэффициент, зависящий от типа применяемого при передаче информации помехоустойчивого кодирования, $K > 1$; *N* — число пикселов в строке, связанное с шириной полосы обзора *G* соотношением $N = G/ L$. Тогда

$$C = V_З \cdot N \cdot I \cdot K \cdot n/ L = V_З \cdot G \cdot I \cdot K \cdot n/ L^2$$

Например, для $L = 1{,}1$ км, $V_З = 6{,}56$ км/с, $G = 1670$ км, $I = 10$ бит, $n = 5$, $K = 1$ скорость передачи информации *C* составит 500 Кбит/с. Улучшение разрешения приводит к увеличению информационного потока, который оно пропорционален квадрату разрешения.

Полоса частот *f*, необходимая для передачи информации со спутника, зависит от вида модуляции высокочастотного колебания, ориентировочно $f = (3 - 3{,}5)C$. Для первого примера $f = 1{,}5$ МГц, для второго *f* не менее 150 МГц. Очевидно, что при прочих равных условиях средняя мощность шума для второго примера на два порядка выше и равна $1{,}4 \cdot 10^{-13}$ Вт. Чтобы сохранить необходимое отношение сигнал/шум, требуется в 100 раз увеличить площадь антенны и её КНД, а диаметр антенны − в 10 раз. Таким образом, если при скорости передачи в 500 Кбит/с, пространственном разрешении 1,1 км и полосе обзора 1 670 км можно применять антенну диаметром 1 м, то при скорости передачи 55 Мбит/с, пространственном разрешении 100 м с сохранением той же полосы обзора − антенну диаметром не менее 3 − 4 м. Такие антенны с ОПУ являются достаточно дорогими сооружениями. Если использовать антенну диаметром 3 м, то при $P_{пер} = 10$ Вт максимальное значение мощности принимаемого сигнала $P_{пр} = 1{,}6 \cdot 10^{-11}$ Вт, минимальное значение $P_{пр} = 1{,}4 \cdot 10 - 13$ Вт, что приемлемо.[2]

2.4 Приемная станция Алиса™

Параболическая антенна диаметром 1,2 м с правой круговой поляризацией

установлена на опорно-поворотном устройстве, обеспечивающем возможность вращения по азимуту на 170 °, по зенитному углу на (– 80 °) − (+ 90 °).

Рисунок 2.1 — Антенна станции Алиса ТМ с опорно – поворотным устройством

Кроме антенной системы, в состав станции входит приемный блок, универсальный демодулятор, интерфейс связи с компьютером, программное обеспечение для управления приемом и записи данных на жесткий диск компьютера (Alisa), для предварительной обработки данных со спутника MetOp (METOP), для визуализации и анализа изображений (ScanMagic® LL), для ведения электронного каталога космических изображений (ScanEx Catalogue Manager®).

Комплекс «Алиса – СК» круглосуточно принимает 5 – канальные снимки с метеоспутников NOAA разрешением 1100 метров на пиксель с частотой приема до 25 раз в сутки, что позволяет вести полноценный мониторинг территории в радиусе около 2,5 тыс. км.

Получаемые данные позволяют выполнять такие работы, как:

– восстановление вертикального профиля температуры и влажности атмосферного воздуха;

– составление синоптических карт;

– оценка состояния и контроль динамики снежного покрова;

– контроль за возникновением и распространением лесных и степных пожаров;

– оценка ледовой обстановки;

– оперативное отслеживание зон затоплений половодья и паводка.

2.5 Приемная станция УниСкан™ – 36

Для обеспечения максимального радиуса обзора место установки антенны

должно соответствовать условию: углы закрытия от любых препятствий не более 5° от горизонта в любом направлении. Качественный прием возможен при отсутствии радиопомех в диапазоне 1 670 − 1 710 МГц, которые создают передающие устройства радиорелейных линий связи, базовые станции сотовой связи. Станция УниСкан™ – 36 (рисунке 6.2) работает на частотах от 7 750 до 7 850 МГц и от 8 025 до 8 400 МГц при скорости передачи информации до 80 Мбит/с. Станция предназначена для приема данных дистанционного зондирования с космических аппаратов TERRA/MODIS, AQUA/MODIS, SPOT-4, IRS-P6, EROS A и EROS B.

Рисунок 2.2 — Антенна станции УниСкан™ – 36 с опорно – поворотным устройством и место оператора станции УниСкан™ – 36

Станция имеет параболическую антенну диаметром 3,1 м с правой круговой поляризацией имеет трехосное опорно – поворотное устройство, обеспечивающее вращение по азимуту в пределах (–270°) − (+270°), по зенитному углу (–90°) − (+90°). Вес антенной системы 1 500 кг, диапазон рабочих температур (–50°) − (+50°)С, предельная скорость ветра 40 м/с.

Программное обеспечение выполняет несколько функций. Во – первых, это управление станцией. Все операции по управлению станцией, кроме включения общего питания, выполняются программно с помощью приложения ScanReceiver®. По командам оператора или автоматически программа выполняет переключение режимов работы; инициализацию программируемых аппаратных модулей в конфигурации, необходимой для приема конкретного типа данных; управление движением антенны при сопровождении спутников; управление электронными компонентами станции (демодуляторами, источниками питания, интерфейсными устройствами и др.).

Приложение ScanReceiver® поддерживает ввод, контроль синхронизации, декодирование и запись цифрового потока на жесткий диск ПК. Файлы данных могут сопровождаться дополнительной информацией (имя спутника, время

приема, орбитальные данные, координаты станции и т. п.), необходимой для последующей обработки и архивного учета.

В состав программного обеспечения входит приложение управления каталогом изображений ScanEx Catalog Manager®. При эксплуатации приемной станции в архиве данных могут быть накоплены тысячи отдельных снимков. Кроме параметров снимка, в каталоге сохраняется метка тома диска и расположение файла на нем, что позволяет при необходимости легко отыскать требуемые файлы в случае, когда они записаны на съемных носителях (CD или DVD дисках).

Приложение ScanEx Image Processor® осуществляет операции по предварительной и тематической обработке изображений, в том числе: импорт и экспорт, визуализацию растровых данных; геометрическую коррекцию; компенсацию дымки на изображениях; радиометрические преобразования; арифметические операции с растровыми слоями; вычисление текстурных характеристик изображений; автоматическую векторизацию; расчет тематических продуктов по данным MODIS и др.

На основе, получаемых данных в МИИГАиК ведутся работы по следующим направлениям:

− анализ и прогноз погоды в региональном и глобальном масштабах;

− анализ и прогноз состояния акватории морей и океанов, включая контроль ледовой обстановки;

− анализ и прогноз условий для полета авиации;

− анализ и прогноз гелиогеофизической обстановки в околоземном космическом пространстве (ОКП), состояния ионосферы и магнитного поля Земли;

− мониторинг климата и глобальных изменений;

− контроль чрезвычайных ситуаций;

− экологический мониторинг окружающей среды.

3 Выбор наземной станции для передачи данных[1]

Наземные станции для приема данных — это наземные комплексы приема, хранения и обработки спутниковых снимков Земли, оснащенными спутниками и приемными оборудованиями.

3.1 Наземные станции в РК и их месторасположение[11]

Основным элементом систем дистанционно зондирования Земли, позволяющих проконтролировать заданные районы в режиме реального времени, являются станции приема данных. Обычно такие станции составляют неотъемлемую часть наземных комплексов приема и обработки данных.

Рисунок 3.1 — Наземные станции в РК

В декабре 2005 года в живописном лесном массиве города Акколь недалеко от столицы РК, который расположен в 100 км от города Астана, был создан первый Казахстанский наземный комплекс управления космическими аппаратами.

Комплекс оборудован новейшим технологиями для управления космическими аппаратами. Все системы наземного комплекса управления полностью автономны и независимы.

Наземный комплекс предназначен для непрерывного выполнения задач управления, контроля и поддержания заданных технических и баллистических характеристик космических аппаратов серии «KazSat».

Наземный комплекс управления космическими аппаратами оснащен: командно – измерительной системой, которая предназначена для передачи команд управления на спутник и точного измерения его местоположения на орбите. Станцией мониторинга связи, предназначенной для проведения орбитальных испытаний и измерений транспондеров спутника, для

[1] http://www.aipet.kz/student/diplom/2014/frts/tks/tks_ru/14.pdf

осуществления мониторинга сигналов в транспондерах космического спутника и проведения измерений параметров земных станций спутниковой связи и осуществления процедуры их допуска к работе со спутниками. В 2008 – 2009 годах комплекс «Акколь» был модернизирован в рамках программы «КазСат – 2». Наземный комплекс управления «Акколь» состоит из Центра управления полетами (ЦУП «Акколь») и Системы контроля связи (СКС «Акколь»).

НКУ «Акколь» имеет следующие географические координаты: 52°0'11" с. ш., 70°54'3" в. д., 410 м над уровнем моря. Система контроля связи "Акколь" состоит из:[11]

– станций контроля с антеннами диаметром 9 м;

– двух приемных антенн диаметром 7,3 м;

– двух приемных антенн диаметром 2,4 м для приемной телевизионной станции;

– аппаратно – программной системы управления и измерительного оборудования;

– серверного и клиентского оборудования с соответствующим программным обеспечением.

Система контроля связи "Акколь" осуществляет следующие регулярные функции контроля в орбитальных позициях от 15° до 130° в. д.:

– работа с помехами;

– орбитальные измерения ретрансляторов в Ku – диапазоне с линейной поляризацией;

– функции контроля одновременно и независимо для двух спутников.

– непрерывный автоматизированный контроль фактической частоты ретранслятора и параметров мощности в Ku – диапазоне;

– измерения заявленных характеристик земной станции для доступа к космическому сегменту;

– контроль и измерение характеристик мощности несущей частоты;

– непрерывный контроль несущих частот и параметров цифровых сигналов;

– хранение измеренных данных;

– контроль радиовещательных каналов.

Параметры системы контроля связи:

– частотный диапазон линии вверх: 13 750 – 14 500 МГц, поляризация: линейная.

Резервный наземный комплекс управления «Акколь» В 2013 году 28 июня близ города Алматы сдан в эксплуатацию Резервный наземный комплекс управления космическими аппаратами и система мониторинга связи (РНКУ) — аналог действующего НКУ «Акколь».

Станция приема данных космической съемки АО «КАЗГЕОКОСМОС» расположена в городе Атырау, что обеспечивает устойчивый прием данных космической съемки всего Каспийского региона.

Прием информации с космических аппаратов TERRA, AQUA, IRS –

1C/1D, IRS – P6, RADARSAT – 1 осуществляется расположенной в Атырау станцией приема космической информации “УниСкан-24”.

Прием информации с Космических Аппаратов данных ДЗЗ осуществляется в радиусе 1800 – 2300 км от Атырау для обеспечения пользователей и потребителей всех уровней лицензионными материалами цифровой обработки информации ДЗЗ. Это дает возможность принимать изображения со спутников по всей территории Казахстана.

Наземные станции для приема данных со спутников оснащаются приемными антеннами. Диаметр антенн разные. Расположения наземных станции имеют важную роль. Если же несколько станции расположены слишком близко друг – другу, то могут захватывать сигналы для других станции. Снимки нефтяных районов со спутников можно передавать в приемо – передающую станцию Акколь, расположена в 100 км от Астаны. Управление КА осуществляется с наземных пунктов управления на территории Казахстана. Их количество и место расположения выбирается таким образом, чтобы на любом витке можно было организовать сеанс связи с КА хотя бы с одного пункта управления. Угол возвышения КА над горизонтом наземного пункта управления должен быть не менее 7°, а дальность до КА не должна превышать 2200 км.[11]

3.2 Антенны для наземных станции[2]

Выбор антенны для приема спутниковых сигналов можно представить как многокритериальную оптимизационную задачу, в которой есть набор требований к антенне, предъявляемых КА ДЗЗ, и характеристики антенных систем разных производителей. Решение задачи находится на пересечении этих двух множеств. Обычно заявленным требованиям соответствует несколько антенных систем. Для того, чтобы принять наиболее рациональное решение, предлагаем ознакомиться с рекомендациями по выбору зеркальной антенны для приема данных со спутников. Рассмотрим наиболее важные из них подробнее. Основными электрическими характеристиками антенн являются коэффициент усиления (КУ), диаграмма направленности (ДН), коэффициент использования поверхности (КИП) апертуры и чистота поляризации излучаемых сигналов.

Таблица 3.1 — Характеристики антенн НКУ «Акколь»

Параметр	Антенна 1	Антенна 2
Тип антенны	Антенна Кассегрена, 2 порта приемника	Антенна Кассегрена, 2 порта приемника
Частоты приема(ГГц)	10,7 – 12,75	10,7 – 12,75
Частоты передачи	-	-

[2] http://www.aipet.kz/student/diplom/2014/frts/tks/tks_ru/14.pdf

(Ггц)		
Размер антенны	Ø = 2,3 м	Ø = 2,3 м
Поляризация	Линейная	Линейная
КНД антенны (дБл)	Прием 55,8 – 57,1	Прием 55,8 – 57,1
Показатель добротности (G/T) (дБ/К)	34,6 – 35,2	34,6 – 35,2
Доступные геостационарные позиции	11,5° – 112° в. д.	11,5° – 112° в. д.

В отличие от бортовых антенн, диаграмма направленности которых должна быть «согласована» с обслуживаемой зоной, антенны ЗС не имеют таких ограничений. Чем больше размер антенны ЗС тем в большей степени она может «преодолеть» ослабление сигналов на трассе и обеспечить большую пропускную способность системы в целом. Вследствие этого в первых спутниковых системах использовались антенны параболического типа с диаметром зеркала 25,32 м и более.

Рабочий диапазон частот антенны определяется выбором космического аппарата дистанционного зондирования Земли. Космический аппарат должен несколько перекрывать частоту сигнала, транслируемого со спутника, так как из – за доплеровского эффекта и искажения распространения электромагнитных волн по трассе частота принимаемого сигнала на поверхности планеты несколько отличается от частоты сигнала, переданного спутником. Если предполагается работать с несколькими космическими аппаратами, то необходимо перекрывать все частоты спутников.[11]

При решении задачи выбора идеальной антенной системы можно выделить следующее:

– металлическое зеркало со стойким антикоррозийным покрытием предпочтительнее алюминиевого;

– лучше использовать сплошное зеркало антенны, чем сетчатое;

– чем больше диаметр антенны, тем лучше, если сохраняется точность кривизны поверхности и удовлетворяются требования к точности сопровождения КА;

– необходим радиопрозрачный купол;

– требуется ОПУ с высокой скоростью сопровождения КА и максимально возможным количеством степеней свободы;

– антенну нужно устанавливать в месте прямой видимости небосвода во всех направлениях при угле наклона антенны к плоскости горизонта в 20.

Антенны для наземных станции должны соответствовать к следующим требованиям:

Сохранение параметров антенны при скорости ветра до 20 м/с (допускается некоторое их ухудшение при скорости ветра до 25 м/с), а также при воздействии солнечной радиации, снега, гололеда и других факторов, характерных для климатических условии места установки антенны;

Сохранение целостности (неразрушаемости) конструкции антенны при скорости ветра до 50 м/с;

Возможность переориентации антенны по азимуту и углу места в угловых пределах и со скоростями, зависящими от типа орбиты ИСЗ;

Поиск, наведение и автоматическое сопровождение ИСЗ с угловой погрешностью не более $\pm 0{,}1\varphi_{0,5}$;

Высокая экономическая эффективность, определяемая стоимостью антенны и затратами на ее эксплуатацию;

Срок службы не менее 10 лет и высокая надежность, коэффициент готовности не менее 0,9995. Возможность проводить ремонтно – профилактические работы на антенне без перерыва связи.

Каждый производитель спутников ДЗЗ применяет собственные методы модуляции и кодировки полезного сигнала, что обусловливает расширение состава аппаратуры приемного тракта для обеспечения работы с несколькими спутниками ДЗЗ.

3.3 Комплексы приема и обработки данных

Для приема и обработки данных ДЗЗ с космических аппаратов используются наземные комплексы приема и обработки данных (НКПОД).

В состав базовой конфигурации НКПОД входят (рисунок 3.4):

– антенный комплекс;

– приемный комплекс;

– комплекс синхронизации, регистрации и структурного восстановления; программный комплекс.

Рисунок 3.2 — Состав наземного комплекса приема и обработки данных

НКПОД обеспечивает:

– формирование заявок на планирование съемки земной поверхности и приема данных;

– распаковку информации с сортировкой по маршрутам и выделением массивов видео − информации и служебной информации;

– восстановление строчно − линейной структуры видеоинформации, декодирование, радиометрическую коррекцию, фильтрацию, преобразование динамического диапазона, формирование обзорного изображения и выполнение других операций цифровой первичной обработки;

– анализ качества полученных изображений с использованием экспертных и программных методов;

– каталогизацию и архивацию информации;

– геометрическую коррекцию и геопривязку изображений с использованием данных о параметрах углового и линейного движения космических аппаратов и опорных точек на местности;

– лицензионный доступ к данным, получаемых со многих зарубежных спутников ДЗЗ.

