МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»
Кафедра Телекоммуникационные системы

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»

Зав.кафедрой _____
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «____» _____201___г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Разработка системы мониторинга уровня воды Мореного озера №6 в горах Заилийского Алатау

Специальность 5В071900 Радиотехника, электроника и телеком

Выполнила Седова А.А. (Ф.И.О.) Группа МТС 12-5

Научный руководитель ст. пр. каф. ТКС Гладышева Н.Ф.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «20» 05 2016 г.
(подпись)

Консультанты:

по экономической части:

доцент Боканова Г.Ш.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «3» мая 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

ст. препод. Бенилбетова
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «3» мая 2016 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

к.т.н., ст. препод. Ефремова Ю.И.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «24» мая 2016 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Дельгидова Г.Д., ст. пр-ль
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «25» мая 2016 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «____» _____201___г.
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет Радиотехники и связи

Кафедра Телекоммуникационных систем

Специальность 5В071900 Радиотехника, электроника и телекоммуникации

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студенту Седовой Александре Алексеевне
(Ф.И.О.)

Тема проекта Разработка системы мониторинга уровня воды Меденого озера №6 в горах Заилийского Алатау

Утверждена приказом по университету №_____ от «__» _____ 201___ г.

Срок сдачи законченного проекта «_____»_____201___г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта): _____

Диапазон частот, ГГц	14/11
Диаметр антенны, м	1,8
Шумовая температура, К	24
Эффективная полоса частот, МГц	2
Отношение Pc/Pш, дБ	16
КПД АФТ	0,8

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта: _____

1 Обзор систем мониторинга уровня воды в открытых водоемах
2 Выбор оптимальной технологии связи в горной местности
3 Характеристика системы спутниковой связи по требованию VSAT
4 Выбор оборудования

5 Расчетная часть
6 Безопасность жизнедеятельности
7 Бизнес-план

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1 План расположения морских объектов близ города Мурманск
2 Зона покрытия оборудованием SkyLink
3 Топология „Star" сети VSAT
4 Расположение компонентов центральной станции в стойке
5 Карта зоны обслуживания KazSat-3
6 Функциональная схема организации системы мониторинга
7 План помещения
8 Диаграмма уровней на участке ЗС-КС
9 Диаграмма уровней на участке КС-ЗС

Основная рекомендуемая литература:

1 Система спутниковой связи / А.М. Бонч-Бруевич, В.А. Боков, Л.Я. Кантор – М.: Радио и связь, 1987. – 190 с.
2 Кантор Л.Я., Финодеев В.В. Спутниковая связь и проблема геостационарной орбиты, 1988. – 320 с.
3. Л.Г. Мордухович, А.П. Степанов Системы радиосвязи Курсовое проектирование 1987 – 190 с.

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БЖД	Бекмембетова А.С.	01.04-30.05.16	
Экономическая часть	Боканова Г.Ш	01.04-28.05.16	
Вычислительная техника	Ефремова Ю.И.		
Расчетная часть	Гадылева Н.Н	03.05.2016	
Нормоконтроль	Демидова Т.Д	25.5.2016	

Продолжение приложения Н

График

подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1 Обзор систем мониторинга уровня воды в открытых водоемах	05.02.16-23.02.16	
2 Выбор оптимальной технологии связи в горной местности	23.02.16-25.02.16	
3 Характеристика системы спутниковой связи по требованию VSAT	25.02.16-3.03.16	
4 Выбор оборудования	4.03.16-6.03.16	
5 Выбор терминала VSAT	6.03.16-16.03.16	
6 Выбор оборудования для измерения уровня воды	16.03.16-25.03.16	
7 Расчетная часть	25.03.16-04.03.16	
8 Расчет ослабления уровня сигнала из-за рефракции и неточности наведения антенны на ИСЗ	04.03.16-25.03.16	
	26.03.16-03.04.16	
9 Суммарная шумовая температура		
10 Энергетический характеристики радиоизлучения	04.04.16-15.04.16	
11 Безопасность жизнедеятельности	15.04.16-22.04.16	
12 Экономика	22.04.16-03.05.16	

Дата выдачи задания «___» _____ 201___г.

Заведующий кафедрой _____ (_____)

(подпись) (Ф.И.О.)

Научный руководитель проекта _____ (Гладышева Н.Н.)

(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению студент _____ (Седова А.А.)

(подпись) (Ф.И.О.)

Аңдатпа

Дипломдық жобада Іле Алатауды тауларында серіктік байланыс арқылы морендік көл суының деңгейін өлшеу сұрақтары қарыстырылған. Осы жұмыста байланыс түрін таңдау анализі жүргізілген және VSAT технологиясынын тандалған қадалғаларды комплекстік суды бақылау жүйесі құрастырылған. KazSat-3 серігі қолданған құрастырылған жүйенің ерекшелігімен сипаттамасы келтірілген.

Есептік бөлімінде энергетикалық есебі жоғары және төмен Іле Алатау – KazSat-3 – Алматы келтіріледі.

Бизнес-жоспар экономикалық жобаның тиімділігін растайды. Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімінде іс-шаралар еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы қарастырылған.

Аннотация

В данном дипломном проекте рассматриваются вопросы организации спутниковой линии связи для мониторинга уровня воды моренного озера №6 в горах Заилийского Алатау. В работе произведен анализ выбора наиболее подходящей связи для горной местности и была разработана комплексная система контроля за уровнем воды, с использованием технологии VSAT и выбранных датчиков. Приводятся характеристики проектируемой системы передачи данных с использованием спутника KazSat-3.

В расчетной части произведен энергетический расчет спутниковой линии вверх и линии вниз (Заилийский Алатау-KazSat3-Алматы).

Бизнес-план подтверждает эффективность проекта с экономической стороны. В разделе Безопасность жизнедеятельности рассмотрены мероприятия по охране труда и технике безопасности.

Annotation

In this project addresses issues of organization the satellite link for monitoring the water level of the lake moraine №6 in the mountains Zailiyskiy Alatau. The paper made an analysis to select the most suitable due to mountainous terrain and a complex system of control over the water level has been developed, using VSAT technology and selected sensors. Considered characteristics of the projected data communication system using KazSat-3 satellite.

In the calculation part provides energy calculation of the satellite uplink and downlink (Zailiyskiy Alatau-KazSat3-Almaty).

The business plan confirms the effectiveness of the project from the economic side. In the health and safety section reviewed activities of health and safety.

Содержание

Введение 8
1 Обзор систем мониторинга уровня воды в открытых водоемах 10
1.1 Требования к создаваемой системе мониторинга 10
1.2 Обзор существующей системы экологического мониторинга 13
1.3 Выбор оптимальной технологии связи в горной местности 15
1.3.1 Обзор волоконно-оптической линии связи 15
1.3.2 Обзор сотовой системы связи GSM 16
1.3.3 Обзор системы на основе радиорелейной линии связи 17
1.3.4 Обзор системы передачи на основе спутниковой системы связи 17
1.4 Характеристика системы спутниковой связи по требованию VSAT 18
1.4.1 Описание систем СС VSAT 18
1.4.2 Выбор топологической схемы VSAT-сети 19
2 Выбор оборудования 20
2.1 Сравнительный анализ оборудования разных производителей 20
2.2 Состав оборудования SkyEdge 21
2.2.1 Центральная станция 21
2.2.2 Радиочастотный передатчик 23
2.2.3 Модулятор SkyEdge II 23
2.2.4 Инкапсулятор IP SkyEdge II (IPE) 24
2.2.5 Многоканальный приемник(MCR) 24
2.2.6 Сервер протокола данных(DPS) 24
2.2.7 Общийпроцессор центральной станции(UHP) 25
2.3 Выбор терминала VSAT 25
2.4 Антенна VSAT 26
2.5Наружный модуль 28
2.6 Выбор спутникового сегмента 29
3 Выбор оборудования для системы измерения уровня воды 31
3.1 Выбор датчика для измерения уровня воды 31
3.2 Базовый радиомодуль BR20 33
3.3 Программное обеспечение Accutech Manager 33
3.4 Общая функциональная схема организации мониторинга уровня воды моренного озера №6 34
4 Расчетная часть 35
4.1 Расчет параметров установки антенн земных станций 39
4.1.1 Расчет затухания сигнала при распространении сигнала 40
4.1.2 Расчет дополнительного затухания энергии сигнала на линиях вверх и вниз 42
4.1.3 Расчет потерь сигнала в нормальной атмосфере 42
4.1.4 Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного дождем 44
4.1.5 Расчет ослабления уровня сигнала, из-за рефракции и неточности наведения антенны на ИСЗ 49
4.1.6 Суммарная шумовая температура 50

4.1.7 Энергетические характеристики радиолинии 51
5 Безопасность жизнедеятельности 53
5.1 Анализ условий труда в используемом помещении 53
5.1.1 Характеристика помещения 53
5.1.2 Нормирование параметров микроклиматических условий 56
5.2 Анализ системы освещения рабочего места 57
5.2.1 Расчет естественного освещения 57
5.2.2 Расчет искусственного освещения 60
5.3 Мероприятия по улучшению системы кондиционирования 62
5.4 Оснащение помещений средствами противопожарной безопасности и средствами пожаротушения 64
6 Бизнес-план 66
6.1 Резюме 66
6.2 Характеристика отрасли 67
6.3 Описание услуги 67
6.4 Рынок сбыта 67
6.5 Менеджмент 68
6.6 Стратегия маркетинга 68
6.7 Финансовый план 69
6.7.1 Капитальные затраты 69
6.7.2 Расчет годовых эксплуатационных затрат 70
6.7.3 Расчет показателей экономической эффективности 74
Заключение 75
Список литературы 76
Приложение А Энергетический расчет линии вниз 78
Приложение Б Энергетический расчет линии вниз 80
Приложение В Диаграмма уровней 82
Приложение Г Электронная версия ДП и демонстрационные видеоматериалы (CD-R)
Приложение Д Раздаточные материалы (формат А4 -10 листов)

Введение

По законодательству Республики Казахстан государственный мониторинг открытых водоемов является неотъемлемой частью государственного мониторинга чрезвачайных ситуаций и природных ресурсов, осуществляется на всех водных объектах, которые составляют водный фонд страны.

Алматы является селеопасной зоной, одной из причин схода селя могут быть мореные озера, которых в г. Алматы очень много. Мореной называют неоднородную смесь обломочного материала: ледниковые глыбы, глинистый материал, осадки. Моренное озеро №6, лежащее у ледника Маншук Маметовой, является крайне опасной угрозой, происходит сильное заполнение водой морены, которая может сползти, а вода и глина озера обрушится на город. Мореное озеро №6 нависло ледяной чашей над г. Алматы, этот водоём то увеличивается, то уменьшается в размерах и объеме. По расчетам Гос. Учреждения «Казселезащита», длина озера составляет 258 метров, ширина около 136 метров, усредненная глубина - 9,3 м., максимальная - 20,9 м. Площадь поверхности озера составила 24,7 квадратных метров, объем воды - 275±10 тыс. м^3.В случае прорыва морены в ущелье реки Малая Алматинка может пройти опаснейший селевой поток и снести все на своем пути. В этих горах находится Или-Алатауский государственный парк, различные спортивные объекты и сооружения, такие как высокогорный каток Медео и горнолыжный курорт Чимбулак, на которых ежедневно отдыхают тысячи жителей Алматы и гостей города.

В настоящее время наибольшую опасность для г. Алматы представляет озеро №6 на леднике Маншук Маметовой. По данным Казселезащиты, при прорыве этого озера с расходом, превышающим критическое (для селеформирования) значение, может сформироваться сель с объемом более 10 млн. м^3. Такой сель, заполнив селехранилище в урочище Медеу, может разрушить восточную половину г. Алматы. Величина риска в ближайшее десятилетие, по расчетам, составляет 100 млн. USD. Превентивное опорожнение этого озера может быть проведено с использованием гидравлического метода или метода опорожнения с использованием бульдозера и сифонов[1]. Моренау ледника Маншук Маметовой –большая проблема для МЧС.В 1921 году по реке Малая Алматинка сель дошел по ущелью практически до центра города. Булыжники катились по улицам, за 5 часов большая часть Алматы была разрушена и залита грязью и камнями. Погибло более 500 человек. Чтобы избежать потерь нужно постоянное наблюдение за озером, круглосуточный мониторинг уровня воды, чтобы в случае необходимости своевременно опорожнять озеро и предупреждать людей об опасности.

Мониторинг труднодоступных, удаленных объектов всегда был одной из важнейших задач, так как предотвращение и предупреждение об аварийной ситуации намного лучше и выгоднее, чем ликвидация последствий.

В данной работе мы должны выбрать оптимальный вид связи для данной местности, так как рельеф с большим перепадом высот, могут возникнуть трудности с установкой аппаратуры и бесперебойной ее работой. Так как озеро находится в высокогорной местности, использовать проводную связь (ВОЛС) весьма сложно технически и неэффективной экономически. Организация РРЛ в горной местности сопровождается технической и административной сложностью их создания. Необходимы антенно-мачтовые сооружения и электропитание. Возведение опор осложняется строительством фундамента, проведением геодезических исследований, что сложно для скального грунта. Также препятствуют естественные преграды: горные хребты, ущелья и реки и всевозможные атмосферные явления: туман, дождь.

Для организации спутниковой связи необходимо установить наземный терминал и арендовать один из спутниковых каналов, этот вариант является самым оптимальным для данного проекта.

Задачи:

- анализ существующих технологий спутниковых систем передачи данных;
- выбор спутникового сегмента и датчика измерения уровня воды;
- энергетический расчет спутниковой линии.

Актуальность темы обосновывается тем, что мониторинг мореных озер нужен для своевременного оповещения об угрозе катастроф и, таким образом, уменьшения материальных и людских потерь, что предполагает получение экономического и социального эффекта. Также данная система может использоваться для мониторинга рек и озер других городов Казахстана, для предотвращения предупреждении о наводнениях.

1 Обзор систем мониторинга уровня воды в открытых водоемах

1.1Требования к создаваемой системе мониторинга

Мониторинг - регулярное наблюдение, специально организованное для контроля, оценки и прогноза состояния объектов, процессов и явлений. Это процесс обычно сбор информации по всем аспектам проекта. Уровень воды - это возвышение над постоянной нулевой точкой поверхности воды. Изменением уровня воды озера или водохранилища являются его абсолютными и относительными колебаниями. Колебания абсолютного уровня изменения в воде вызвано изменениями в его состоянии в течение определенного периода времени. Относительные колебания уровня воды, как правило, изменяются на короткий срок и вызваны динамическими факторами, такими как ветер или изменения в атмосферном давлении. Автоматический контроль уровня воды проводится для сбора долгосрочных данных с большей частотой передачи, чем с ручных измерений.

В горах близ города Алматы стоит высокий температурный фон, в основе этого лежит глобальное изменение климата. Происходит интенсивное таяние ледников, реки переполнены. Для принятия решений по недопущению переполнения открытых водоёмов и рек необходим постоянный мониторинг уровня в контролируемом водоеме, поэтому требуется создать автономную систему мониторинга уровня воды в мореных озерах.