Аппаратная составляющая НКПОД работает в тесной взаимосвязи с программным комплексом.

Программное обеспечение для управления антенным и приемным комплексом выполняет следующие основные функции:

– автоматическую проверку функционирования аппаратной части НКПОД;

– расчет расписания сеансов связи, т. е. прохождения спутника через зону видимости НКПОД;

– автоматическую активизацию НКПОД и прием данных в соответствии с расписанием;

– расчет траектории спутника и управление антенным комплексом для сопровождения спутника;

– форматирование принимаемого информационного потока и запись его на жесткий диск;

– индикацию текущего состояния системы и информационного потока;

– автоматическое ведение журналов работы.

Программное обеспечение дает возможность управления НКПОД с удаленного терминала через локальную сеть или сеть Интернет.

В состав программного обеспечения НКПОД, как правило, входят средства для ведения электронного каталога изображений и архивации. Поиск изображений в каталоге выполняется по следующим основным признакам: наименование спутника, тип съемочной аппаратуры и режим ее работы, дата и время съемки, территория (географические координаты).

Дополнительно может устанавливаться программное обеспечение для визуализации, фотограмметрической и тематической обработки данных ДЗЗ, такое как:

– INPHO (компания INPHO, Германия) — полнофункциональная фотограмметрическая система;

– ENVI (корпорация ITT Visual Information Solutions, США) — программный комплекс для обработки данных ДЗЗ и их интеграции с данными ГИС;

– ArcGIS (компании ESRI, США) — программное решение для построения корпоративных, отраслевых, региональных, государственных ГИС.

Для обеспечения максимального радиуса обзора антенный комплекс должен устанавливаться так, чтобы горизонт был открыт от углов места 2° и выше в любом азимутальном направлении.

Для качественного приема существенным является отсутствие радиопомех в диапазоне от 8,0 до 8,4 ГГц (передающие устройства радиорелейных, тропосферных и других линий связи).

Следует также отметить, что по оценкам экспертов, в ближайшем будущем данные дистанционного зондирования станут основным источником информации для ГИС, в то время как традиционные карты будут использоваться только на начальном этапе в качестве источника статичной информации (рельеф, гидрография, основные дороги, населенные пункты, административное деление).

3.4 Организация наземного комплекса приема и обработки данных ДЗЗ

Для профессионального применения данных ДЗЗ требуются специализированные программно − аппаратные комплексы, которые позволяют осуществлять контроль, анализ и управление:

− природными ресурсами;

− при предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

− хозяйственной деятельностью в режиме реального времени.

Основным элементом систем ДЗЗ, позволяющих контролировать заданные районы в режиме реального времени, являются станции приема данных дистанционного зондирования Земли. Обычно такие станции составляют неотъемлемую часть наземных комплексов приема и обработки данных (НКПОД).

Рисунок 3.3 — Функциональная схема работы НКПОД

Основное назначение станции заключается в приеме сигнала, излучаемого КА с заданными характеристиками. Следовательно, выбор станции осуществляется после выбора спутника. В настоящее время преобладает модульная система комплектования станции, что позволяет с минимальными затратами проводить ее модернизацию в зависимости от требований спутника. Это особенно актуально, так как срок службы КА ДЗЗ в среднем составляет 5 лет, а срок службы наземной станции — 15 лет. Кроме того, велика вероятность, что КА не израсходует свой ресурс. Конечно, существуют КА, работающие более запланированного срока (например, Landsat-5 — 27 лет при плановом существовании 2 года), но это скорее исключение из правил.

Выбор антенны для приема спутниковых сигналов можно представить как многокритериальную оптимизационную задачу, в которой есть набор требований к антенне, предъявляемых КА ДЗЗ, и характеристики антенных систем разных производителей. Решение задачи находится на пересечении этих двух множеств. Обычно заявленным требованиям соответствует несколько антенных систем. Для того, чтобы принять наиболее рациональное решение, предлагаем ознакомиться с рекомендациями по выбору зеркальной антенны для приема данных с КА. Рассмотрим наиболее важные из них подробнее.

Рабочий диапазон частот антенны определяется выбором космического аппарата дистанционного зондирования Земли. Он должен несколько перекрывать частоту сигнала, транслируемого со спутника, так как из − за доплеровского эффекта и искажения распространения электромагнитных волн по трассе частота принимаемого сигнала на поверхности планеты несколько отличается от частоты сигнала, переданного спутником. Если предполагается работать с несколькими космическими аппаратами, то необходимо перекрывать

все частоты спутников. С диапазоном частоты передающего сигнала конкретного спутника можно ознакомиться в справочной литературе, на сайте производителя КА или компании «Совзонд».

Выбор рабочего диапазона частот антенны также определяет материал ее основного зеркала. Бывают сплошные и сетчатые зеркала антенны. Сетчатые зеркала используют при диаметрах антенн более 5 м, так как они способны выдерживать значительные ветровые нагрузки, имеют более низкие массогабаритные характеристики (что снижает требования к опорно − поворотному устройству) по сравнению со сплошными зеркалами и менее подвержены скоплению атмосферных осадков (рисунок 3.4). Однако при выборе сетчатой антенны необходимо учитывать, что размер ячейки должен быть меньше, чем длина волны принимаемого сигнала, а само зеркало представляет собой набор прямоугольных пластин, что снижает эффективность приема.

Рисунок 3.4 — Сетчатая зеркальная антенна

Сплошные зеркала могут быть цельными или составными (рисунок 3.5). Составные зеркала делают при диаметрах антенны более 5 м, так как их тяжело транспортировать цельными, и необходима высокая точность изготовления кривизны. Сплошные зеркала производят из металла, алюминия и пластика с металлическим покрытием. Металлические зеркала прочные, но подвержены коррозии и тяжелые; пластиковые — деформируются от температуры и осадков; алюминиевые — легкие, не ржавеют, но мягкие и легко деформируются.

Рисунок 3.5 — Сплошная зеркальная антенна

Если грубо сравнить два типа зеркал — сетчатое и сплошное, то выбор, однозначно, будет в пользу сплошного. Так как проблемы ветровых нагрузок и осадков решаются за счет использования радиопрозрачного купола, и отсутствуют ограничения по выбору длин волн принимаемых сигналов. Необходимо отметить, что на полюсе радиопрозрачного купола, закрывающего зеркальную антенну диаметром 3,5 м, также собираются осадки в виде снега и льда. Это препятствует проникновению электромагнитного излучения под купол и может привести к срыву сеанса связи с КА.

Когда мы говорим о выборе рабочего диапазона частот антенной системы, речь идет об облучателе, который размещается в фокусе зеркала, а именно, о его способности преобразовывать падающие на зеркало антенны электромагнитные волны в электрические сигналы. Здесь следует обратить особое внимание на вид поляризации сигнала, излучаемого КА. Одним из наиболее важных параметров антенны является диаметр ее зеркала. Он определяется уровнем мощности принимаемого со спутника сигнала и требуемой скоростью приема данных.

В настоящее время развитие космических аппаратов ДЗЗ идет по пути максимального уменьшения массогабаритных характеристик, что позволяет экономить на расходах по выводу космических аппаратов на орбиту. Такие тенденции прямо пропорционально отражаются на мощности излучаемого сигнала. Чем меньше мощность сигнала, излучаемого спутником, тем больше должен быть диаметр зеркала приемной антенны. Однако, чем больше диаметр антенны, тем тоньше диаграмма направленности, что, в свою очередь, требует высокой точности наведения антенны на КА. Например, для получения сигнала с КА ДЗЗ RapidEye мощностью 10,6 дБВт диаметр зеркала антенны должен составлять 5 м. При работе с несколькими КА диаметр антенны определяется по худшим характеристикам.

Также необходимо учитывать предполагаемый срок службы антенны. Если он составляет около 15 лет и более, что в 2 – 3 раза превышает срок службы КА, то следует задуматься о запасе эффективной площади антенны, иначе придется проводить дорогостоящую модернизацию наземного комплекса приема и обработки данных.

Тип опорно − поворотного устройства (ОПУ) антенны определяется массой ее зеркала, количеством степеней свободы (осей вращения), требуемой точностью наведения на КА и скоростью его сопровождения. Опорно-поворотное устройство предназначено для нацеливания главного лепестка диаграммы направленности антенны на спутник в режиме реального времени, что позволяет получать максимум излучаемой мощности. Обычно выбирают двухплоскостное ОПУ. Одним из лидеров в производстве ОПУ с гексапоидным пьедесталом является компания Zodiak (Франция) (рисунок 3.6).

Рисунок 3.6 — Зеркальная антенна с гексапоидным пьедесталом.

Место установки антенны выбирают с учетом прямой видимости небосвода во всех направлениях при угле наклона антенны к плоскости горизонта в 2°, хотя производители КА ДЗЗ гарантируют уверенный прием сигнала при угле наклона в 5°. Поэтому, если нет возможности обеспечить видимость небосвода при угле наклона антенны в 2°, то можно снизить этот параметр до 5°.

Таким образом, при решении задачи выбора идеальной антенной системы (при соответствующих ограничениях) можно выделить следующее:

− лучше использовать сплошное зеркало антенны, чем сетчатое;

− металлическое зеркало со стойким антикоррозийным покрытием предпочтительнее алюминиевого;

− чем больше диаметр антенны, тем лучше, если сохраняется точность кривизны поверхности и удовлетворяются требования к точности сопровождения КА;

− необходим радиопрозрачный купол;

− требуется ОПУ с высокой скоростью сопровождения КА и максимально возможным количеством степеней свободы;

− антенну нужно устанавливать в месте прямой видимости небосвода во всех направлениях при угле наклона антенны к плоскости горизонта в 2°.

Приемно − обрабатывающий тракт представляет собой систему, предназначенную для выделения полезного сигнала и трансформации его в вид, достаточный для дальнейшей обработки программными средствами. В основном, это понижение частоты, демодуляция и декодирование принятого сигнала. Каждый производитель КА ДЗЗ применяет собственные методы модуляции и кодировки полезного сигнала, что обусловливает расширение состава аппаратуры приемного тракта для обеспечения работы с несколькими КА ДЗЗ.

Зарубежные демодуляторы построены по принципу «все в одном блоке», в отечественной практике чаще встречаются отдельные устройства для каждого КА.

В настоящее время главным направлением развития считается идея максимальной унификации, стандартизации и минимизации приемно − обрабатывающего тракта.

Применение разных методов кодировки сигнала определяется коммерческими целями производителей КА, а именно: продажей годовых лицензий на право получения данных с борта КА и их расшифровку. Однако существуют и бесплатные КА, для работы с которыми не требуется приобретать лицензии.

Таким образом, нет необходимости беспокоиться об использовании приемно − обрабатывающего тракта для перспективных КА, так как модульный принцип организации позволяет модернизировать станцию в зависимости от поставленных задач.

Выбор программного обеспечения обусловлен требованиями, предъявляемыми к конечной информационной продукции. В стандартную комплектацию станции входит программное обеспечение, позволяющее проводить обработку полученных данных до низких уровней. Наиболее распространена следующая градация уровней предварительной обработки данных:

− 0 — необработанные (первичные) данные, полученные с КА;

− 1А — данные, прошедшие радиометрическую коррекцию и калибровку;

− 1В — радиометрически скорректированные и географически привязанные данные;

− 2А — радиометрически и геометрически скорректированные данные, представленные в картографической проекции.

Более высокие уровни обработки, для получения которых используется дополнительная информация (опорные точки, модели рельефа для ортокоррекции и др.), относят к последующей тематической обработке.

Таким образом, с помощью станций приема данных ДЗЗ можно:

− оперативно принимать и обрабатывать данные с борта КА в режиме реального времени (около часа с момента начала сеанса связи);

− выполнять съемку неограниченного количества площадей (определяется загруженностью КА);

− работать с несколькими КА;

− накапливать и обновлять архив данных;

− прогнозировать развитие наблюдаемого региона и т. д.

Постоянно растущие потребности и стремительное наращивание хозяйственной деятельности требуют эффективного и бережного распределения нагрузки на экосистему, учет и управление которой невозможно осуществить без комплексного мониторинга природных ресурсов. Эти задачи можно решить за счет создания наземного комплекса приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли.

4 Космический системы ДЗЗ РК

Космический системы ДЗЗ РК состоит из двух систем — высокого и среднего разрешения. Каждая система состоит из космического и наземного сегментов. Космические сегменты состоят, соответственно, из КА ВР и КА СР. Наземные сегменты КС ВР и КС СР содержат земные станции (антенные комплексы), наземные комплексы управления и наземные целевые комплексы.

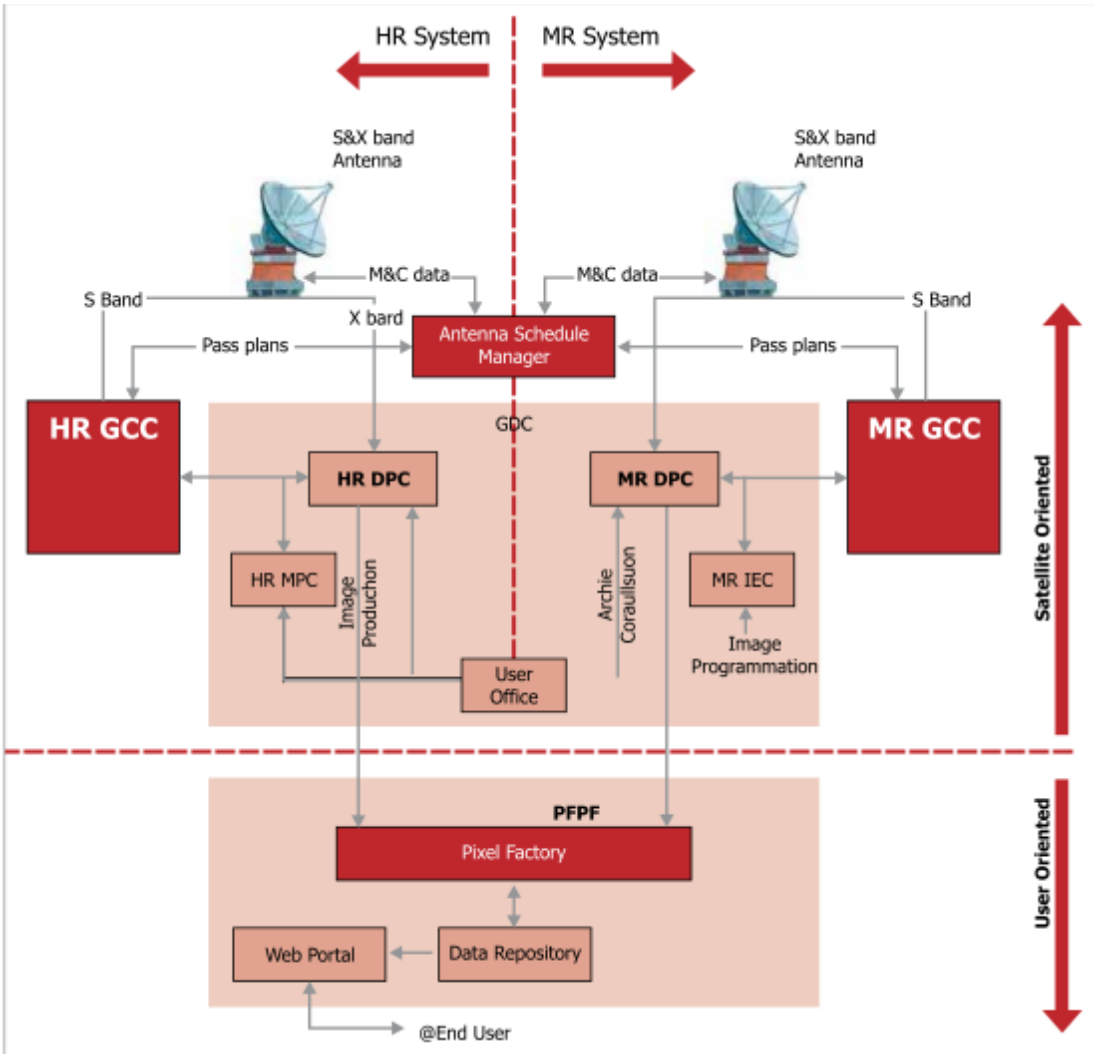

Рисунок 4.1 — архитектура построения КС ДЗЗ РК

HR, MR system — КС ВР и СР; GCC — наземный целевой комплекс;
HR GCC, MR GCC — наземные комплексы управления КА ВР и СР;
PFPF — Pixel Factory Processing Facility; End User — офис пользователя.

Для обеспечения повышенного уровня надежности наземного сегмента также реализуется перекрестное резервирование земных станций КС ВР и СР — обе земные станции могут использоваться с обеими наземными сегментами.

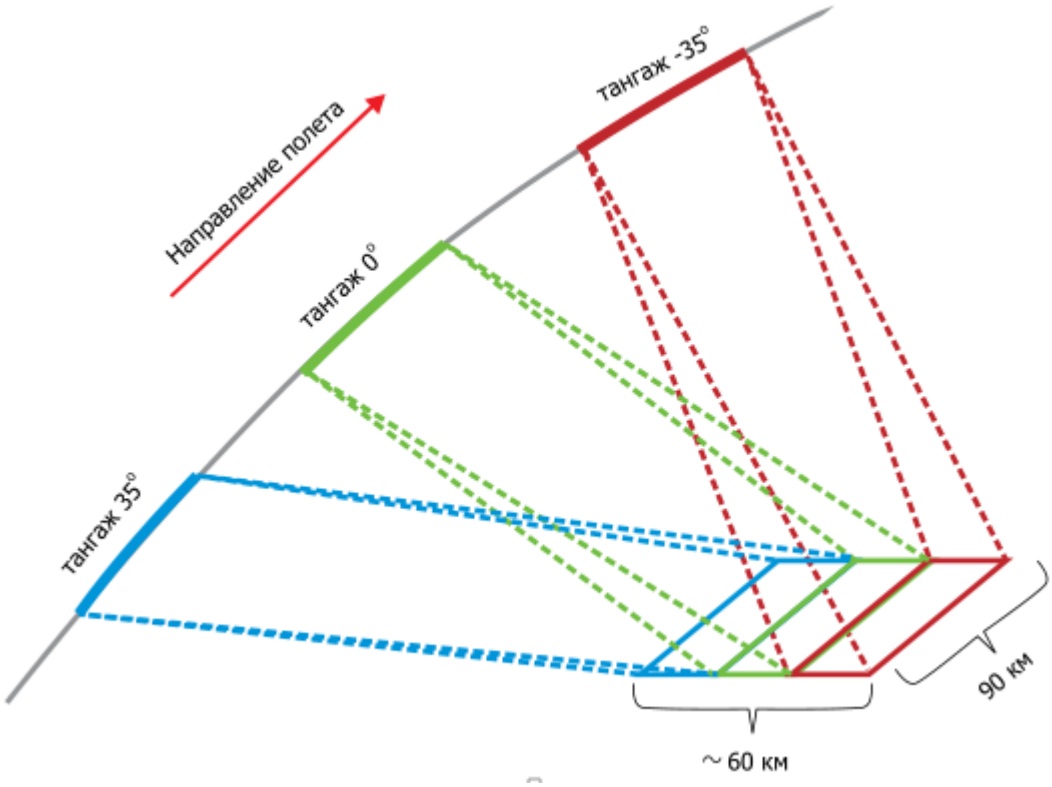

Рисунок 4.2 — Режим площадной (мозаичной) съемки КА ВР

КА ВР имеет солнечную ориентацию на дневной части орбиты для увеличения эффективности использования площади панелей солнечных батарей; во время сеансов съемки и радиоконтактов с наземным сегментом ориентация КА геоцентрическая. Максимальное время работы на витке съемочной аппаратуры — 10 мин, среднее — около 3 мин, аппарат может проводить маршрутную съемку протяженностью до 2000 км, 3–х полосную площадную шириной до 60 км, протяженностью 90 км , а также стерео съемку.

Электроника полезной нагрузки КА ВР, также как и технология конструкции телескопа (NAOMI 310) имеет длительную летную историю. В отличие от предыдущих миссий, для КА ВР разработан и создан телескоп Корша с параметрами, обеспечивающими выполнение требований Заказчика. Одним из основных требований технической спецификации было выполнение условия на функцию передачи модуляции (ФПМ) всего оптико — электронного тракта и отношения сигнала к шуму (ОСШ), ФПМ·ОСШ > 2.8 (в конце срока активного существования КА), являющихся рейтингом качества изображения при съемке в условиях, близких их к требованиям ОСТ В3 — 3599 − 77. Для выполнения этого требования был увеличен диаметр главного зеркала с 20 до 65 см и использовано 8 шагов с временной задержкой и накоплением сигнала .

Данное значение ФПМ является лучшим в мире среди существующих КА ВР, большинство систем имеет ФПМ между 10 и 15 %. Например, полное значение ФПМ у телескопа, используемого на КА «Плеяда», составляет около 13 %. Отметим, что значение ФПМ, большее 20 % может привести к

нежелательным явлениям, называемым «алиазингом», приводящим к появлению артефактов на снимках. Таким образом, достигнутое на КА ВР значение можно считать в некотором смысле близким к оптимальному.

Для получения изображения при панхроматической съемке используются 3 линейки детекторов по 7000 пикселей и 4 линейки по 1750 пикселей для получения изображения в мультиспектральных диапазонах. Разрядность квантования составляет 12 бит на пиксель.

Архитектура платформы КА СР во многом аналогична платформе КА RapidEye, также как и высота солнечно — синхронной орбиты. Основные отличия заключаются в повышенной маневренности КА, позволяющей проводить стерео − и площадную съемку поверхности Земли протяженностью 90 км при угле тангажа до 30° (возможна съемка с тангажом до 35°, тогда протяженность составляет более 100 км).

Наземный сегмент космической системы ДЗЗ, расположенный в г. Астана, состоит из наземного комплекса управления и комплекса приема целевой информации для КС ВР и КС СР (рисунок 4.1). Управление аппаратами, а также получение целевой информации осуществляется независимо друг от друга через собственные антенные комплексы, работающие в S и X диапазонах.

Наземный целевой комплекс проводит прием «сырой» информации (уровень L0). В дальнейшем проводится обработка до уровня L1A. При этом производится радиометрическая коррекция (выравнивание изображения, определение и восстановление потерянных данных) и деконволюция (подавление шумов и повышение четкости изображения).

Дальнейшая высокоуровневая обработка целевой информации как с КС высокого, так и КС среднего разрешения производится комплексом Pixel Factory Processing Facility.

Важным аспектом реализации проекта создания КС ДЗЗ РК является передача современных технологий проектирования, сборки и испытания КА, проектирование наземной инфраструктуры космической системы ДЗЗ, а также получение навыков управления КА ДЗЗ.

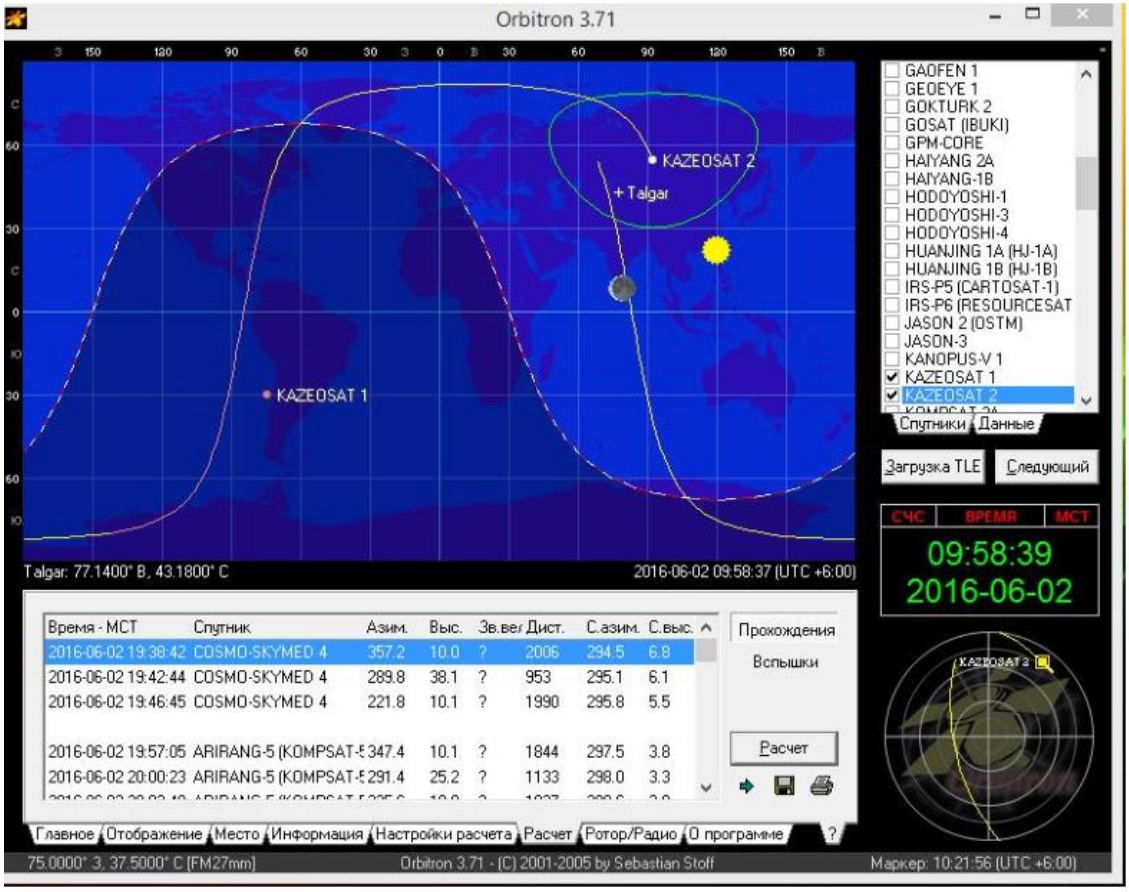

Рисунок 4.3 — Зоны захвата KazEOSat-2

4.1 KazEOSat – 1

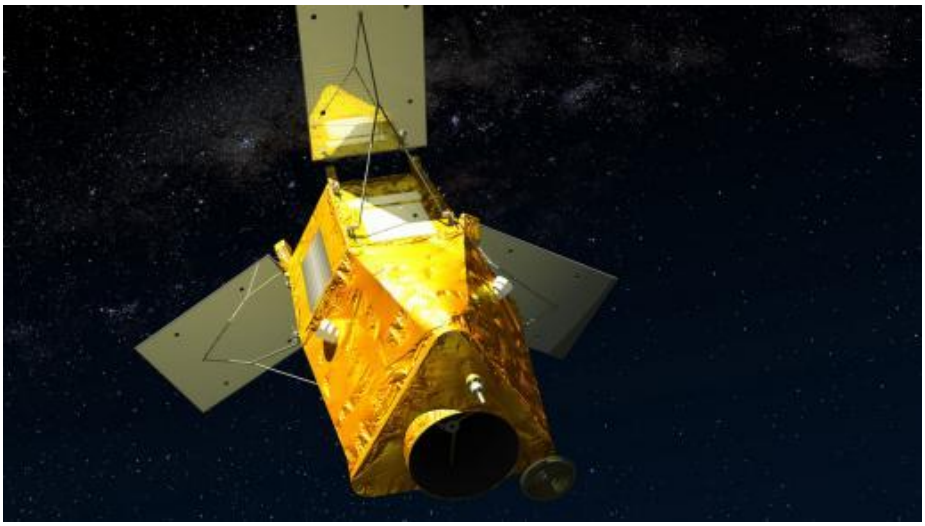

Рисунок 4.4 — Внешний вид KazEOSat-1

KazEOSat-1 (Kazakhstan Earth Observation Satellite — казахстанский спутник наблюдения Земли) — первый казахстанский спутник дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), создан по заказу правительства Казахстана

европейской компанией “Airbus Defence and Space” (ранее EADS Astrium) на базе спутниковой платформы “Leostar-500-XO”.

Контракт на создания спутника был подписан с европейской компанией и правительством Казахстан еще в 2009 году.

Космический аппарат “KazEOSat-1” выведен на солнечно − синхронную орбиту со склонением в 98,5 градусов с помощью европейской ракеты − носителя легкого класса “Вега” (Vega). После выведения на орбиту спутник перейдет под управление государственной компании подведомственной Казкосмосу АО «НК Қазақстан Ғарыш Сапары».

Данные “KazEOSat-1” будут использоваться для предоставления полного спектра услуг ДЗЗ, мониторинга природных и сельскохозяйственных ресурсов, проведения земельного кадастра, картографирования для обеспечения обороны и безопасности страны, а также для поддержки и проведения аварийно − спасательных работ во время стихийных бедствий. Но учитывая то, что КА “KazEOSat-1” способен выполнять сьемку Земли с пространственным разрешением 1 метр, его можно смело отнести к космическим аппаратам двойного назначения.

В качестве полезной нагрузки на борту спутника установлено сканирующее устройство “NAOMI” (New AstroSat Optical Modular Instrument), которое позволяет выполнять сьемку с разрешением до 1 метра (в панхроматическом режиме) и до 4 метров (в мультиспектральном режиме). Точно такое же сканирующее устройство было установлено на космических аппаратах: “AlSat-2” (Алжир), “VNREDSat-1A” (Вьетнам), “SPOT-6” (Франция) и “SPOT-7” (Франция).

За сутки космический аппарат “KazEOSat-1” способный отснять около 220 000 кв. км.

Максимальное время непрерывной визуализации на орбите составляет 10 минут, среднее время – 3 минуты. Максимальная длина визуализации полосы – 2000 км. Маневренность KazEOSat-1 позволяет за один проход делать три снимка одной и той же области.

“KazEOSat-1” позволяет выполнять следующие режимы сьемки:

– полосный режим (Image strip)

– режим стерео (Stereo mode) — за один проход выполняет сьемка одной и той же области дважды. Сьемка выполняется с шагом 30 градусов.

– режим мозаики (Mosaic mode) — выполняет сьемка территории в ширину. Изображение состоит с двух смежных сцен. Работает очень похожим образом до режима стерео. Разница лишь в том, что сцены не полностью перекрываются.

4.2 KazEOSat-2

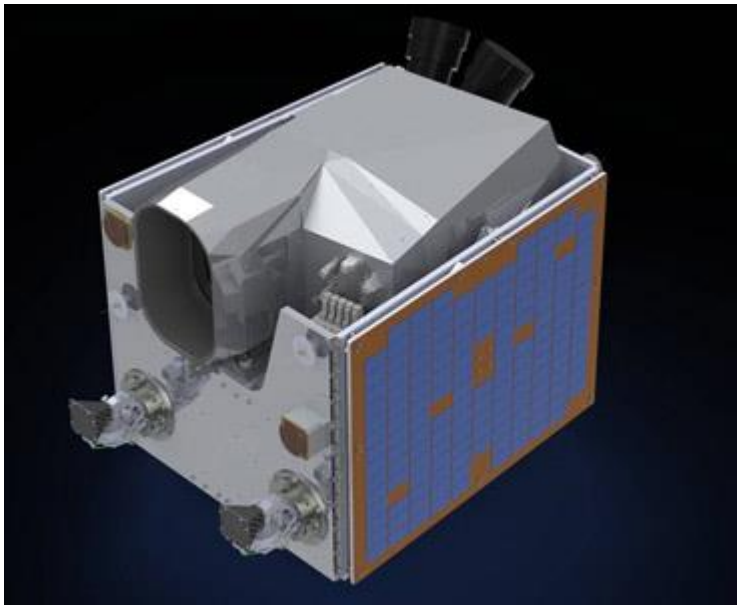

Рисунок 4.5 — Внешний вид KazEOSat-2

KazEOSat-2 (Kazakhstan Earth Observation Satellite — казахстанский спутник наблюдения Земли) — второй казахстанский спутник дистанционного зондирования Земли, создан по заказу правительства Казахстана на базе спутниковой платформы “SSTL-150+” британской компанией “SSTL”.

“SSTL” является дочерним предприятием “Airbus Defence and Space” (ранее EADS Astrium).

Контракт на создания спутника был подписан с европейской компанией и правительством Казахстан еще в 2009 году.

Космический аппарат “KazEOSat-2” выведен на солнечно –синхронную орбиту высотой 630 км с помощью российско – украинской ракеты “Днепр”. После выведения на орбиту спутник перейдет под управление государственной компании подведомственной Казкосмосу АО «НК Қазақстан Ғарыш Сапары».

Космический аппарат “KazEOSat-2” после введения в эксплуатацию пополнит космическую систему ДЗЗ Республики Казахстан, которая на первое время будет состоять с двух КА (“KazEOSat-2” и “KazEOSat-1”).