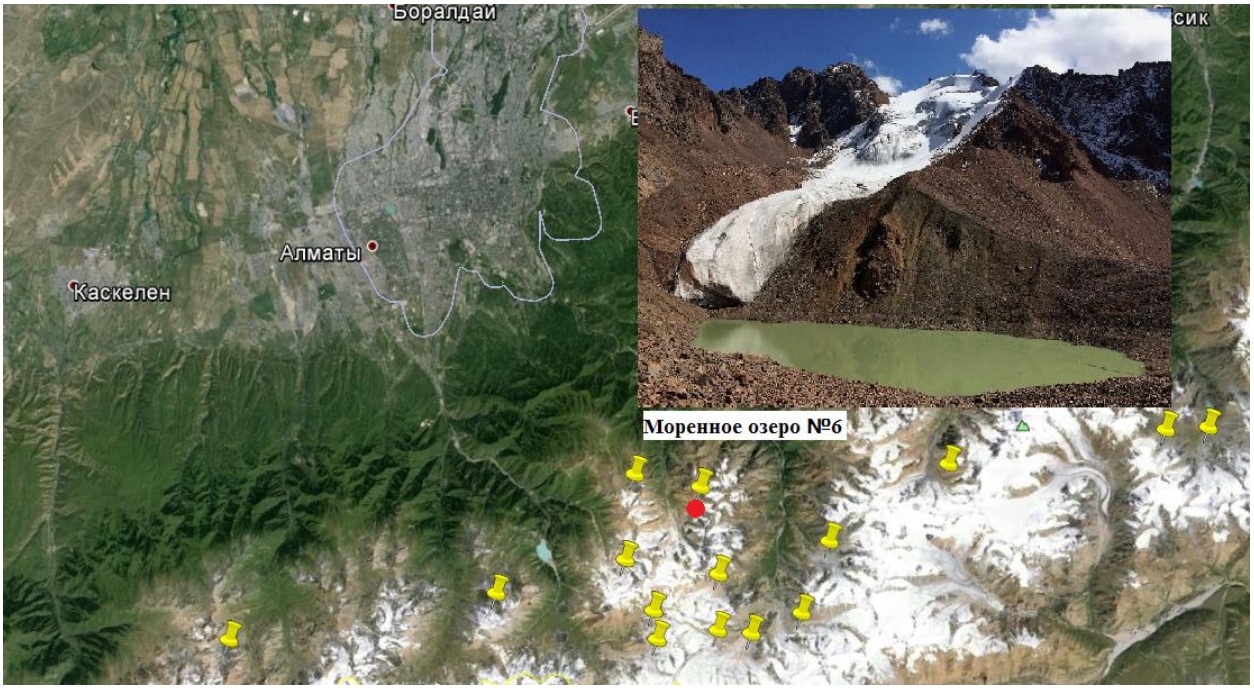


Рисунок 1.1 - План расположения моренных озер близ города Алматы

Главная составляющая любой системы мониторинга – сбор данных об объекте. Данные принимают с датчиков и уровнемеров, информация должна передаваться с установленной периодичностью в центр обработки и хранения

информации. Передача данных не должна быть привязана к месту установки датчиков и уровнемеров. Сложно обеспечить бесперебойное электропитание всего оборудования системы. Оптимальным источником электроэнергии, доступным в сложных условиях эксплуатации, являются солнечные батареи.

Взаимодействие перечисленных систем позволит следить за уровнем воды в мореных озерах близ города Алматы, расположенных в труднодоступной горной местности. Приемопередающий комплекс должен быть способен получать данные с датчиков с различной периодичностью. Информация, поступающая с измерительного оборудования, будет передаваться в центр обработки и хранения данных посредством беспроводных систем связи. Схема, отражающая концепцию системы мониторинга уровня воды, приведена на рисунке 1.2.

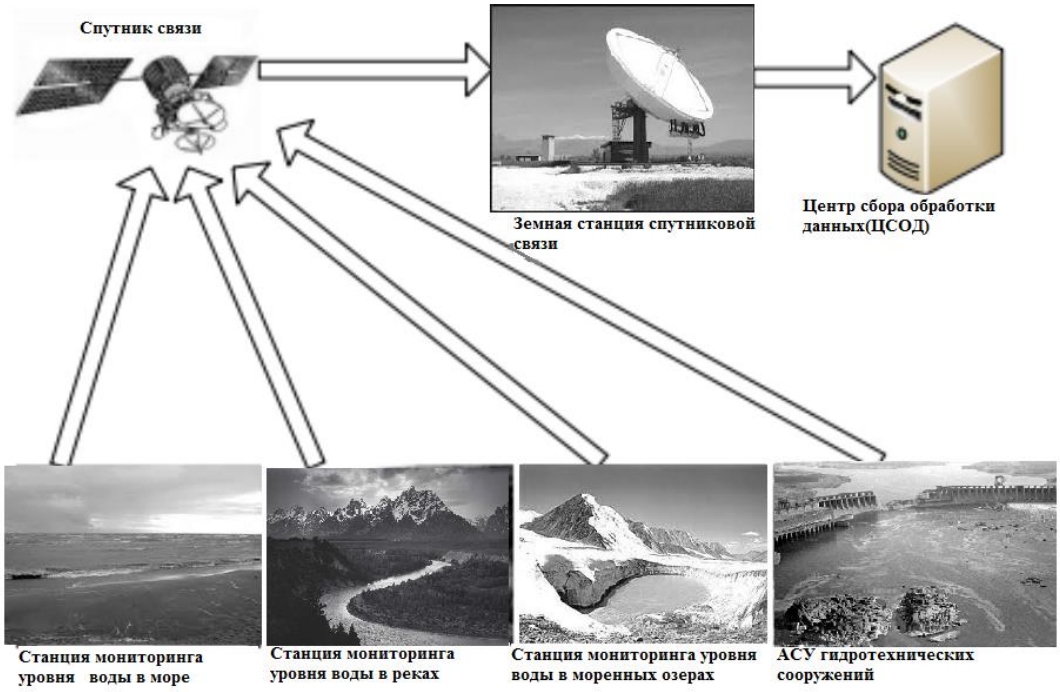


Рисунок 1.2 – Упрощенная структурная схема мониторинга уровня воды

Накапливаемые данные будут передаваться в центр мониторинга, затем использоваться специальными службами для прогнозирования возможных паводков и наводнений, подсчета расхода воды и других целей. Система мониторинга также может быть связана с другими автономными системами, такими как системы опорожнения каналов, системами тревожного оповещения, и с другими существующими системами. Внедрение системы мониторинга уровня воды позволит осуществлять профилактику возникновения чрезвычайных ситуаций.

Пранализировав аппаратное и программноеобеспечение систем мониторинга уровня воды, составим технические требования которым должна соответствовать данная система:

- разделенная архитектура строения сети, включающая одну главную базовую станцию и второстепенные узлы, такие как датчики и уровнемеры;

- современные бесконтактные датчики и уровнемеры, распознающие и учитывающие постороннее влияние, предоставляющие достоверные данные, которые адаптируются к тяжелым внешним условиям и передают полученные данные по беспроводным каналам связи в режиме реального времени, с наименьшими задержками и искажениями;

- непрерывный контроль за объектом, находящимся на большом расстоянии и немедленное предупреждение о повышении или понижении уровня водоема по средствам проводной, сотовой или спутниковой системы связи;

- данные хранятся непосредственно в технических единицах (не требуется масштабирование), количество данных для передачи сводится к минимуму с помощью телеметрии;

- обширная база данных для хранения результатов измерения и обработки поступающей информации;

- маломощность, системы могут работать от солнечной энергии, ветра или электроэнергии;

-модуль прогнозирования чрезвычайных ситуаций и система принятия решений;

- для наглядности необходим блок визуализации процесса колебаний уровня воды.