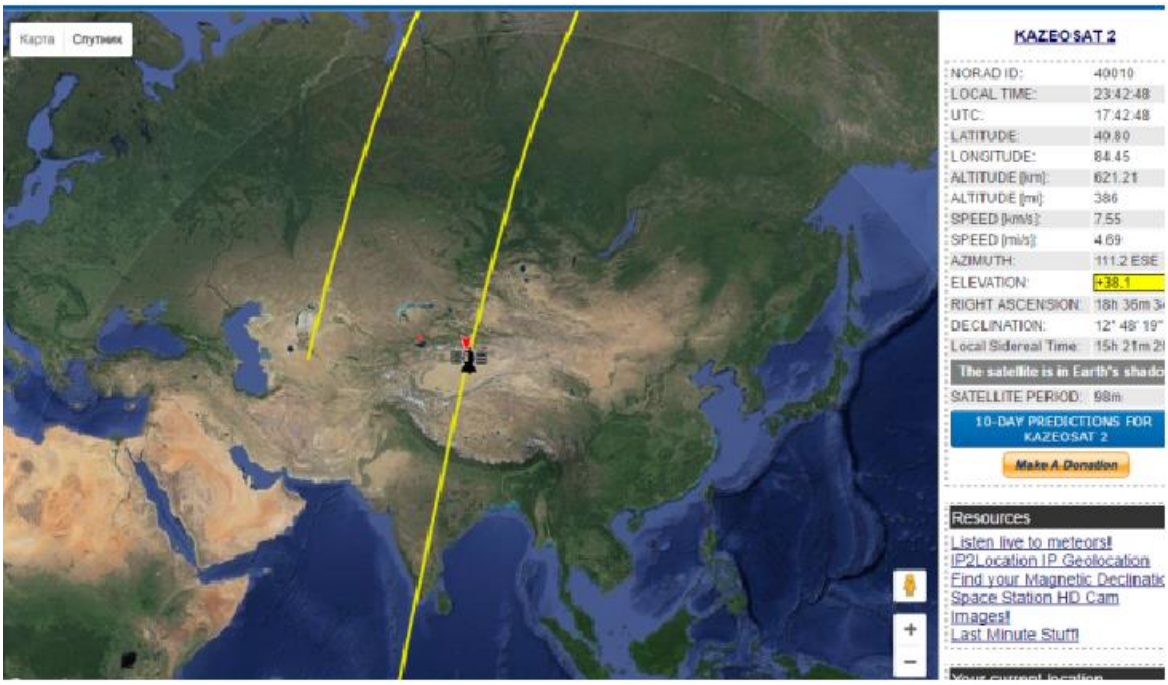

Рисунок 4.6 — Онлайн наблюдение спутника KazEOSat-2

По своей архитектуре космический аппарат “KazEOSat-2” похож на спутник ДЗЗ “RapidEye”. Различие между ними состоит в том, что в казахстанского спутника используются более современные технологии, которые придают большую маневренность сканирующей аппаратуре и разрешают делать стереосъемку.

На борту спутника “KazEOSat-2” в качестве полезной нагрузки установлено сканирующее устройство KEIS (Kazakh Earth Imaging System), которое также известно как “JSS-56” (Jena-Optronik Spaceborne Scanner-56) или “MSI” (Multispectral Imager).

За сутки космический аппарат “KazEOSat-2” (DZZ-MRES) способный отснять около 1000 000 кв. км.

“KazEOSat-2” (DZZ-MRES) позволяет выполнять следующие режимы сьемки:

– полосный режим (Image strip) — создается изображение шириной 77 км и максимальной длиной до 4000 км. Режим действует в пределах отклонение сканера +/- 35 градусов от надира.

– режим стерео (Stereo mode) — за один проход выполняет сьемка одной и той же области дважды. Сьемка выполняется с шагом 30 градусов.

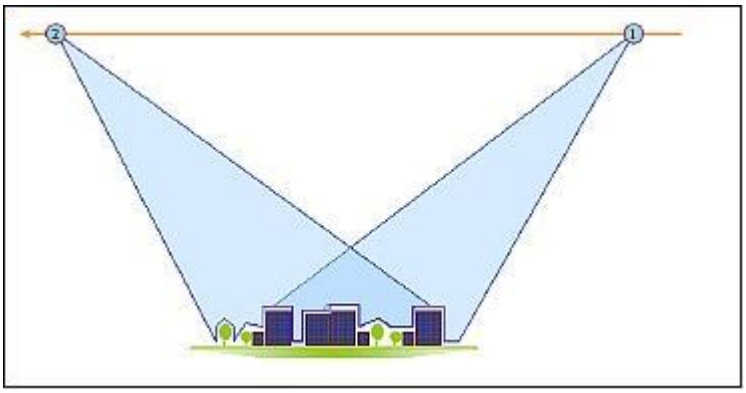

Рисунок 4.7 — Режим стерео

– режим мозаики (Mosaic mode) — выполняет сьемка территории в ширину. Изображение состоит с двух смежных сцен. Работает очень похожим образом до режима стерео. Разница лишь в том, что сцены не полностью перекрываются.

5 Расчетная часть

5.1 Ослабление радиосигналов в атмосфере

Влияние атмосферы в диапазоне частот, выделенных для спутниковых систем, проявляется в виде поглощения радиосигналов в тропосфере и ионосфере, искривления траектории радиолуча в результате рефракции, изменения формы и вращение плоскости поляризации.

Для количественной оценки ослабление радиосигналов в атмосфере (L_{atm}) удобно представлять в виде суммы:

$$L_{atm} = L_{atmClearSky} + L_{atmRain}$$

где $L_{atmClearSky}$ — постоянная составляющая таких потерь в невозмущенной атмосфере (условиях чистого неба).

$L_{atmRain}$ — затухание сигнала в гидрометеорах (дожде), зависящее от интенсивности осадков, размера зоны их выпадения и распределения осадков по зоне.

5.1.1 Ослабление радиосигналов в атмосфере в условиях чистого неба

Ослабление радиосигналов в невозмущенной атмосфере зависит от многих факторов, но наиболее существенными являются частота сигнала и угол места земной станции.

Ослабление плотности потока мощности в атмосфере в условиях чистого неба можно оценить по следующим эмпирическим формулам.

$$L_{atmClearSky} = \frac{F^{0,58} \cdot 0,023 + 0.006}{\sin \beta_{ES}} \quad \text{(dB) в диапазоне частот 3 – 9 ГГц}$$

$$L_{atmClearSky} = \frac{(\frac{F}{9})^{2,5} \cdot 0,04 + 0.046}{\sin \beta_{ES}} \quad \text{(dB) в диапазоне частот 9 – 15 ГГц}$$

где F — частота радиосигнала (GHz)

β_{ES} — угол места земной станции (град).

$$L_{atmClearSky} = \frac{8.35^{0,58} \cdot 0,023 + 0.006}{\sin 20°} = 0,405 \text{ дБ}$$

Кривые зависимости $L_{atmClearSky}$ от угла места ЗССС для разных значений рабочих частот приведены на нижеприведенном рисунке.

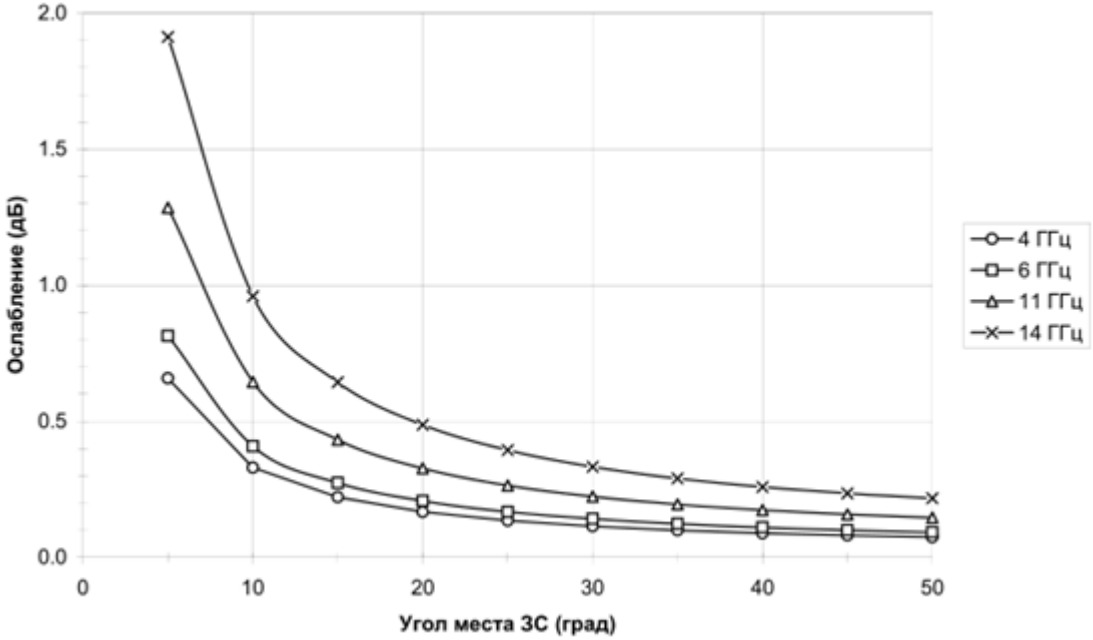

Рисунок 5.1 — Ослабление радиосигнала в атмосфере

5.1.2. Ослабление радиосигнала в осадках

Оценка ослабления радиосигнала в гидрометеорах является задачей более сложной, чем в спокойной атмосфере, поскольку требует решения задачи о распределении вероятности выпадения осадков различной интенсивности, размера зоны их выпадения и распределения осадков по этой зоне.

На основании многочисленных измерений и экспериментальных данных метеорологии расчет ослабления радиосигнала в дожде предложен в рекомендации ITU-R P.618-5.

Данная методика предлагает оценку затухания в дожде, не превышаемого в течении заданного процента времени года.

Процент времени (p), в котором интенсивность осадков может превышать заданный уровень, зависит от коэффициента готовности радиолинии (K_R).

$$p = (1 - K_R) \cdot 100\ \%$$

Коэффициент готовности радиолинии

$$K_R = 1 - \frac{t_n}{8760}$$

где t_n — допустимое суммарное время перерывов связи за год из за метеоусловий в часах.

$$K_R = 1 - \frac{61{,}32}{8760} = 0{,}993$$

Для проведения расчета необходимы следующие исходные данные

Таблица 5.1 — Исходные данные

Параметр	Наименование	Единица измерения
K_R	Коэффициент готовности радиолинии	
λ_{KA}	Долгота подспутниковый точки	78.88
φ_{ES}	Географическая широта места ЗССС	43° 18’00”
λ_{ES}	Географическая долгота места ЗССС	77° 14’00”
F	Частота радиосигнала	8, 35 ГГц
h_S	Высота ЗССС над уровнем моря	973 м

Расчет проводится по следующей методике:

Определим эффективную высоту дождя в зависимости от широты ЗССС:

$$h_R = \begin{cases} 5 - 0{,}075 \cdot (\varphi_{ES} - 23), & \varphi_{ES} > 23° \\ 5 & , -21° \le \varphi_{ES} \le +23° \\ 5 + 0{,}1(\varphi_{ES} + 21) & , \ -71° \le \varphi_{ES} \le +21° \\ 0 & , \quad \varphi_{ES} < -71° \end{cases},$$

$$h_R = 5 - 0{,}075(43{,}18 - 23) = 3{,}48 \text{ м}$$

В зависимости от угла места ЗССС - β_{ES} определим наклонный путь сигнала в дожде:

$$L_S = \frac{h_R - h_S}{\sin \beta_{ES}},$$

$$L_S = \frac{3{,}48 - 0{,}973}{\sin 20} = 7{,}33$$

Определим горизонтальную проекцию пути сигнала в дожде

$$L_G = L_S \cdot \cos \beta_{ES},$$

$$L_G = 7{,}33 \cdot \cos 20° = 6{,}88$$

Определим для места расположения ЗССС уровень интенсивности осадков – $R_{0,01}$ (мм/час), который не будет превышен в течении 99, 99 % времени года (p = 0,01 %). Если значение $R_{0,01}$ не может быть получено по данным метеонаблюдения, то его определяют в зависимости от климатической зоны в соответствии с рекомендацией ITU-R PN.837-1.

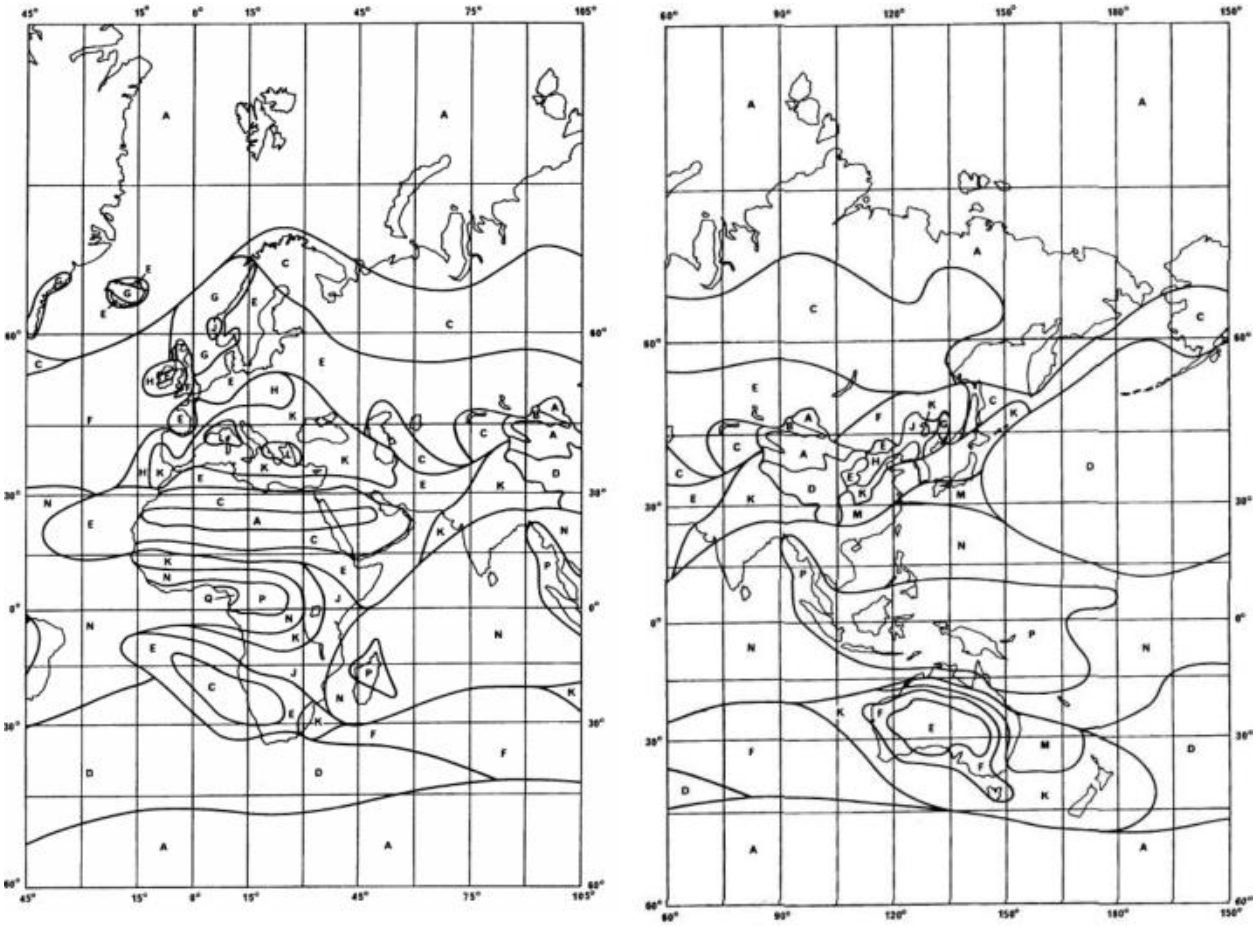

Рисунок 5.1 — Климатические зоны ITU-R (для восточного полушария)

Таблица 5.2 – Интенсивности осадков – $R_{0,01}$ в соответствии с ITU-R PN.837-1

Зона ITU-R	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
$R_{0.01}$ (mm/h)	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145	115

Определим понижающий коэффициент:

$$\mathrm{r} = \frac{1}{1 + L_G/L_0},$$

где $L_0 = 35 \cdot e^{-0,015 \cdot R_{0,01}}$

$$L_0 = 35 \cdot e^{-0,015 \cdot 15} = 27,94 \text{ дБ}$$

$$\mathrm{r} = \frac{1}{1 + 6,88/27,94} = 0,802$$

Далее из таблицы (ITU-R P.838) определяем частотно – зависимые коэффициенты:

Таблица 5.3 — частотно – зависимые коэффициенты

F (GHz)	k_H	k_V	α_H	α_V
1	0.00003870	0.00003520	0.91200000	0.88000000
2	0.00015400	0.00013800	0.96300000	0.92300000
3	0.00035756	0.00032315	1.05542408	1.01191430
4	0.00065000	0.00059100	1.12100000	1.07500000
5	0.00112106	0.00100471	1.22391353	1.17956455
6	0.00175000	0.00155000	1.30800000	1.26500000
7	0.00301000	0.00265000	1.33200000	1.31200000
8	0.00454000	0.00395000	1.32700000	1.31000000
9	0.00692396	0.00605396	1.30008040	1.28571958
10	0.01010000	0.00887000	1.27600000	1.26400000

Для промежуточных значений частот коэффициенты могут быть получены интерполяцией, используя логарифмическую шкалу для F и k и линейную шкалу для α .

Определим угол поворота плоскости поляризации τ :

$$\tau = \mathrm{arctg}\left[\frac{\sin(\lambda_{\text{КА}} - \lambda_{ES})}{\mathrm{tg}\,\varphi_{ES}}\right]$$

$$\tau = \mathrm{arctg}\left[\frac{\sin(78{,}88° - 77{,}14°)}{\mathrm{tg}\,43{,}18°}\right] = 61{,}86°$$

Для линейной вертикальной поляризации $\tau = \tau + 90\,°$,

$$\tau = 61{,}86\,° + 90\,° = 151{,}86\,°$$

Для круговой поляризации примем τ = 45 ° .