На основе перечисленных требований можно создать структурную схему системы мониторинга для измерения уровня воды в озерах, реках, морях. Система включает одну главную базовую станция, собирающую данные с второстепенных узлов (уровнемеров). Главная станция или сервер непрерывно собирает информацию об уровне воды с измерительных приборов, затем информация визуализируется в удобном для пользователя виде. Измерительная станция состоит из процессора и датчиков, уровнемеров. По беспроводным каналам блок управления собирает данные с датчиков, управляет их настройками и передает их на главную базовую станцию.

Для измерения уровня воды рационально использовать современные ультразвуковые, лазерные уровнемеры, которые быстро и качественно обрабатывают полученные сигналы, учитывая погрешности и позволят получать только достоверные данные об измерениях. Датчики уровня обязаны изменять режим работы в зависимости от погодных условий и обстоятельств, передавать данные без существенных задержек.

Сигнал от датчиков уровня при помощи различных технологий связи передается на измерительную станцию. Данные с измерительной станции могут по средствам сотовых или спутниковых каналов связи в центр мониторинга, на котором расположены основные подсистемы: модуль обработки результатов измерений уровнемеров, модуль визуализации и модуль прогнозирования, база данных, в которой хранятся и обрабатываются результаты измерений уровня воды. Визуализированное представление

данных нужно для наблюдения в удобном формате за повышением уровня в реальном времени, а также для представления в удобном виде значений для прогнозирования возникновения селей и потопов. Тщательное планирование системы должно обеспечить сбор данных обизменении уровня воды за период времени, необходимый для анализа перепадов значений. Система мониторинга обеспечит дистанционный постоянный контроль за гидрологическим состоянием открытых водоёмов с помощью современных датчиков с высокими техническими характеристиками.

1.2 Обзор существующей системы экологического мониторинга

РАИСПЭМ – это региональная автоматизированная измерительная система производственно - экологического мониторинга опасных предприятий и прогнозирования чрезвычайных ситуаций экологического характера.

В последние годы в Республике Казахстан и других странах СНГ уделяется большое внимание формированию системы мониторинга природных и производственных объектов для улучшения экологии страны и предотвращения катаклизм. Автономные системы мониторинга будут функционировать в крупных городах РК. 29 августа 2011г. открылся центр экологической безопасности г. Усть-Каменогорск в восточном Казахстане. Также РАИСПЭМ будет функционировать в г. Алматы, что позволит сделать город безопасным и цветущим, улучшить экологическую обстановку.

Во всех областях РК будет создана система мониторинга на базе оборудования SkyLINK, оборудование позволит передавать данные с экологически опасных объектов, которые находятся в радиусе 100 км. От приемопередающей антенны.

Система мониторинга выполняетизмерения следующих параметров:

- уровень воды гидротехнических сооружений и открытых водоемов;
- мониторинг пожароопасных объктов;
- метеопараметры;
- химические загрязнения и уровень радиации;
- мониторинг транспортирования химических и радиационноопасных грузов.

SkyLINK – автоматизированная система приема и передачи данных по средствам беспроводных каналов. Эта система не зависит от покрытия связью отдельных регионов, является более доступной чем сотовые и спутниковые системы связи. SkyLink и ShortLINK автоматизированные частные радиоситемы, предназначенные для передачи измерений с беспроводных датчиков с низким энергопотреблением на центральной станции без задержек и погрешностей. Использование SkyLINK идеально подходит для местности с минимальным радиопокрытием, где установка сотовой или спутниковой системы связи связана с экономически невыгодными затратами. В составе SkyLINK используется специальная маломощная УТП (универсальная телеметрическая платформа),которая обеспечивает работу в любых погодных

условиях и интегрирована с любыми измерительными датчиками. РАИСПЭМ имеет разделённую структуру, которая состоит из верхнего (ВУ) и нижнего (НУ) уровней. Модули нижнего уровня находятся на местах, представляющих экологическую угрозу. В состав нижнего уровня включены датчики и уровнемеры, измеряющие колебания уровня опасных водоемов, пожарную безопасность, метеоусловия, транспортировку грузов. Радиус передачи данных от пунктов наблюдения достигает 100 км (SkyLINK), до 5 км(ShortLINK) при прямой видимости передатчиком мощностью до 10мВТ. Собранные данные передаются на приемную антенну центра мониторинга, где находятся узлы сети ВУ (верхнего уровня). Аппаратура верхнего уровня обрабатывает, анализирует и передает информацию в МЧС или другие органы для принятия решения. Также реальна возможность совместной работы с подсистемами оповещения населения об опасности[2].

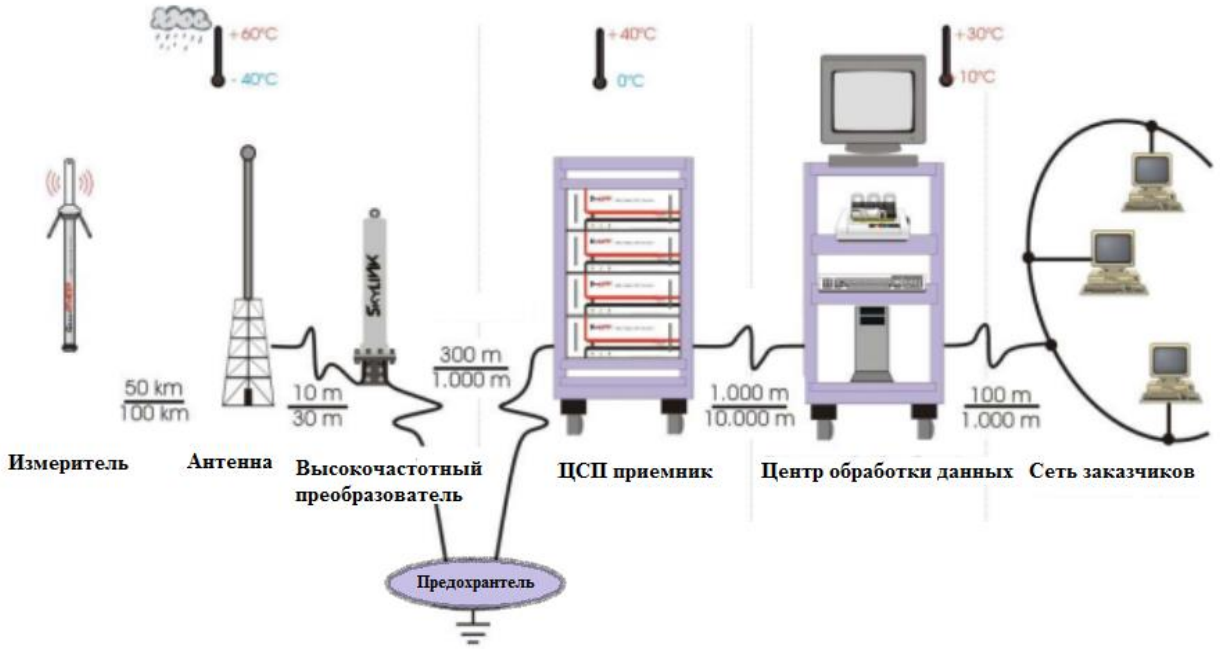


Рисунок 1.3 - Компоненты системы мониторинга на базе оборудования SkyLINK

Гидрологический мониторинг – это важная составляющая РАИСПЭМ. Наблюдение ведется за качеством, уровнем воды на реках, озерах и морях, чтобы избежать и предотвращать катаклизмы. После сбора данных, их анализируют и составляют графики и карты затоплений, а если ситуация опасная, то немедленно принимаются меры по оповещению населения. Информация по выделенным каналам связи поступает в соответственные государственные органы РК. Для измерения уровня воды используется бесконтактный датчик OTTRLS.

OTT RLS - бесконтактный датчик уровня воды с помощью импульсной радиолокационной техники, регистрации отражения радиоволн от поверхности воды. OTT RLS предлагает большой диапазон измерения с

небольшого расстояния, легко подключается к большинству регистраторов данных.

Связь на основе оборудования SkyLINK охватывает радиус 100 км. В случае с проектированием РАИСПЭМ в городе Алматы, антенна будет установлена на телебашне высотой 371,5 м. Так как перепад высот от телебашни до моренного озера №6 составляет около 3300 м, за счет сложности рельефа зона покрытия не охватывает район, в котором располагается моренное озеро №6. На рисунке красным цветом изображена зона покрытия проектируемой РАИСПЭМ г.Алматы.

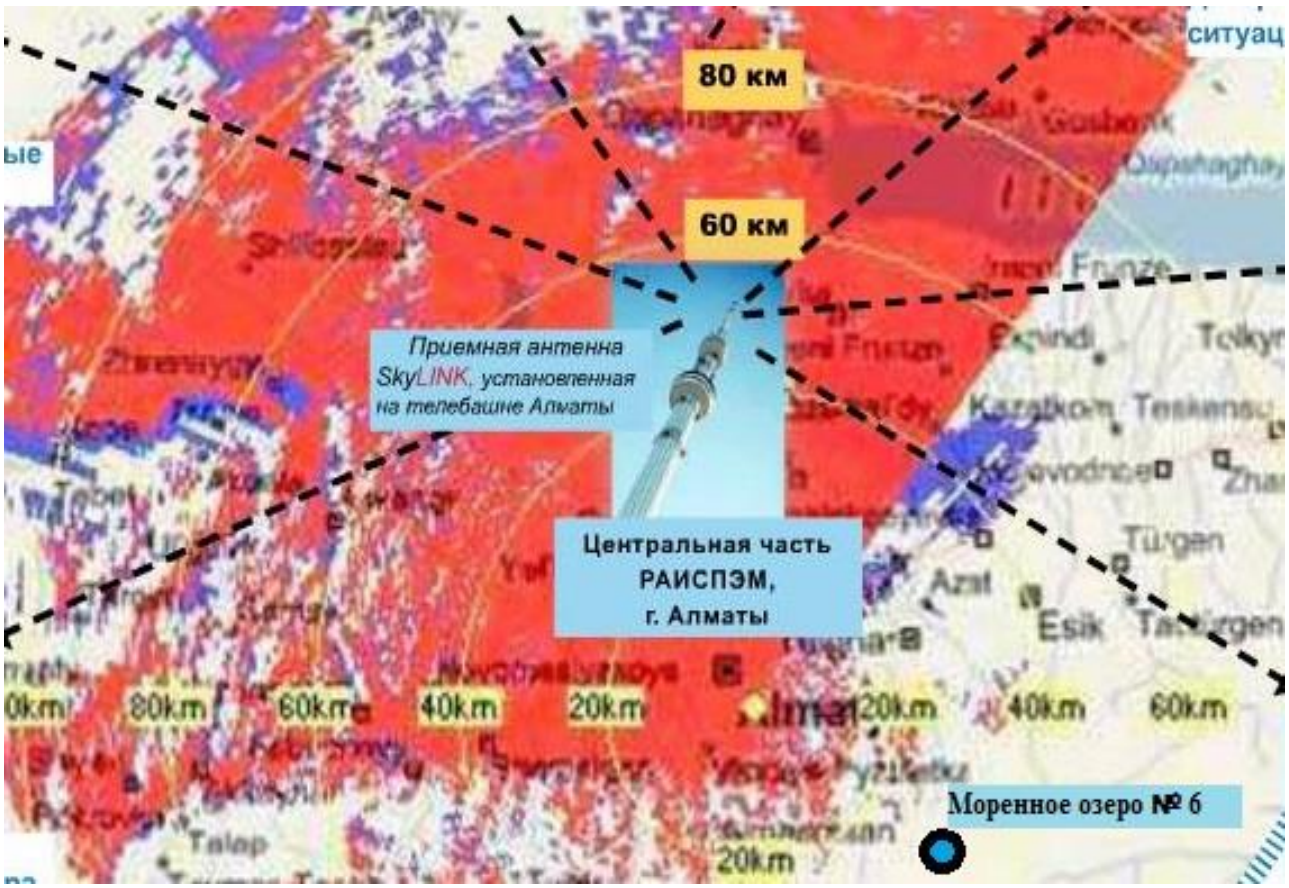


Рисунок 1.4 -Зона покрытия связью оборудованием SkyLINK

1.3 Выбор оптимальной технологии связи в горной местности

1.3.1 Обзор волоконно-оптические линии связи

В горной местности небольшая плотность населения, населенные пункты находятся далеко друг от друга и сложный географический рельеф. Прокладка волоконно-оптической линии связи в горном грунте практически невозможно, можно проложить воздушную линию ВОЛС, но установление опор в горной местности процесс повышенной сложности. Проводные линии особенно подвержены разрушениям при техногенных и природных чрезвычайных ситуациях, также воздействию умышленного повреждения. По профилю рельефа местности мы можем проследить за резким изменением

рельефа и большим перепадом высот. Так как в горах большие перепады высот и твердый, каменистый грунт, организация в горах проводных (ВОЛС) каналов связи технически сложно и экономически не выгодно.

1.3.2 Обзор сотовой системы связи GSM

GSM является цифровой сотовой технологией, используемой для мобильной передачи голоса и данных. Базовая станция GSM в зависимости от рельефа и настроек может иметь покрытие от нескольких десятков метров до 35 километров. Горные районы находятся в дали от города и слабо населены, а сотовая связь используется в густо населенных районах. Базовые станции для обеспечения прямой видимости должны находиться на вершинах горных массивов или на равнине, например мы можем расположить их по ущелью. Ущелье имеет множество изгибов и выступов, что не обеспечит прямой видимости и понадобится большое количество БС. У операторов есть покрытие в данном регионе на горнолыжном курорте Чимбулак, можно оптимизировать сеть, увеличив зону покрытия и использовать для передачи данных мониторинга уровня воды моренного озера каналы связи сотового операторов. Большинство операторов связи в целях экономии финансовых средств, стараются инвестировать вложения в густонаселенные места. Такая система сложна в обслуживании и требует больших экономических вложений.