Определим:

$$\mathrm{k} = \frac{\mathrm{k}_H + \mathrm{k}_V + (\mathrm{k}_H - \mathrm{k}_V)\cdot cos^2\beta_{ES}\cdot\cos(2\cdot\tau)}{2}$$

$$\mathrm{k} = \frac{0{,}00454 + 0{,}00395 + (0{,}00454 - 0{,}00395)\cdot cos^2 20°\cdot\cos(2\cdot 151{,}86°)}{2} =$$

$$= 0{,}00438$$

$$\alpha = \frac{\mathrm{k}_H\cdot\alpha_H + \mathrm{k}_V\cdot\alpha_V + (\mathrm{k}_H\cdot\alpha_H - \mathrm{k}_V.\alpha_V)\cdot cos^2\beta_{ES}\cdot\cos(2\cdot\tau)}{2\cdot\mathrm{k}}$$

$$\alpha = \frac{0{,}00454 \cdot 1{,}327 + 0{,}00395 \cdot 1{,}31}{2 \cdot 0{,}00438} +$$

$$+ \frac{(0{,}00454 \cdot 1{,}327 - 0{,}00395 \cdot 1{,}31) \cdot cos^2 20° \cdot \cos(2 \cdot 151{,}86°)}{2 \cdot 0{,}00438} = 1{,}32$$

Рассчитаем коэффициент γ_R по формуле:

$$\gamma_R = \mathrm{k} \cdot R_{0{,}01}^{\alpha}$$

$$\gamma_R = 0{,}00438 \cdot 15^{1{,}32} = 0{,}15$$

Ослабления сигнала в дожде для p = 0,01 определим, как

$$L_{atmRain(p=0{,}01)} = \gamma_R \cdot L_s \cdot r$$

$$L_{atmRain(p=0{,}01)} = 0{,}15 \cdot 7{,}33 \cdot 0{,}802 = 0{,}881$$

По заданному коэффициенту готовности K_R определим процент времени p , в котором искомое ослабление сигнала в осадках может быть превышено:

$$\mathrm{p} = (1 - K_R) \cdot 100\ \%$$

$$\mathrm{p} = (1 - 0{,}993) \cdot 100\ \% = 0{,}7$$

Рассчитаем величину ослабления в осадках для полученного значения p:

$$L_{atmRain(p)} = L_{atmRain(p=0{,}01)} \cdot 0{,}12 \cdot \mathrm{p}^{-(0{,}546+0{,}043 \cdot \log p)}$$

$$L_{atmRain(p)} = 0{,}881 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}7^{-(0{,}546+0{,}043 \cdot \log(0{,}7))} = 0{,}128 \text{ дБ}$$

$$L_{atm} = 0{,}405 + 0{,}128 = 0{,}533 \text{ дБ}$$

Рассчитанное затухание учитывается при расчете энергетических характеристик линии передачи полезной информации.

5.2 Расчет энергетических характеристик радиолинии

Необходимо рассчитать мощность передаваемого сигнала в точке приема, для того чтобы правильно выбрать приемник с требуемыми техническими характеристиками.

Расчет осуществляется в соответствие со следующим алгоритмом:

– определение дальности между космическим аппаратом и приемной антенной ЗС;

– расчёт ослабления радиосигнала спутниковой линии;

– расчёт энергетических параметров приёмного устройства.

Таблица 5 - Исходные данные для расчета низкоорбитальной системы:

Отношение сигнал-шум, $\left(\frac{P_с}{P_ш}\right)_{вх}$, дБ	11
Коэффициент усиления передаиочный антенны, $G_{пер}$, дБ	15
Добротность станции на передаче, $\frac{G_{пер}}{T}$, дБ	-28,6
КПД волнового тракта КС, $ŋ_{кс}$	0,8
КПД волнового тракта ЗС, $ŋ_{зс}$	0,8
Радиус Земли, $R_з$, км	6370
Высота спутника, d, км	630
Высота приемной антенны над уровнем моря, h, км	973

Рассчитаем длину волны λ, м по формуле:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad , \tag{5.1}$$

где *c* – скорость света в вакууме, м/с;

f – частота работы передатчика ИСЗ, Гц.

Длина волны для частоты 8160,500 МГц**:**

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{8160{,}500 \cdot 10^6} = 0{,}036 \ \ м$$

Длина волны для частоты 8350,620 МГц:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{8650{,}620 \cdot 10^6} = 0{,}034 \ \ м$$

5.2.1 Определение дальности между космическим аппаратом и приемной антенной ЗС.

При расчете энергетических параметров спутниковой линии рассмотрим два случая, при:

– d_1 — дальность между околозенитным космическим аппаратом и приемной антенной, где угол места α = 90°;

– d_2 — дальность между пригоризонтным космическим аппаратом и приемной антенной, где угол места примем α = 15°.

Зона обзора космического аппарата представляет собой участок земной поверхности, на котором можно осуществлять наблюдение за космическим аппаратом, прием его сигналов. Центром зоны обзора является подспутниковая точка $O_З$, называемая географическим местом спутника (ГМС) (рисунок 5.2). То

есть, если точка O_3 – место расположения антенны, то дальность между околозенитным космическим аппаратом (α = 90°) и приемной антенной примем равной d_1 = H = 630 км.

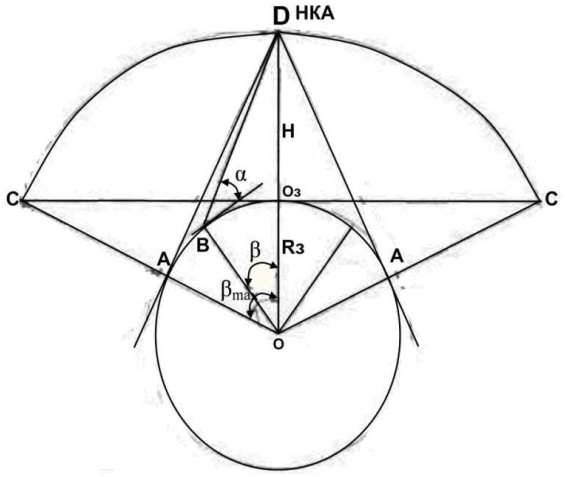

Рисунок 5.2 — Зона обзора космического аппарата

Далее определим расстояние между при горизонтным космическим аппаратом (α = 15 ^{0}) и приемной антенной (d_2).

Размер зоны обзора характеризуется углом β_{max} или соответствующей ему дугой AO_3, которая называется радиусом зоны обзора R_0 (км). Из рисунка 5.2 видно, что β_{max} определяется из треугольника OAD:

$$\beta_{\max} = \arccos[R_3 /(R_3 + H)] \ , \qquad (5.2)$$

где $R_з$ = 6370 км — радиус Земли;
H = 630 км — высота орбиты спутника.

$$\beta_{\max} = \arccos[6370/(6370+630)] = 24{,}5^0$$

Бортовые приемоиндикаторы СРНС обеспечивают заданную точность измерений в зоне обзора, ограниченной радиогоризонтом, который поднят для пользователя на угол от 5 до 10° (угол места). В этом случае зона обзора определяется углом $\beta < \beta_{max}$, где

$$\beta = \arccos[R_3 /(R_3 + H)] - \alpha = \beta_{MAX} - \alpha \qquad (5.3)$$

где α — угол места.

Примем точку B за место расположения приемной антенны, при α = 15^0, тогда:

$$\beta = 24{,}5^0 - 15^0 = 9{,}5^0$$

Из теоремы косинусов, по двум известным сторонам и углу между ними определим наклонную дальность между приемной антенной и пригоризонтным космическим аппаратом:

$$d_2 = \sqrt{R_з^{\ 2} + (R_з + H)^2 - 2 \cdot \cos\beta \cdot R_з (R_з + H)} \ , \qquad (5.4)$$

$$d_2 = \sqrt{6370^2 + (6370 + 630)^2 - 2 \cdot \cos 9{,}5° \cdot 6370(6370 + 630)} = 1476{,}65 \text{ км.}$$

Т. о. получили: d_1= 630 км, d_2=1476,65 км.

5.3 Расчет ослабления радиосигнала на участке КА-ЗС

Полное затухание радиосигналов в линиях спутниковой связи определяется потерями в свободном пространстве L_0, дБ и дополнительными потерями $L_{доп}$, дБ, обусловленными особенностями функционирования систем спутниковой связи :

$$L = L_0 + L_{доп} \ , \qquad (5.5)$$

Потери энергии радиоволн при распространении в свободном пространстве определяются в соответствии с выражением:

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2} \ , \qquad (5.6)$$

где λ — длина волны от спутника к приемнику, м;

d — расстояние между передающим космическим аппаратом и приемной антенной ЗС, м.

Длина волны при различных частотах была рассчитана выше.

Тогда затухание радиоволн при распространении в свободном пространстве от околозенитного космического аппарата:

для λ_1

$$L_{01} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 (630 \cdot 10^3)^2}{0{,}036^2} = 4{,}831 \cdot 10^{16}$$

Переведем в дБ:

$$L_{01} = 10 \ \mathrm{Log}_{10} (4{,}831 \cdot 10^{16}) = 166{,}84$$

для λ_2

$$L_{02} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 (630 \cdot 10^3)^2}{0{,}034^2} = 5{,}416 \cdot 10^{16}.$$

Переведем в дБ:

$$L_{02} = 10\ \mathrm{Log}_{10}\ (5{,}416 \cdot 10^{16}) = 167{,}34$$

Затухание радиоволн при распространении в свободном пространстве от пригоризонтного космического аппарата:

для λ_1

$$L_{01пг} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 (1763{,}48 \cdot 10^3)^2}{0{,}036^2} = 3{,}785 \cdot 10^{17}.$$

Переведем в дБ:

$$L_{01пг} = 10\ \mathrm{Log}_{10}\ (3{,}785 \cdot 10^{17}) = 175{,}779$$

для λ_2

$$L_{02пг} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 (1763{,}48 \cdot 10^3)^2}{0{,}034^2} = 4{,}248 \cdot 10^{17}.$$

Переведем в дБ:

$$L_{02пг} = 10\ \mathrm{Log}_{10}\ (4{,}248 \cdot 10^{17}) = 176{,}27\ дБ$$

5.3.1 Расчет мощности сигнала в точке приема.

Переведем исходные данные, выраженные в единицах измерения дБ в относительные единицы – разы, а все остальные в единицы системы СИ:

$$\left(\frac{P_c}{P_ш}\right)_{вх} = 11 дБ \Rightarrow 10^{\frac{1.1}{10}} = 12{,}59$$

$$G_{пер} = 30\ дБ \Rightarrow 10^{\frac{30}{10}} = 1000$$

$$d_{KazEOSat1} = 630\ км = 630000\ м$$

Рассчитаем мощность сигнала принимаемую земной станцией с ИСЗ KazEOSat1, KazEOSat 2:

$$P_{\text{ПРМ ЗС}} = \left(\frac{P_{\text{ПРД}} \cdot G_{\text{КС}} \cdot G_{\text{ЗС}} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{L_0 \cdot L_{\text{доп}} \cdot \frac{P_{\text{с}}}{P_{\text{ш}}}}\right)$$

$$P_{\text{ПРМ ЗС}} = \left(\frac{20 \cdot 1000 \cdot 6309{,}573 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9}{3{,}79 \cdot 10^{17} \cdot 3{,}41 \cdot 12{,}59}\right) = 2{,}47 \cdot 10^{-10}\text{Вт}$$

Переведем в дБ:

$$P_{\text{ПРМ ЗС}} = 10\ \text{Log}_{10}\ (2{,}47 \cdot 10^{-10}) = -\ 96{,}06$$

Так как чувствительность приемника, используемого на земной станции приема данных со спутников ДЗЗ составляет — 102дБ, полученной значение подтверждает возможность качественного приема сигналов с KazEOSat-1, KazEOSat-2.

5.3.2 Расчет необходимого диаметра антенн приемных земных станций

Мощность передатчика ИЗС известна, поэтому из уравнения для мощности передатчика ИЗС выразим коэффициент усиления антенны приемной земной станции, обеспечивающий требуемой отношение сигнал шум на спутниковой линии.

$$G_{ПРМЗС} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2 \cdot L_{\downarrow доп} \cdot P_{\text{ш.}\Sigma\text{ЗС}} \cdot b}{\lambda_{\downarrow}^{\ 2} \cdot G_{\text{пер.ИСЗ}} \cdot P_{ПРДИЗС} \cdot \eta_{\text{пер.ИСЗ}} \cdot \eta_{\text{пр.ЗС}}} \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_{\Sigma}$$

В технических данных бортового ретранслятора указывается Эффективно – изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ), которая определяется по следующей формуле:

$$\text{ЭИИМ}_{\text{КС}} = G_{\text{ПРДКС}} \cdot P_{\text{ПРДКС}} \cdot \eta_{\text{ПРДКС}},\ \text{Вт.}$$

$$\text{ЭИИМ}_{\text{КС}} = 20 \cdot 15 \cdot 0{,}9 = 270\ \text{Вт}$$

Подставив данное выражение в формулу расчета коэффициента усиления антенны, получим следующее упрощенное уравнение:

$$G_{ПРМЗС} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2 \cdot L_{\downarrow доп} \cdot P_{\text{ш.}\Sigma\text{ЗС}} \cdot b}{\lambda_{\downarrow}^{\ 2} \cdot ЭИИМ_{КС} \cdot \eta_{\text{пр.ЗС}}} \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш}\right)_{\Sigma}.$$

Согласно данным о бортовом ретрансляторе средняя ЭИИМ будет равна 270 разах, суммарное отношение сигнал − шум на конце линии связи возьмем равным 11дБ (12,59 раз), подставим значения и определим коэффициент усиления антенны. $T_{\Sigma ш} = 800$ К, $\Delta f = 200$ МГц.

$$P_{шЗС} = k \cdot T_{\Sigma ш} \cdot \Delta f, Вт$$

$$P_{ш.ЗС} = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 800 \cdot 200 \cdot 10^{6} = 2{,}11 \cdot 10^{-12} Вт$$

$$G_{ПРМЗС} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2 \cdot L_{\downarrow доп} \cdot P_{ш.\Sigma ЗС} \cdot b}{\lambda_{\downarrow}^{\ 2} \cdot ЭИИМ_{КС} \cdot \eta_{пр.ЗС}} \cdot \left(\frac{P_C}{P_Ш} \right)_{\Sigma} =$$

$$= \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (630 \cdot 10^3)^2 \cdot 3{,}41 \cdot 2{,}11 \cdot 10^{-13} \cdot 1{,}26}{0{,}034^2 \cdot 270 \cdot 0{,}8} \cdot 12{,}59 =$$

$$= 25044{,}13$$

Диаметр антенны ЗС в г. Талгар:

$$D_A = \sqrt{G_{ПРМЗС} \cdot \lambda_{\downarrow}^2 / 10 \cdot 0{,}8} = \sqrt{25044{,}13 \cdot 0{,}034^2 / 8} = 2{,}11 \text{ м.}$$

Таблица 5.4 — Результаты расчетов для города Талгар

Город	KazEOSat – 1		KazEOSat – 2	
	$G_{ПРМЗ}$, дБ	D_A, м	$G_{ПРМЗ}$, дБ	D_A, м
Талгар	43,98	1,9	44,9	2,11

Анализируя полученные результаты расчетов для вновь вводимых станций, выбираем для KazEOSat-1 антенну диаметром 2 м., а для KazEOSat-2 антенну диаметром 2,4 м. Так как, они обеспечат запас мощности принимаемого сигнала и возможность увеличения пропускной способности каналов.

5.4 Расчет скорости и период обращения спутников

Спутники для дистанционного зондирования Земли запускают в основном на круговые орбиты. Малое значение эксцентриситета орбиты спутника NOAA-I8, равное e = 1,0008831, достаточно типично. Такой спутник пролетает над различными участками Земли на одинаковой высоте, что обеспечивает равенство условий съемки. Справедливо выражение

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot M \cdot \gamma / R^2$$

В левой части стоит центробежная сила, справа сила притяжения спутника к Земле, Здесь V — скорость спутника на орбите; $R = R_0 + H$ расстояние между спутником и центром Земли, причем R_0= 6370 км — средний радиус Земли; H высота спутника над поверхностью Земли; $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-14} м^3/г \cdot с^2$ —

гравитационная постоянная. Таким образом, $V = (\frac{M \cdot \gamma}{R})^{1/2}$, период обращения спутника

$$T=2 \cdot \pi \cdot R/V$$

Обозначим:

$$B = (M\gamma)^{1/2} = 6{,}31 \cdot 10^2 \text{ км}^{3/2}/\text{с}$$

$$V = B \cdot R^{1/2},$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot R^{3/2}/B.$$

Скорость перемещения подспутниковой точки по поверхности Земли V_3 может быт определена по формуле

$$V_3 = V \cdot R_0/R.$$

Если высота KazEOSat-2 H = 630 км, тогда R = 7000 км. Применяя приведенные формулы, находим, что период обращения T = 99,85 мин, скорость на орбите V=7,47 км/с и скорость перемещения по поверхности Земли V_3 = 6,67 км/с.[2]

5.5 Просмотр изображения космической фотосъемки

Хотя есть растущая популярность для цифровых фотоаппаратов в проектах аэрофотосъемки, наиболее аэрофотосъемка достигнута с аналитической камерой. Порожденный переходом к системам, есть растущая тенденция, чтобы просмотреть воздушные фотографии, с которыми можно нанести растровые изображения на векторную информацию об отображении или на компьютерном мониторе или на печатных заговорах данных. Фотограмметрические проекты отображения требуют просмотра с высокой разрешающей способностью с обычно между 800 и 1600 пунктами за дюйм. Просмотр в этих резолюциях требует больших количеств хранения жесткого диска. Фотограмметрические проекты отображения, как правило, требуют значительного количества фотографических изображений. Фотограмметрические автоматизированные рабочие места, которые вознаграждают объединение просмотренных образов, обязательно передадут под мандат значительную обработку и цифровую вместимость данных.