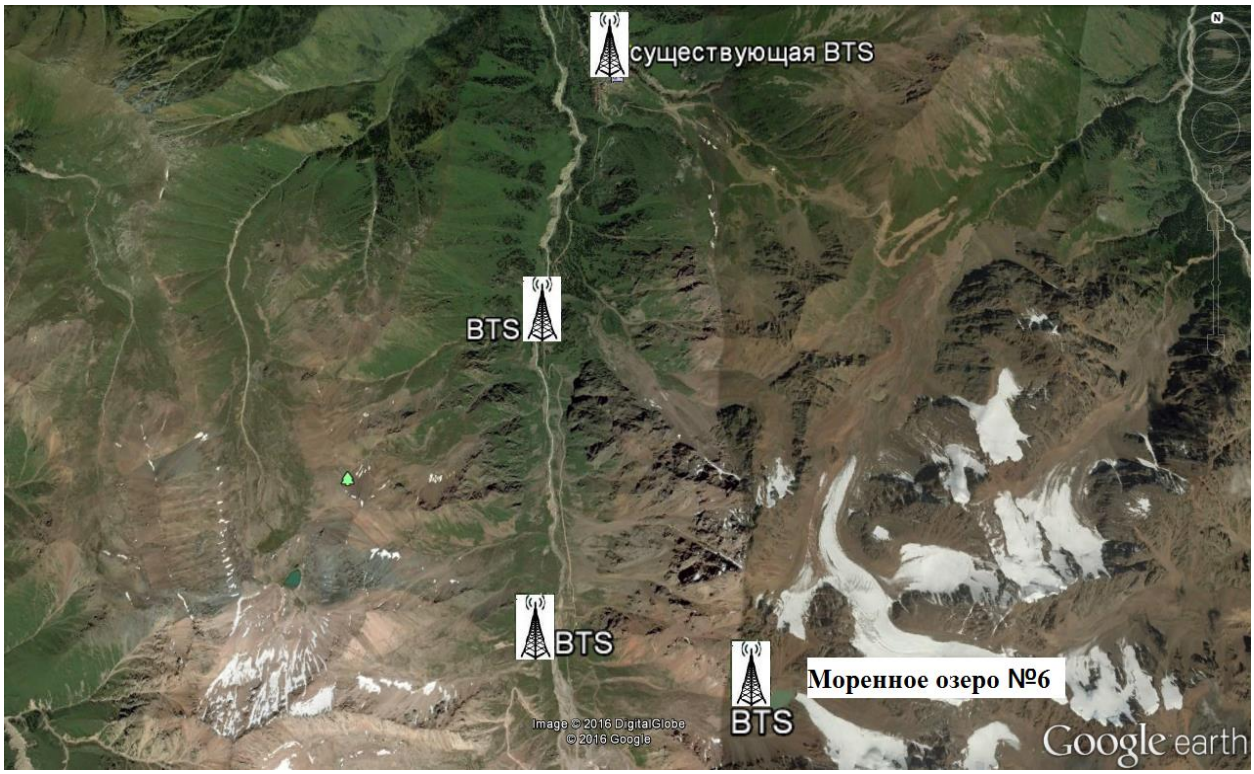


Рисунок 1.6 – Ориентировочное расположение базовых станций GSM

1.3.3 Обзор системы на основе радиорелейной линии связи

При организации связи посредствам РРЛ антенны должны располагаться в пределах прямой видимости. Если распространение радиоволн происходит с полным или частичным отклонением возникают дифракционные замирания, сигнал ослабляется.Антенны устанавливаются на башнях высотой 70-100 метров или на возвышенных местах.Организация связи по средствам радиорелейной системы в горах осложнена административными и техническими аспектами их создания. Требуется производить геодезические исследования, возводить фундаменты антенных опор, что сложно для скального грунта.

Для строительства однопролетной РРЛ в Заилийском Алатау, станции РРЛ нужно установить на вершинах гор, это невозможно, а строить несколько пролетов, чтобы организовать прямую видимость между антеннами, не выгодно экономически. Обеспечить канал связи с использованием РРЛ в горной местности является проблематичным, как со стороны финансовой части, так и со стороны установки оборудования.

1.3.4 Обзор системы передачи на основе спутниковой системы связи

Горная местность имеет ряд особенностей, обусловленных сложным рельефом, каменистой почвой, опасностью горных обвалов, крутизной скатов. Спутниковые системы связи не имеют ограничений по зоне покрытия, в каждой отдельной точке не требуется организовывать линию связи. Принцип работы спутниковой связи основан на использовании искусственных спутников земли в качестве ретрансляторов.

Территорию Казахстана отечественные спутники KazSat-2 и KazSat-3.Эти спутники покрывают всю территорию Республики Казахстан, страны Центральной Азии и центральную часть России, используются для предоставления всевозможных услуг связи на территории Казахстана: DTH, широкополосных систем и VSAT, передачи голосового трафика и данных. Технологию VSAT удобно использовать там, где локальная инфраструктура практически отсутствует, некоторые VSAT-станции получают электропитание от солнечных батарей[3].

Для системы мониторинга уровня воды в моренных озерах, расположенных близ города Алматы оптимальным способом организации каналов связи является спутниковые системы связи. СС VSAT являются новым поколениемспутниковых станций и обладают приемлемой стоимостью, не требует постоянного обслуживающего персонала и совместимы с любым коммутационным оборудованием.

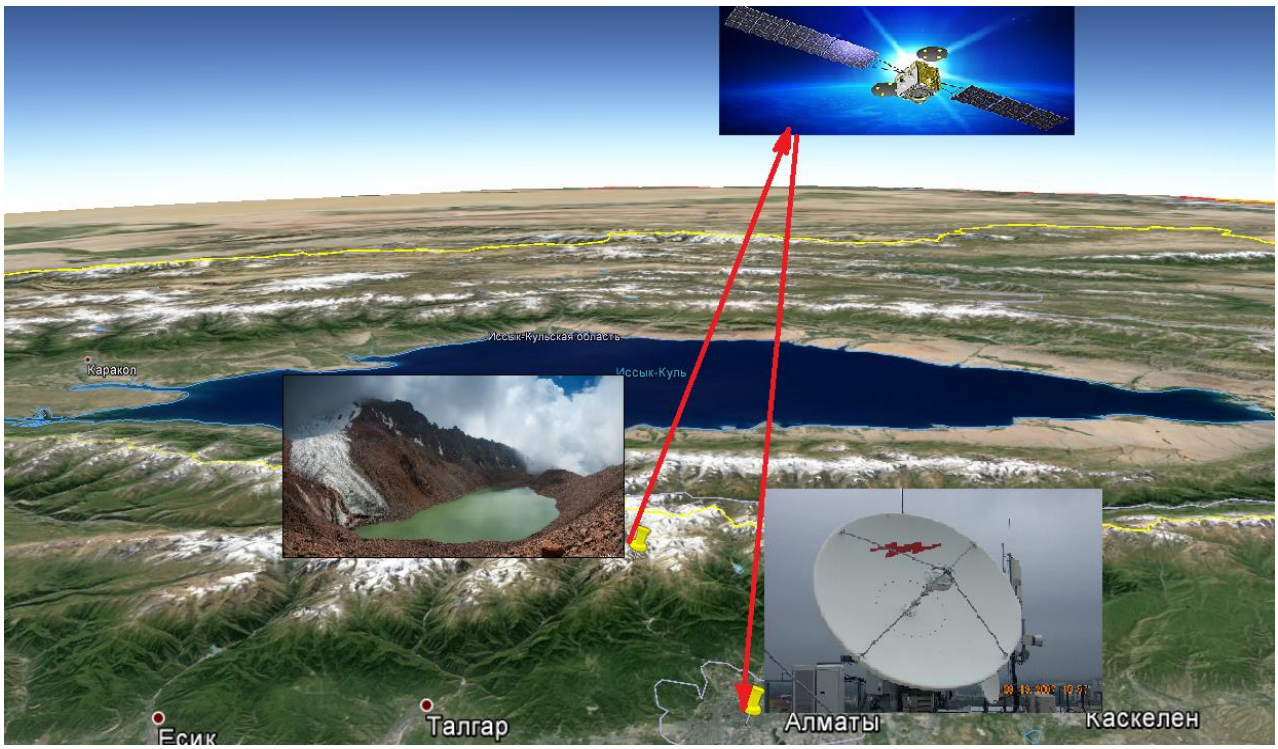


Рисунок 2.1 – Схема организации спутниковой связи

1.4 Характеристика системы спутниковой связи по требованию VSAT

1.4.1 Описание системы СС VSAT

VSAT(Very Small Aperture Terminal - терминал с очень маленькой апертурой) представляет собой небольшую телекоммуникационную земную станцию, которая принимает и передает данные в режиме реального времени через спутник. Сети VSAT работают в стандартных диапазонах спутниковой связи С и Ku, а в последнее время и в Ка-диапазоне. Использование Ku и Ка - диапазонов предоставляет допустимую электромагнитную совместимость с наземными радиорелейными линиями и увеличивает ЭИИМ ретранслятора, что позволяет использовать антенны меньшего диаметра[4].