Серия простых формул вычисляет сумму дискового хранения для фото просмотра. Уравнение 5.7 определяет число растровых пунктов за линию, основанную на пиксельной резолюции.

$$p_1 = p_i \cdot L, \qquad (5.7)$$

где p_1 — пункты за линию;
p_i — резолюция (указывает за дюйм);
L — длина изображения (дюймы) в линии полета.

Число линий просмотра считают с Уравнением 5.8, зависящее от растровой резолюции и ширины структуры изображения.

$$d_1 = p_i \cdot W \quad , \tag{5.8}$$

где d_1 — линии данных;
p_i — резолюция (указывает за дюйм);
W — ширина изображения (дюймы) перпендикуляр к полету.

Полные байты просмотренных данных вычислены с Уравнением 5.9, основанный на пунктах за линию и число линий.

$$\mathrm{d_b} = \boldsymbol{p_1} \cdot \boldsymbol{d_1} \quad , \tag{5.9}$$

где $\mathrm{d_b}$ — полные байты просмотренных данных;
p_1 — пункты за линию;
d_1— число линий данных.

Пример, полная панхроматическая воздушная фотография должна быть просмотрена в резолюции 200 пунктов за дюйм. Фотография охватывает 9 – в. квадратная область.

$$p_1 = p_i \cdot \mathrm{L} = 200 \cdot 9 = 1800 \text{ точек}$$

$$d_1 = p_i \cdot \mathrm{W} = 200 \cdot 9 = 1800 \text{ линии}$$

$$\mathrm{d_b} = p_1 \cdot d_1 = 1800 \cdot 1800 = 3\,240\,000 \text{ байт}$$

Каждый пункт требует 1 байта хранения, таким образом, дисковое пространство для этой единственной панхроматической фотографии требует 3,24 мегабайтов в резолюции 200 пунктов за дюйм.

Не всегда необходимо просмотреть всю фотографию, которая уменьшила бы требования хранения, хижина, которую иногда многократные фотографии съели обязательно просмотренный, чтобы сформировать мозаики. Эта техника добавляет к хранению. Цветные фотографии требуют отдельного просмотра для каждого основного цвета красного, зеленого и синего цвета. Поэтому, цветное хранение требует в три раза больше дискового пространства, чем панхроматический.

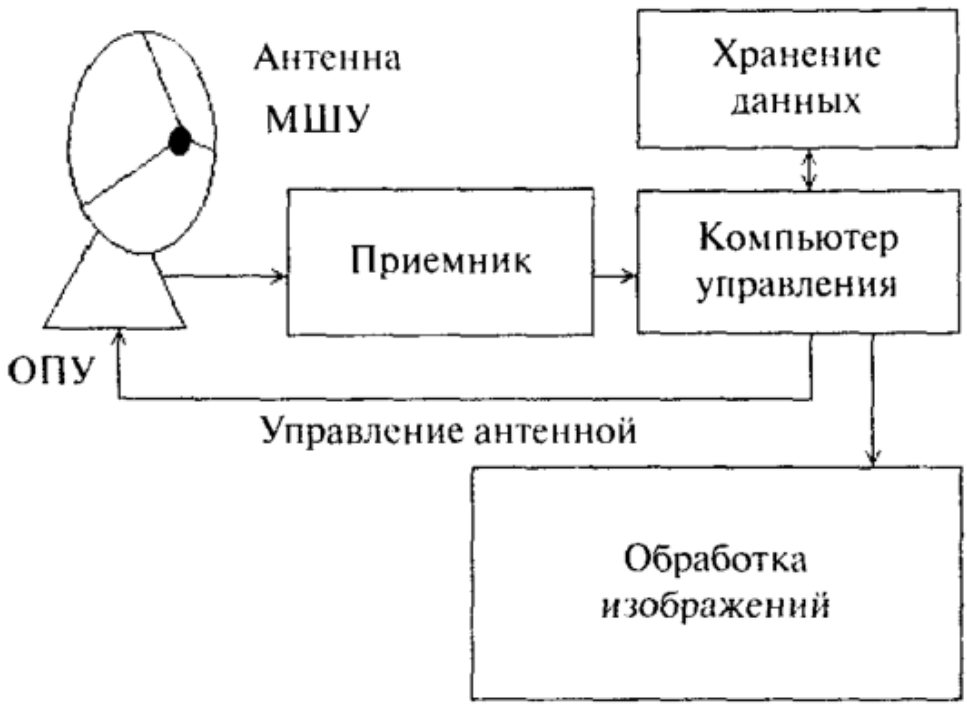

Рисунок 5.3 — Схема наземных станций для приема и обработки данных

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда

Наземный станция приема данных — центр, осуществляющий оперативно – техническое руководство всем комплексом работ, процессов и операций по приему КА. Прием данных осуществляется с рабочих мест, которые оборудованы каналами связи для передачи команд и программ, обмена информацией с пилотами. На рабочих местах операторов установлены средства наглядного отображения получаемой информации, которые позволяют контролировать ход полета, прохождение и исполнение команд и программ.

В данной главе приводится расчет безопасности жизнедеятельности в наземный станций. Здание рассчитано для 18 человек. В дневную смену работают 12 человек: диспетчер по работе с программой, инженер системы передачи данных, начальник отдела, сменный оператор. В ночную смену работает сменный оператор. План приведен на рисунке 6.1.

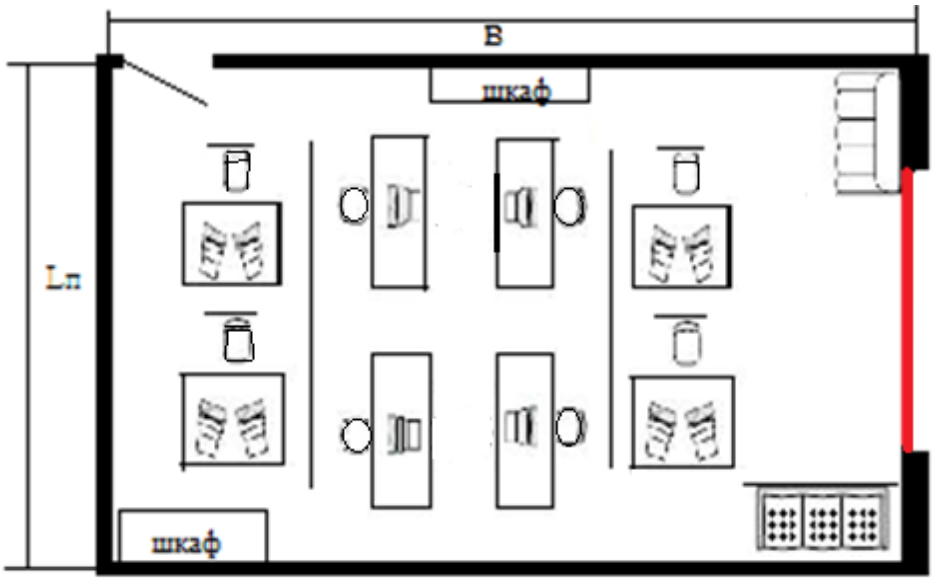

Рисунок 6.1 — Общий план наземного станций

Таким образом, исходные данные для расчета являются следующие:

– система освещения — боковое одностороннее;
– местонахождение наземного станций — г. Талгар;
– наименьший размер объекта различения — 0,4 мм;
– светопропускающий материал — стекло оконное двойное;
– конструкция переплетов — деревянные спаренные вертикально расположенные;
– длина помещения — 10 м;
– глубина помещения —— 12 м;
– высота от рабочей поверхности до верха окна — 4 м;

– расстояние от наружной стены до расчетной точки — 6 м;
– высота помещения — 5 м;
– коэффициенты отражения потолка, стен, пола — 50 %, 30 %, 10 %;
– размеры противостоящего здания — $L_{ЗД}$ = 30 м; $H_{ЗД}$ = 30 м.

Помимо персонального компьютера в помещении также находятся стулья, столы и тумбы.

Одним из важных моментом организации рабочего места является определение занимаемой площади, позволяющая работникам удобно и производительно проводить трудовой процесс. Согласно с СНиП РК 3.02 – 02 – 2009 площадь на одно рабочее место выберается не менее 6 м². В данном помещении на одно рабочее место по расчетам приходится 6,7 м^2 рабочего пространства. Планирования рабочего места соответствует требованиям, изложенных в санитарных нормах и правилах РК.

6.2 Анализ системы освещения рабочего места

6.2.1 Краткая теоретическая часть

В помещених с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение.

Солнце является источником естественного освещения. Требования освещению в помещении можно определяет в основном диффузным светом небосвода, а также отраженным светом, создаваемым излучением, отраженным от земной поверхности.

Естественную освещению можно подразделить на боковое, верхнее и комбинированное.

При одностороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, размещённой на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов.

6.2.2 Расчет естественного освещения

В расчет заключаеться в предварительным определении площади световых проемов при боковом естественном освещении по следующей формуле (6.1):

$$100 \cdot \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_H \cdot K_з \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1} \cdot K_{зд}\,, \qquad (6.1)$$

где S_o — площадь световых проемов при боковом свещении,м^2;
S_n — площадь пола помещения, м^2;
$e_н$ — нормируемое значение КЕО;
Кз = 1,5 — коэффициент запаса, принимают по таблице 3.11 [15].

Далее определяем площадь пола по формуле (6.2):

$$S_n = L \cdot B, \qquad (6.2)$$

Подставив значения в формулу (6.2) получим:

$$S_n = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2.$$

Определяем нормированное значение коэффициента естественной освещенности для района расположения:

$$e_N = e_H \cdot m_N \,, \tag{6.3}$$

$$e_N = 1{,}5 \cdot 0{,}65 = 0{,}97$$

где $e_н$ = 1,5 — значение КЕО при боковом естественном освещении по таблице 3.12 [15];

m = 0,65 — коэффициент светового климата Алматы в наружных стенах с востока по таблице 3.1 [15];

Далее находим световую характеристику световых проемов, при

$$\frac{L_n}{B} = \frac{10}{12} = 0{,}8 \text{ м.}$$

$$\frac{B}{h_1} = \frac{12}{4} = 3 \text{ м}$$

Световая характеристика световых проемов по таблице 3.2[15] равна η_o = 18.

Определяем общий коэффициент светопропускания формулой (6.4):

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \,, \tag{6.4}$$

где τ_1 — коэффициент светопропускания материала,принимаем по таблице 3.3 [15], τ_1= 0,8 — для стекла оконного листового двойного;

τ_2 — коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема, принимаем по таблице 3,4 [15], τ_2 = 0,6 — переплеты стальные, двойные открывающиеся;

τ_3 — коэффициент, при верхнем освещении принимают по таблице 3.5 [15], τ_3= 0,8 — железобетонные и деревянные формы;

τ_4 — коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, принимают по таблице 3.6 [15], τ_4 = 1 — жалюзи и шторы.

$$\tau_0 = 0{,}8 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 0{,}38$$

Определяем коэффициент r_1—для бокового освещения по таблице 3.9. [15]

Для этого находим:

– отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна:

$$\frac{B}{h_1} = \frac{12}{4} = 3 \text{ м};$$

– отношение расстояния между расчетной точкой и наружной стеной к глубине помещения:

$$\frac{L}{B} = \frac{6}{12} = 0{,}5 \text{ м};$$

– отношение длины помещения к его глубине:

$$\frac{L_п}{B} = \frac{10}{12} = 0{,}8 \text{ м};$$

– величину средневзвешенного коэффициента отражения $\rho_{ср}$ потолка, стен и пола:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \rho_3}{3} = 30\ \%$$

Боковая освещения r_1 = 1,15.

Находим коэффициент $K_{зд}$, учитывающий затенение противостоящим зданием при отношении :

$$\frac{L_{зд}}{H_{зд}} = \frac{30}{30} = 1 \text{ м}$$

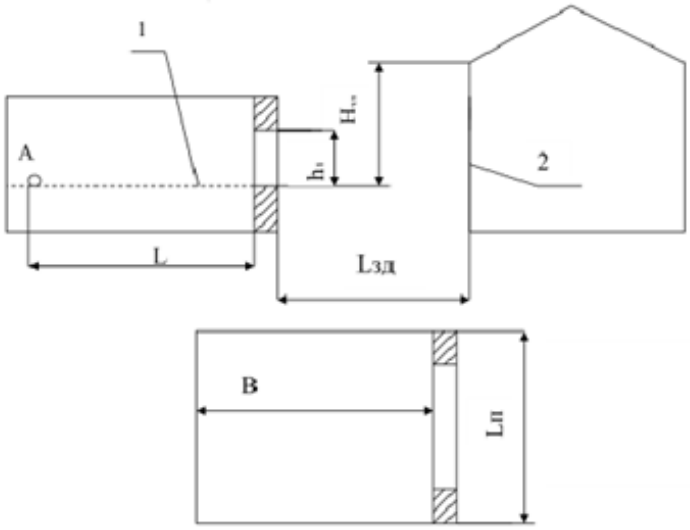

Рисунок 6.2 — план объекта при боковом освещении:

1 — условная рабочая поверхность; 2 — противостоящее здание; А — расчетная точка.

Коэффициент, учитывающий затенение противостоящим зданием равно $К_{зд}$ = 1,4 по таблице 3.8[15].

Определяем площадь световых проемов по формуле:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_H \cdot K_з \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100} \cdot K_{зд} = \frac{120 \cdot 0{,}97 \cdot 1{,}5 \cdot 18 \cdot 1{,}4}{100 \cdot 1.15 \cdot 0.64} = 77{,}5 \text{ м}^2$$

Относительная площадь световых проемов:

$$\sigma_б = \frac{S_0}{S_n} \cdot 100 = \frac{77{,}5}{120} \cdot 100 = 64{,}6\ \%$$

Следовательно, для обеспечения необходимой освещенности в комнате были рассчитаны площадь боковых световых проемов, которые необходимы для создания нормируемой освещенности на рабочих местах для разряда зрительной работы II, в. Так как в помещении световые проемы составляет 64,6 %, то требуются дополнительные источники света и необходимо провести расчет искусственного освещения.

6.2.3 Краткая теоретическая часть

Видами искусственного освещения являются: общее, когда осветительные устройства размещены таким образом, чтобы обеспечить достаточную освещенность в зоне работ, и комбинированную, когда кроме общего освещения, устанавливаются светильники местного освещения для создания более высоких уровней освещенности на рабочих местах, где выполняется напряженная зрительная работа.[15]

Расчет электрического освещения проводится для определения основных параметров осветительной установки: количества и мощность источников света, типа и числа светильников, их размещение, при которых будет обеспечена нормируемая освещенность на рабочих местах.[15]

Для расчета искусственного освещения используют 3 методы расчета:

– метод коэффициента использования светового потока;

– точечный метод;

– метод удельной мощности.

6.2.4 Расчет искусственного освещения методу коэффициента использование

Необходимое количество светильников определяется по формуле (6.5)

$$N = \frac{E_{min} \cdot S \cdot k \cdot Z}{Ф_л \cdot \eta}, \qquad (6.5)$$

где Z – коэффициент неравномерности освещения. Z = 1,1;

η – коэффициент использования светового потока определяется по

Приложению 2 [26];

$Ф_л$– световой поток, создаваемый одной лампой, лм. Для ламп типа ЛБ-30 световой поток равен Ф л = 1740 лм;

E_{min} – минимальная, нормируемая общая освещенность в зале, определяется по таблице Приложения 1[15]. E_{min} = 200 лк;

S – площадь пола;

k – коэффициент запаса. Для помещений, где отсутствует выделение пыли k = 1,5;

Высота подвеса светильников определяется как расстояние между уровнем рабочей горизонтальной поверхности и светильником. В данном случае определяем по формуле (6.6).

$$h_{расч} = H_{помещения} - H_{свеса} - H_{стола}\ , \qquad (6.6)$$

где $H_{свеса}$ = 0 – высота свеса ламп, м;

$H_{стола}$ = 1,2 – расстояние рабочей поверхности над полом, м;

$H_{помещения}$ = 5 – высота помещения, м.