Технические характеристики VSAT:

- VSAT терминалы устанавливают у пользователей сети, их количество неограниченно на небольших территориях;
- станции VSAT не нуждаются в постоянном обслуживании квалифицированного персонала;
- управление станцией VSAT в сети осуществляются центром, также можно использовать второстепенные системы контроля;
- станции VSAT применяются в частных сетях передачи данных и голосового трафика, работают в режиме только приема или приема и передачи;
- антенны VSAT имеют диаметр 1,8...3,5 м, также в отдельных системах можно использовать антенны диаметром до 6 метров;
- скорость передачи в основном не больше 2 Мбит/с;

- для обеспечения безопасности используют маломощный радиопередатчик;

- чаще всего работают в C, Ku, Ka диапазонах частот.

Станции VSAT используют модульный принцип комплектации, производят различные диаметры антенн и передатчики разной мощности, что удовлетворяет требования к условиям эксплуатации отдельных сетей связи. VSAT - технология представляет собой эффективное решение для пользователей, ищущих независимое решение для подключения большого числа территориально рассредоточенных пользователей.

1.4.2 Выбор топологической схемы VSAT - сети

Сети VSAT поддерживают три основных топологии сети: звезда(star), мульти-звезда(multi-star) и полно связная (mesh).

Наиболее часто используется топология звезда, в топологии «Star» каждыйVSATтерминал передает и принимает информацию только через ЦУС(HUB), который затем соединяет все станции между собой.

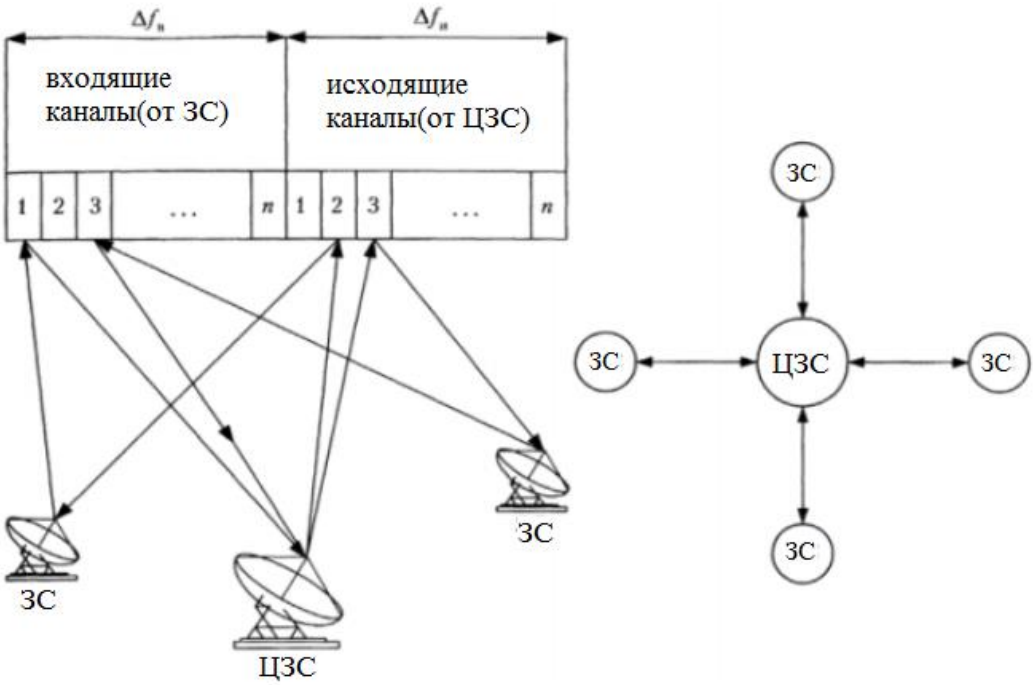


Рисунок 1.7 - Топология «Star» сети VSAT

Если сеть построена по топологии звезда, сигнал имеет задержку около 0,6 с., так как сигнал от одного терминала до другого два раза проходить скачок. Такая система неприемлема для передачи голоса, но подходит для передачи данных, как в нашем случае. Такие сети используются для мониторинга и управления различными процессами, связи между филиалами фирм. Существуют три основных типа передачи VSAT: множественного доступа TDMA, DAMA, SCPC/MCPC[5]. Наиболее широкое распространение

получила технология DAMA, которая предоставляет абоненту ресурс только на время пользования.

2 Выбор оборудования

2.1 Сравнительный анализ спутниковых систем

Сеть DialAway IP™ представляет собой недорогое решение компании Gilat Satellite Networks, позволяющее подключить удаленные офисы компаний к телефонной сети общего пользования (СТОП) и организовать доступ к ресурсам сети Internet на основе использования технологии организации каналов «по требованию» через спутник, тем самым обеспечив возможность телефонной, факсимильной связи и передачи данных. DialAway IP обеспечивает голосовую связь высокого качества и передачу IP трафика, тем самым являясь надежным решением для организаций и компаний, подразделения которых расположены в местах, где традиционное подключение к СТОП и Internet невозможно, затруднено, либо слишком дорого.

DialAway IP – это полно связная сеть, организованная на основе топологии multi-star (подключение к нескольким телефонным сетям общего пользования (СТОП), либо на основе топологии «звезда». Такая организация сети является наиболее оптимальной для подключения удаленных пользователей к СТОП и Internet на основе использования новейших спутниковых VSAT (Very Small Aperture Terminal – спутниковые терминалы с малыми антеннами) технологий[6].

Система управления сетью через спутниковый канал осуществляет управление и производит мониторинг всех параметров удаленных VSAT-терминалов:

- обновляет конфигурацию и программное обеспечение VSAT;
- собирает информацию по вызовам для биллинга (тарификации);
- блокирует/разблокировать удаленные терминалы.

Сеть FaraWay(Gilat)– это коммутируемая сеть телекоммуникационного оборудования, обеспечивающая соединение автоматически по запросу абонента для передачи данных между абонентскими терминалами, базовыми станциями сотовой связи или спутниковым оборудованием, голосового трафика. Эффективно использовать в удаленных районах, где низко развита инфраструктура связи. FaraWay имеет архитектуру полно ячеистой DAMA-сети. Компоненты сети FaraWay состоят из центра управления сетью, терминалов связи и удаленных станций.

Система FaraWay использует архитектуру с централизованным управлением сетью. Оборудование управления сетью управляет операциями сети FaraWay и направляет работу оборудования на удаленных станциях. ЦУС управляет предоставлением канала по запросу и работает как коммутатор между станциями спутниковой связи. ЦУС автоматически управляет сетью,

выполняет функции управления и мониторинга, предоставляет отчеты по контролю использования, собирает данные о трафике и контролирует космическую станцию. ЦУС также выполняет такие функции маршрутизации и коммутации, как выбор назначения, основанный на неограниченном плане нумерации, автоматическая маршрутизация каналов связи и преобразование протоколов коммутации.

Система SkyEdge представляет собой платформу мультисервисной VSAT сети, предназначенная для передачи данных, видео и голоса. Главным преимуществом является гибкость и быстрое развертывание. Поддержка топологий звезда, мульти-звезда и полно связная. На одном HUB работают несколько спутников, система не требует больших капитальных затрат. Станция SkyEdge обеспечивает централизованный контроль за информацией, протекающей через сеть VSAT. Концентратор взаимодействует с главным компьютером клиента и Интернетом, а также поддерживает связь между VSAT через несколько входящих спутниковых каналов и одного исходящего канала DVB-S[6].

Диапазон терминалов SkyEdge включает:

- SkyEdgePro;
- SkyEdgeIP;
- SkyEdgeCall;
- SkyEdgeGateway;
- SkyEdgeDVB-RCS;
- SkyEdge Armadillo.