Подставив все значения и получаем высоту подвеса светильников:

$$H_{расч} = 5 - 1{,}2 - 0 = 3{,}8 \text{ м.}$$

Зависимость коэффициент использования светового потока η от площади помещения, высоты и формы учитывается одной комплексной характеристикой – индексом помещения. Индекс помещения *i* определяется по формуле (6.7).

$$i = \frac{S_{помещения}}{(L+B)\cdot h_{расч}}\ , \qquad (6.7)$$

Поствив все значение получаем :

$$i = \frac{120}{(10+12)\cdot 3{,}8} = 1{,}4$$

По приложению 4 [15] определяем группу светильника – 5. Из Приложения 2 [15] находим η = 0,36. По данным можно использование люминесцентных ламп мощностью 30 Вт и световым потоком 1740 лм.

Таким образом, количество ламп равно:

$$\mathrm{N} = \frac{200\cdot 120\cdot 1{,}5\cdot 1{,}1}{1740\cdot 0{,}36} = 64 \text{ шт}$$

Количество светильников:

$$N_{св} = \frac{N}{2} = 32 \text{ шт}$$

Для создания освещенности в 200 лк с разрядом зрительных работ II в помещения в итоге необходимо установить 64 ламп в 32 светильниках, с типом ламп – ЛБ-30 Вт и световым потоком Ф = 1740 лм.

6.3 Анализ оборудования

Характеристики оборудования (компьютер) приведены в таблице 3.1:

Таблица 6.1 – Характеристики компьютера

Производитель	Asus
Процессор	Intel/ Core i5 – 3632QM
Частота процессора	3.2 GHz
ОЗУ	8 Gb
Жесткий диск	520 Gb
Операционная система	Windows 10

Габаритные размеры стола (Ш×Г×В): 130×60×75 см.

6.4 Анализ микроклимата

В таблице 6.2 приведены оптимальные нормы параметров микроклимата с учетом периода года, согласно ГОСТ 12.0.003 – 88. ССБТ для легкой физической работы диспетчера [14].

Таблица 6.2 – Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ПК

Период года	Категория работ	Температура воздуха ^{0}С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая 1б	21 – 23	40 – 60	0,1
Теплый	Легкая 1б	22 – 24	40 – 60	0,2

Мощность, потребляемая одним компьютером, P = 200 Вт. Количество рабочих мест n = 18. Объем помещения 700 $м^3$. В осветительной системе применяется 64 ламп накаливания, мощность одной лампы 30 Вт; светильники открытые подвесные. Площадь остекления помещения $F_{ост}$ = 24 $м^2$.Окна с двойным остеклением и металлическими переплетами выходят на восток. Среднесуточная температура наружного воздуха 17° С.

Определяем необходимое количество кондиционеров для создания комфортных условий труда. Для этого определяем избыточное тепло, которое нобходимо определит по формуле:

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_{л} + Q_{р} + Q_{отд}\,, \qquad (6.8)$$

где $Q_{об}$ – тепло, выделяемое производственным оборудованием;

$Q_{осв}$ – теплопоступление от осветительных приборов, оргтехники и оборудования;

$Q_{л}$ – теплопоступления от людей;

$Q_{р}$ – Теплопоступление от солнечного излучения через остекление;

$Q_{отд}$ – теплоотдача естественным путём. Для тёплого периода года при расчётах можно принять $Q_{отд}$ = 0;

1) Расчитаем тепло, выделяемое производственным оборудованием по формуле:

$$Q_{об} = 860 \cdot \mathrm{P} \cdot n \cdot n_1 \cdot n_2 \ , \qquad (6.9)$$

где 860 — тепловой эквивалент 1кВт·ч, т.е. тепло, эквивалентное1кВт·ч электрической энергии;

P — мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

n — количество телевизоров (определяется по числу рабочих мест);

n_1— коэффициент использования установочной мощности радиотехнических устройств (n_1 = 0,7–0,93), принимаем равным 0,7;

n_2 — коэффициент одновременной работы всех оборудования (принимаем равным 1).

$$Q_{об} = 860 \cdot 0{,}2 \cdot 18 \cdot 0{,}7 \cdot 1 = 2167{,}2 \text{ Вт}$$

2) Расчитаем теплопоступления от искусственного освещения оцениваются выражением:

$$Q_{осв} = 860 \cdot \mathrm{N}_{осв} \cdot n_3 \ , \qquad (6.10)$$

где $\mathrm{N}_{осв}$ — суммарная мощность осветительной системы, кВт;

n_3 — коэффициент использования установочной мощности светильников; для светильников открытых подвесных n_3 = 0,1 (прил. 3)[14].

$$Q_{осв} = 860 \cdot 0{,}03 \cdot 64 \cdot 0{,}1 = 165{,}12 \text{ Вт}$$

3) Расчитаем теплопоступления от солнечной радиации из выражения

$$Q_{р} = 860 \cdot \mathrm{F}_{ост} \cdot \mathrm{q}_{рад} \cdot \mathrm{A}_{ост} \cdot \mathrm{K} \cdot 10^{-3} \ , \qquad (6.11)$$

где $\mathrm{F}_{ост}$ — площадь остекления;

$\mathrm{q}_{рад}$ — количество тепла, поступающего в помещение через 1 м^2 остекленной поверхности, Вт/м^2. Для окон с двойным остеклением и металлическими переплетами $\mathrm{q}_{рад}$ = 186 Вт/м^2 (приложения 4)[14];

$A_{ост}$ — коэффициент. Для двойного остекления равен $A_{ост} = 1{,}15$;

K — коэффициент, учитывающий загрязнение остекления (примем равным 0,8).

Следовательно:

$$Q_р = 860 \cdot 24 \cdot 186 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}8 \cdot 10^{-3} = 3531{,}95 \text{ Вт}$$

4) Оцениваем теплопоступления от обслуживающего персонала соотношением:

$$Q_л = n \cdot q \ , \qquad (6.12)$$

где n — количество работающих в смену;

q — количество явного тепла, выделяемого одним человеком, — зависит от энерготрат организма или категории выполняемых работ. При работе общеобменной вентиляции для легкой I,б работы принимаем q = 85 ккал/ч (приложения 5)[14].

Тогда,

$$Q_л = 18 \cdot 85 = 1530 \text{ Вт}$$

Избытки тепла в помещении $Q_{изб}$ определяем по формуле (6.10):

$$Q_{изб} = 2167{,}2 + 165{,}12 + 3531{,}95 + 1530 = 7394{,}27 \text{ Вт}$$

Необходимый воздухообмен в помещении L оценивается выражением

$$L_b = \frac{Q_{изб}}{C_р + p_b(t_{уд} - t_{прит)}},$$

где $C_р$ — теплоемкость воздуха, ккал/(кг град). Она составляет $C_р$= 0,24 (кг/град);

p_b — плотность воздуха, равная 1,2 кг/ м^3 ;

$t_{уд}$ — температура воздуха, удаляемого из помещения, ° С;

$t_{прит)}$ — температура приточного воздуха, ° С.

Тогда:

$$L_b = \frac{7394{,}27}{0{,}24 + 1{,}2(22 - 17)} = 1184{,}97 м^3/час$$

Для расчета используется расход воздуха 1500 $м^3$/час, которым обладает существующий кондиционер almacom ach-24a . Определяем требуемое количество таких кондиционеров по формуле (3.14)

$$N = \frac{L_b}{P} \ , \qquad (3.14)$$

Поставив значения получим:

$$N = \frac{1184{,}97}{1500} \approx 1 \text{ шт}$$

В результате проделанного расчета, выбераем 1 шт кондиционер ALMACOM ACH-24A.

3.5 Вывод

В разделе безопасность жизнедеятельности произведен анализ условий труда операторов, работающих в наземных станциях. Была представлена общий план рабочего помещения, расчеты естественного и искусственного освещения, а также анализ микроклимата в помещении.

При планирование места для работников были созданы следующие условия: достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования, достаточные физические, зрительные и слуховые связи между работающим человеком и оборудованием, оптимальное размещение рабочих мест в производственных помещениях, необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения трудовых задач, технического обслуживания; установлен кондиционер, который создает идеальный микроклимат, удаляет из помещения избыточную влагу и тепло. Были соблюдены все санитарные нормы и правилы.

Для создания освещенности в помешении с разрядом зрительных работ II в помещения в итоге требовалось установить 64 ламп в 32 светильниках, с типом ламп – ЛБ-30 Вт и для создания комфортных условий труда необходимо 1 шт кондиционер.

7 Технико - экономическое обоснование

7.1 Резюме

Успех Казахстана в XXI веке — это становление его как одного из мировых центров политического и экономического влияния, культурного и нравственного притяжения. Это прорыв к новым рубежам развития, утверждение нового качества жизни и безопасности. В условиях динамичной глобальной конкуренции страна нуждается в идеологии успеха, в проекте успешного Казахстана и программе его строительства.

Республика Казахстан развивает собственную космическую программу в весьма жестких условиях развития мировой космической деятельности:

- во-первых, нарастающая конкуренция между ключевыми участниками космической деятельности (США, Европейское космическое агентство, Япония, КНР), которые занимают на рынке лидирующие позиции, проводят агрессивную маркетинговую политику и фактически поделили рынок между собой;
- во-вторых, казахстанская программа развивается на фоне активного включения государств мирового сообщества, имеющих разный уровень экономико-индустриального развития, в космическую деятельность.

В настоящее время в Казахстане функционируют предприятия по приему данных с космических систем дистанционного зондирования Земли, которые развернули приемные станции в городах Астана, Алматы, Уральск и Атырау, позволяющие получать данные с международных спутников Radarsat (Канада), Aqua (США), Terra (США), и IRS - P6 (Индия). В рамках данной системы решаются частные задачи мониторинга сельскохозяйственных угодий, картирования очагов пожаров и зон затопления, контроля экологической обстановки в кризисных районах.[6]

7.2 Характеристика отрасли

В настоящее время сегмент услуг предоставления данных ДЗЗ мирового рынка характеризуется следующими тенденциями:

- государственный сектор всех уровней продолжает оставаться главным покупателем данных ДЗЗ;
- растет число космических систем ДЗЗ, появление КА ДЗЗ сверхвысокого разрешения новейшего поколения, радарных КА для всепогодной съемки;
- расширяются области применения сверх многоспектральных съемок;
- растет партнерство государства с частным сектором.

Уровень информатизации становится все более значительным критерием оценки могущества и безопасности любого государства и важным средством выработки внутренней и внешней стратегии. Казахстанский рынок ДЗЗ крайне молод и не способен пока воспользоваться всеми потенциалами ДЗЗ в силу отсутствия опыта, а также высоких цен на данные ДЗЗ.

В настоящее время формирование внутреннего рынка данных ДЗЗ сдерживается следующими факторами:

- недостаточный уровень осведомленности о возможностях систем ДЗЗ;
- недостаточная проработанность нормативной и методической основы для использования данных ДЗЗ в Республике Казахстан;
- отсутствие у государственных органов возможностей и современных средств для автоматизированной обработки космических снимков;
- недостаточное количество специалистов, способных заниматься обработкой снимков ДЗЗ.[6]

7.3 Описание услуг

Создаваемая в Республике Казахстан космическая система ДЗЗ будет иметь в своем составе 2 КА, характеристики которых соответствуют лучшим характеристикам аналогичных передовых КА ДЗЗ с оптической аппаратурой и позволят удовлетворить текущие потребности внутреннего рынка ДЗЗ.

7.4 Анализ рынка сбыта

В соответствии с задачами по реализации стратегии предполагается, что конечными потребителями услуг на внутреннем рынке станут государственные структуры и ведомства, национальные компании, корпорации телекоммуникационного и транспортного сектора, а также массовый потребитель. На внешнем рынке основными потребителями продукции и услуг компании станут транснациональные компании, крупные международные аэрокосмические и телекоммуникационные корпорации, а также организации, осуществляющие маркетинг данных ДЗЗ на мировом космическом рынке.

По проекту «создание национальной космической системы дистанционного зондирования земли»:
- министерство оборон РК;
- министерство энергетики и минеральных ресурсов РК;
- министерство индустрии и торговли РК;
- министерство транспорта и коммуникаций РК;
- министерство по чрезвычайным ситуациям РК;
- министерство сельского хозяйства РК;
- министерство охраны окружающей среды РК;
- комитет национальной безопасности РК;
- агентство РК по управлению земельными ресурсами;
- местные исполнительные органы РК;
- научные организации РК;
- международные компании, осуществляющие маркетинг данных дзз на мировом рынке (geoeye, digitalglobe, radarsat, imagesat international, antrix corp., spotlmage);[6]

7.5 менеджмент

Одной из актуальных проблем в деятельности компании является обеспечение структурных подразделений профессионально подготовленными специалистами, имеющими профильное базовое образование и практические навыки по проектированию, созданию и эксплуатации космических систем и комплексов.

Для решения поставленной задачи в компании разработана и утверждена политика, включающая систему оценки, мотивации, профессионального обучения и развития персонала в соответствии со стратегическими целями компании. Проводится работа по привлечению и закреплению в компании лучших специалистов.

Сильной стороной компании является профессиональный топ-менеджмент. Высокий образовательный уровень и опыт работы в производственной и научной сфере, в Космической деятельности, руководства компании обеспечивает высокий профессионализм и компетентность управленцев.[6]

7.6 Стратегия маркетинга

Первые казахстанские спутники ДЗЗ предназначены для мониторинга казахстанского сектора каспийского моря. Планируется, что 2 казахстанских оптических спутника и 2 российских радиолокационных войдут в совместную группировку ДЗЗ двух государств, что позволит сэкономить средства и России, и Казахстану в системе глобального мониторинга за каспийским регионом.[6]

Маркетинговая стратегия программ по созданию коммерческих систем ДЗЗ основывается на продвижении в область высокого пространственного разрешения на уровне 0,5 – 1 м. Потребности рынка изображений к 2011 году оцениваются следующим образом: 65 % – с разрешением менее 1 м; 25 % – 1 м; 7 % – 2-5 м; 3 % – хуже 5 м.

Действия, направленные на стимулирование спроса. Заключаются в предоставлении части услуг бесплатно или по сниженным тарифам, они могут проводиться во время рекламной кампании. Реализация действий по стимулированию спроса поможет охватить широкий круг потенциальных клиентов, покажет доступность и необходимость использования предоставляемых услуг.

7.7 Финансовый план

7.7.1 Расчет инвестиционных затрат

Капитальные вложение включают в себя стоимость оборудования, монтажных работ и транспортных услуг. Таблица 16 затраты на оборудование.

Общие капитальные вложения:

$$К = К_0 + К_м + К_{тр}\ , \qquad (7.1)$$

где $К_О$ - затраты на оборудование;

$К_М$ - капитальные вложения на монтажные работы;

$К_{ТР}$ - капитальные вложения на транспортные расходы (5-10% от стоимости оборудования).

Т а б л и ц а 16 - Затраты на оборудование

Наименование видов оборудования	Количество, шт	Цена, тг	Сумма, тг
1 Приемо-спутниковая антенна	2	300 000	400 000
2 Анализатор спектра	2	2 625 000	5 250 000
3 Конвертор X -диапазона	2	20 000	40 000
4 Ресивер	2	20 000	30 000
5 Фильтр X диапазона	2	15 000	40 000
6 Усилитель	2	15 000	30 000
7 Программно-аппаратный комплекс TTS	2	3 050 000	6 100 000
8 Сплиттер	2	2 500	5 000
9 Станина приемной антенны	2	200 000	600 000
10 Источник питания	4	15 000	30 000
11 Источник бесперебойного питания (UPS)	2	80 000	160 000
12 Стереомониторы PLANAR	4	350 000	1 500 000
13 Приемник	2	255 000	510 000
14 Сервер для хранение данных	2	750 000	1 400 000
15 Компьютер	10	150 000	1 500 000
Итого			17 595 000

Капитальные вложения на транспортные расходы:

$$К_{тр} = К_0 \cdot 0{,}05 = 1759500 \cdot 0{,}05 = 879750 \text{ тенге} \qquad (7.2)$$

Т а б л и ц а 17 - Капитальные вложения

Наименование статей	Сумма, тг
Затраты на оборудование	17 595 000
Капитальные вложения на монтажные работы	15 000 000
Капитальные вложения на транспортные расходы	879 750

Общие капитальные вложения	9 408 750

Общие капитальные вложения:

$$К = 17595000 + 15000000 + 879750 = 33474750 \text{ тенге}$$

5.7.2 Эксплуатационные расходы

В процессе обслуживания и предоставления услуг связи осуществляется деятельность, требующая расхода ресурсов предприятия. Сумма затрат за год и составит фактическую производственную себестоимость или величину годовых эксплуатационных расходов.

$$\sum Э = ФОТ + Ос + Э + А_0 + М + Пч + Н \quad , \qquad (5.3)$$

где ФОТ - фонд оплаты труда всех работников предприятия;

Ос - социальный налог;

М - материальные затраты и запасные части (расходы на запасные части и текущий ремонт составляют 0,5% от капитальных вложений);

Э - затраты на электроэнергию;

Ао - амортизационные отчисления;

Пч - платежи за использование частот;

Н - накладные расходы (косвенные расходы, сюда можно отнести все неучтенные расходы - управленческие, хозяйственные, затраты на обучение кадров, транспортные расходы). Обычно это 75% от себестоимости. На таблице 18 указаны заработные платы работников.

Т а б л и ц а 18 - Заработная плата сотрудников

Наименование категории работников	Численность по штату, чел	Мес. ЗП, тг	Итого по категории, тг	Годовая ЗП, тг
Руководитель комплекса	2	225 000	450 000	5 400 000
Научный консультант	2	180 000	360 000	4 320 000
Оператор по обработке снимков	6	120 000	720 000	8 640 000
Оператор наземной станции и технического обслуживания системы	2	160 000	320 000	3 840 000
Оператор динамического имитатора спутника и базы данных	2	160 000	320 000	3 840 000
Оператор по безопасности системы	2	180 000	360 000	4 320 000
Итого	16	1 025 000	2 530 000	30 360 000

Определим фонд оплаты труда ФОТ:

$$ФОТ = З_{осн} + З_{доп} \ , \qquad (7.4)$$

где $З_{осн.}$ - основная заработная плата;

$З_{доп.}$ - дополнительная заработная плата.

Дополнительная заработная плата составит 20 % от основной:

$$З_{доп} = 30360000 \cdot 0{,}2 = 6072000 \text{ тенге}$$

Тогда ФОТ составит:

$$ФОТ = 30360000 + 6072000 = 36432000 \text{ тенге}$$

Отчисления в пенсионный фонд составляют 10 % от ФОТ:

$$ПФ = 0{,}1 \cdot ФОТ \ , \qquad (7.5)$$

$$ПФ = 0{,}1 \cdot 36432000 = 3643200 \text{ тенге}$$

Социальный налог составит 11 % от ФОТ. Тогда с вычетом пенсионного фонда социальный налог составит:

$$О_с = 0{,}11 \cdot (ФОТ - ПФ) \qquad (7.6)$$

$$О_с = 0{,}11 \cdot (36432000 - 3643200) = 3606768 \text{ тенге}$$

Нормы амортизационных отчислений для отрасли связи составляют до 25 % в год. Примем норму амортизации равной 15 %:

$$А_0 = К \cdot \frac{Н_а}{100} \ , \qquad (7.7)$$

$$А_0 = 33474750 \cdot 0{,}15 = 5{,}021212{,}5 \text{ тенге}$$

Материальные затраты и расходы на запасные части и текущий ремонт составляют 0,5 % от капитальных вложений:

$$М = К \cdot \frac{0{,}5\ \%}{100\ \%} \ , \qquad (7.8)$$

$$М = 33474750 \cdot 0{,}005 = 167373{,}7 \text{ тенге}$$

Затраты на электроэнергию для производственных нужд, включают в себя

расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные.

$$Э = З_{эл.эн.обор} + З_{доп.нуж} \ , \qquad (7.9)$$

$$З_{эл.эн.обор} = W \cdot S \cdot T \ , \qquad (7.10)$$

где W – потребляемая мощность;
T – время работы, T = 8760 ч/год;
S – тариф, 1кВтч = 17 тенге.

Потребляемая мощность наземных комплексов 2 kВт

$$З_{эл.эн.обор} = 28760 \cdot 17 = 488920 \text{ тенге}$$

Затраты электроэнергии на дополнительные нужды возьмем по укрупненному показателю 5 % от затрат на электропитание оборудования:

$$З_{доп.нуж} = 0{,}05 \cdot З_{эл.эн.обор} \ , \qquad (7.11)$$

Определим затраты электроэнергии на дополнительные нужды:

$$З_{доп.нуж} = 0{,}05 \cdot 488920 = 24446 \text{ тенге}$$

Тогда затраты на электроэнергию для производственных нужд:

$$Э = 488920 + 24446 = 513366 \text{ тенге}$$

Платеж за получение разрешительных документов на использование спутниковых радиочастот составит

$$П_ч = 1\ 500\ 000 \text{ тг.}$$

Накладные расходы составляют 75 % от себестоимости:

$$Н = 0{,}75 \cdot С \qquad (7.12)$$

Эксплуатационные расходы без накладных расходов приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Годовые эксплуатационные расходы без учета накладных расходов

Показатель	Сумма, тенге
1 Фонд оплаты труда	36 432 000
2 Отчисления на социальный налог	3 606 768

3 Амортизационные отчисления	5 021 212,5
4 Материальные затраты	167 373,75
5 Затраты на электроэнергию	239 148
6 Платежи за использование радиочастот	1 500 000
Эксплуатационные расходы без накладных расходов	46 966 502,25

Определим накладные расходы:

$$Н = 0{,}75 \cdot 46966502{,}3 = 35224876{,}7 \text{ тенге}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы (рисунок 7.1) составят:

$$\sum Э = 46966502{,}3 + 35224876{,}7 = 82191378{,}94 \text{ тенге}$$

Диаграмма структуры эксплуатационных затрат приведена на рисунке 7.1.

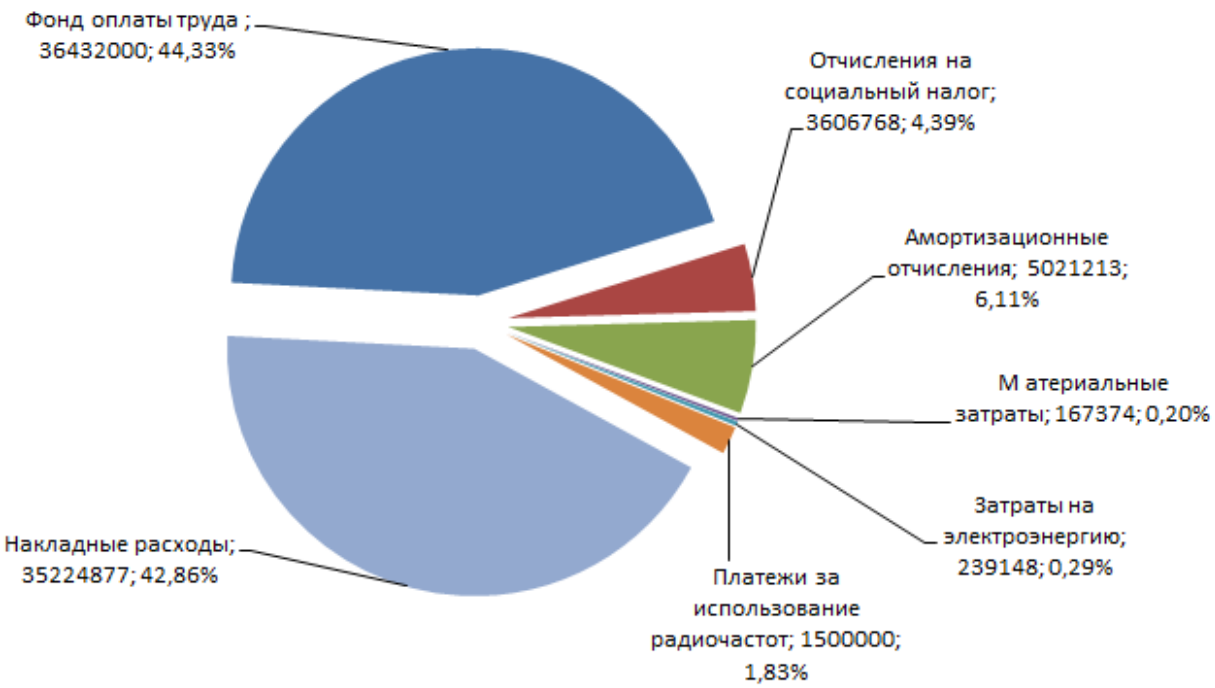

Рисунок 7.1 — Диаграмма структуры эксплуатационных затрат

7.7.3 Доходы предприятия

Целью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является максимальное удовлетворение потребностей национальных экономик. Главное направление — развитие системы общедоступных сервисов по обеспечению потребителей как первичными данными, так и максимально унифицированными продуктами ДЗЗ, в первую очередь на основе глобальных информационных интернет-технологий удаленного доступа. К этому направлению развития относится

повышение эффективности работы геопорталов за счет расширения пользовательских функций доступа к продуктам ДЗЗ стандартных уровней обработки

Доходы предприятия – это денежные средства, получаемые за предоставляемые услуги. Доход от предоставления услуг – средства, которые предоставляются в распоряжение предприятия за выполненный объем услуг и служат источником покрытия затрат и образования прибыли.

Доход от предоставления снимков платного характера:

$$\sum Д = \sum N_{ij} \cdot T_{ij} \cdot 12 \ , \qquad (7.13)$$

где N - количество покупателей;

T – тариф на снимки;

i - категория покупателей;

j - категория услуги;

Доход от новых покупателей:

$$\sum Д = \sum N_{ij} \cdot T_{ij} \ , \qquad (7.14)$$

где N - количество покупателей;

T - стоимость предоставляемых данных.

Доход от аренды спутниов ДЗЗ:

$$\sum Д = \sum N_{ij} \cdot T_{ij} \ , \qquad (7.15)$$

где N - количество арендаторов;

T - стоимость аренды спутника.

Так как данные ДЗЗ привлекают как простой народ, так и крупные компаний и правительственные органы.

Тогда доход от реализации услуг составит (таблица 20):

Таблица 20 — Доход от реализации услуг ДЗЗ

Вид услуги		Кол-во пользователей, чел	Стоимость снимков за 1 кв.км	Доход в месяц, тг	Доход в год, тг
Продажа снимков, данных ДЗЗ		1 000 000	0	5 600 000	67 200 000
Покупателям с Казахстана	физич. лица	250 000	1 000	500 000	6 000 000
	юридич.	1 000	3 000	600 000	7 200 000

	лица				
Иностранцам	физич. лица	700 000	1 500	1 500 000	18 000 000
	юридич. лица	10 000	4 000	3 000 000	36 000 000

Таблица 21 – Доход от аренды данных спутников ДЗЗ

Вид услуги	Кол-во арендаторов	Доход в месяц, тг	Доход в год, тг
Аренда спутника	7	5 000 000	60 000 000

Прибыль от основной деятельности:

$$П = \sum Д_{реал} - \sum Э \ , \qquad (7.16)$$

Корпоративный подоходный налог:

$$КПН = Н_{ст} \cdot П \ , \qquad (7.17)$$

где $Н_{ст} = 0{,}2$ - налоговая ставка.
Налогооблагаемая прибыль:

$$П_{нал} = П - КПН \ , \qquad (7.18)$$

Фонд накопления (ФН) состоит из 70 % от налогооблагаемой прибыли, оставшейся в распоряжении предприятия:

$$ФН = 0{,}7 \cdot П_{нал} \ , \qquad (7.19)$$

Ожидаемое чистое денежное поступление:

$$ОЧД = ФН + А_0 \ , \qquad (7.20)$$

Все данные внесем в таблицу 22.

Т а б л и ц а 22 - Финансовые показатели

Доход, тг	Прибыль от основной деятельности, тг	Корпоративный подоходный налог, тг	Налого-облагаемая прибыль, тг	Фонд накопления, тг	ОЧД, тг
127 200	45 008 622	9 001 724	36 006 89	25 204 828	30 226 040

000			7		

7.7.4 Расчет показателей экономической эффективности

Коэффициент экономической эффективности рассчитываем по формуле:

$$E = \frac{Д - Э}{К} \quad , \qquad (7.21)$$

$$E = \frac{30226040}{33\,474\,750} = 0{,}90$$

Срок окупаемости – это величина, показывающая, за какой период времени произойдет возврат денежных средств (капитальных вложений):

$$T=1/E$$

T = 1/ 0,90 = 1,1 года, т.е. 13 месяцев

Итак, срок окупаемости данного проекта составит 13 месяцев.

Заключение

В условиях развивающегося огромными темпами рынка телекоммуникаций и спутниковой деятельности необходимость повсеместного обеспечения данными со спутников ДЗЗ возрастает. Правительственные органы, а также компаний и простые люди заинтересованы в продуктах (фотографий, снимки и т.д.) ДЗЗ.

В настоящее время в Казахстане функционируют наземные комплексы по приему данных с космических систем дистанционного зондирования Земли, которые развернули приемные станции в городах Астана, Алматы, Уральск и Атырау. В рамках данной системы решаются частные задачи мониторинга сельскохозяйственных угодий, картирования очагов пожаров и зон затопления, контроля экологической обстановки в кризисных районах.

При расчете антенны на X диапазон получены следующие значения: диаметр антенны составил 2,4м коэффициент усиление антенны 41,3 дБ. Антенны данного диаметра будет достаточно для качественного приема полезной информации.

По безопасности жизнедеятельности были рассмотрены вопросы освещения и микроклимат наземного комплекса.

Составленное технико-экономическое обоснование проекта наземного комплекс приема подтверждает экономическую эффективность предложенного решения. Срок окупаемости проекта составил 13 месяцев.

Список литературы

1. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие/ О.С.Токарева; Томск, 2010.
2. Дистанционно зондирование Земли из космоса/ Кашкин В.Б.,Сухинин А.И.; Логос, 2001.
3. Цифровая обработка аэрокосмических изображений; Красноярск, 2008.
4. Engineering and design: Remote Sensing/ 1 october 2003
5. Remote Sensing /CRC Press LLC, 2002.
6. Gharysh.kz
7. Космические исследования и технологии; международный журнал о космонавтике/ 01/ 2013.
8. Дистанционное зондирования земли/ А.А.Воробьева; Санкт-Петербург, 2012.
9. innoter.com/satellites
10. http://ecoruspace.me/KazEOSat+1
11. http://www.aipet.kz/student/diplom/2014/frts/tks/tks_ru/14.pdf
12. http://www.voxpopuli.kz/
13. Расчет линий спутниковой связи / С.Елеферов / Дубна, 2006.
14. Нормализация воздушной среды в производственных помещениях.
15. Расчет производственного освещения/ Феоктистова/Москва, 2013.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РАСЧЕТ_Орбитрон.txt — Блокнот

Файл Правка Формат Вид Справка

```
Прохождения спутников / Orbitron 3.71 / www.stoff.pl

Место наблюдения : Talgar (77.1400° B, 43.1800° C)
Часовой пояс     : UTC +6:00
Интервал поиска  : 2016-06-02 09:59:25 - 7 дней
                   2016-06-09 09:59:25
Условия          : Максимальная высота солнца = 10 гр
                   Минимальная высота спутника = 10 гр
                   Освещение обязательно

Время               Спутник              Азим. Выс. Зв.в Дист. С.ази С.выс
-----------------------------------------------------------------------
2016-06-02 21:56:35 KAZEOSAT 1           109.7 14.9    ?  1956 319.3 -13.4
2016-06-02 21:59:33 KAZEOSAT 1            64.6 25.0    ?  1489 319.9 -13.8
2016-06-02 22:03:36 KAZEOSAT 1            10.9 10.0    ?  2288 320.8 -14.2

2016-06-02 23:15:15 KAZEOSAT 2            41.5 10.1    ?  1986 336.6 -21.0
2016-06-02 23:18:20 KAZEOSAT 2            87.0 22.4  зтм  1343 337.4 -21.2
2016-06-02 23:18:20 KAZEOSAT 2            87.0 22.4  зтм  1343 337.4 -21.2

2016-06-02 23:36:30 KAZEOSAT 1           220.7 32.5    ?  1257 341.7 -22.4
2016-06-02 23:38:02 KAZEOSAT 1           261.7 41.3    ?  1076 342.1 -22.5
2016-06-02 23:42:47 KAZEOSAT 1           332.4 10.1    ?  2284 343.3 -22.7

2016-06-03 00:51:01 KAZEOSAT 2           354.3 10.1    ?  1985   0.4 -24.5
2016-06-03 00:54:53 KAZEOSAT 2           290.7 33.2    ?  1040   1.4 -24.5
2016-06-03 00:55:32 KAZEOSAT 2           271.8 31.5    ?  1078   1.5 -24.5
```

Рисунок 1 — Расчет прохождения спутников над заданной точке

	A	B	C	D	E	F
1	r	L atmRain(p=0,01)	L amRain(p)	L atm		
2	0,802412407	0,881799	0,12826127	0,533	3,41	
3						
4						
5						
6				Pn	2,112E-12	
7						
8			ЭИИМ	Gprm	Da	
9	2,968280623	kazeosat 1	270	25044,13	1,902334534	
10				43,98706		
11		kazeosat 2	270	30918,68	2,113705037	
12	P prm	Lo	ЭИИМ КС	44,90221		Da КС
13	2,47318E-10	3,79E+17	100953,175	6309,573	Коэф усил ант КС	0,954847
14	-96,067447			39861,59	коэф усил ант ЗС	

Рисунок 2 — Расчеты в MS Excell