Проанализировав технологии спутниковой связи, для своего проекта выбираем оборудование SkyEdge, так как она разработана на основе предшествующих систем компании Gilat и включает в себя улучшенные технические характеристики. Скорость исходящего канала Outbound стандарта DVB-S начинается с 340 Кбит/с для сетей с малой нагрузкой и до 66 Мбит/с для перегруженных сетей. Возвратные каналы (Inbound) имеют скорость от 60 Кбит/с до 2 Мбит/с [20]. Выбираем технологию множественного доступа к каналу по запросу DAMA VSAT SkyEdge. При использовании канала «по требованию» оплата осуществляется, только за реальное время передачи данных.

В данном проекте разрабатывается спутниковая связь для мониторинга уровня воды в моренных озерах близ города Алматы, на примере моренного озера №6. Наземный VSAT-терминал SkyEdge будет располагаться в горах Заилийского Алатау.

2.2 Состав оборудования SkyEdge

2.2.1 Центральная станция

Центральная станция контролирует и управляет трафиком, режимами работы сети и является точкой доступа к наземным сетям. Центральная станция работает центром в простых и много звеньевых сетях. Она

осуществляет взаимодействие с хостами клиента и сетью интернет, и поддерживает бесперебойную работу со спутниковыми каналами для связи с VSAT терминалами.

Центральная станция SkyEdge II состоит из модулей, то есть можно добавить дополнительное оборудование, если сеть расширяется со временем. Компоненты ЦУС проверяются программным обеспечением с алгоритмом, который в случае выхода из строя одного компонента переключает управления на резервный[7].

Рисунок 2.2 - Расположение компонентов центральной станции в стойке

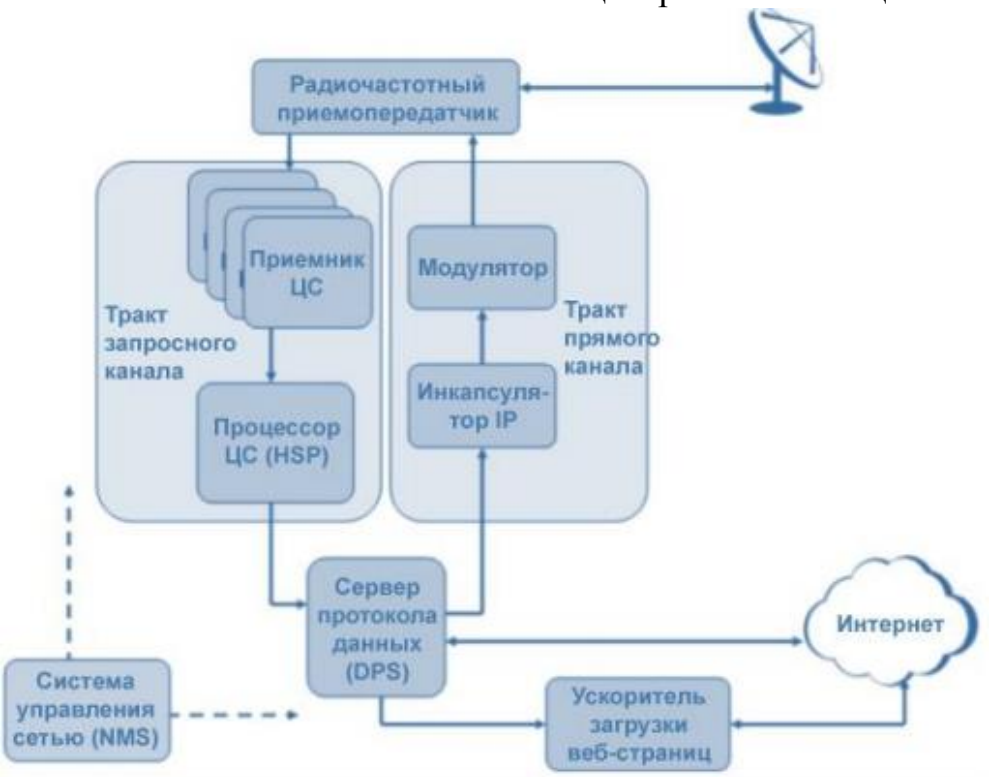


Рисунок 2.2 - Трафик между компонентами центральной станции

2.2.2 Радиочастотный передатчик

Сигнал со спутниковой антенны и наружного модуля (ODU) подаётся на радиочастотный передатчик (обычно устанавливается в отдельной стойке). ЦУС SkyEdge II поддерживает частотные диапазоны «С» и «Ku», планируется в скором времени поддержка диапазонов «Ка» и «Х». Поддерживаемые центральной станцией радиочастотные интерфейсы перечислены в приведенной ниже таблице.

Таблица 2.1- Радиочастотные интерфейсы станции[7]

Категория	Прием\передача	Параметр
Физические характеристики	Передача	N- тип, 50 Ом
	Прием	N- тип, 50 Ом
Частотный диапозон	Передача	Стандартный – L диапозон (950-1700МГЦ) Оптимальный –промежуточный частотный интерфейс(через повышающие и понижающие)
	Прием	
Уровень мощности	Передача	-20 до +5дБм
	Прием	Диапазон собственных шумов: -145 до -105 дБМ/Гц Диапазон сигнала: от -95 до -9дБм

2.2.3 Модулятор SkyEdge II

Технические характеристики модулятора SkyEdge II:

- входящий сигнал от IPE: DVB-S2 CCM, DVB-S2 ACM;
- модуляция: QPSK, 8PSK, 16PSK, 32PSK;
- исходящий сигнал: 950-1750 МГц с шагом настройки 1кГц;
- опорная частота: 10 МГц;
- скорость передачи символов: 0,4-45 Мс/с;
- настраиваемый коэффициент избирательности 20%, 25%, 30%, 35%.

Модулятор производит BCH и LDPC кодирование кадров полосы модулирующих частот (кадров BBFRAME) для создания кадров FECFRAME, которые передают одинаковую модуляцию и кодирование (MODCOD). После кадры FECFRAME переводят в двоичный формат QPSK, 8PSK, 16PSK, 32PSK для создания кадров физического уровня (PLFRAME). В целях повышения качества синхронизации в приемнике с более высоким порядком модуляции могут дополнительно быть увеличены пилотные символы. Модулятор может быть сконфигурирован на работу в конфигурации «1+1» для сети с одной несущей частотой или на работу в конфигурации «N+1» для создания сети с N количеством несущих.

2.2.4 Инкапсулятор IP SkyEdge II (IPE)

Инкапсулятор IP (IPE) системы инкапсулирует IP пакеты, после того, как примет их от сервера протокола данных (DPS), в потоки преобразованные в формат MPEG2 с несколькими метками PID (программный индификатор, соответствующий IP адресу назначения входящих пакетов). Инкапсулятор IP обеспечивает временное распределение трафика в соответствии с приоритетами и условиями подключения (режим ACM). Таблицы для расставления временных интервалов входящих данных управляются процессором ЦС(HCP) и добавляются в исходящий поток информации. Инкапсулятор IP имеет скорость передачи данных от 135 Мбит/с (с одной несущей) до 300 Мбит/с (с двумя и более несущими). Инкапсулятор IP может работать в конфигурации с резервированием «1+1».

2.2.5 Многоканальный приёмник (MCR)

Многоканальный приемник работает по схеме доступа канала запроса SkyEdgeII DVB-RCS. Приемник работает в одноканальном и многоканальном режиме: в многоканальном режиме пропускная способность до 1536 Кбит/с, которая может быть разделена по 128 Кбит/с на восемь каналов. Многоканальный приемник использует несколько видов несущих. В Одноканальном режиме MCR имеет пропускную способность 2560 Кб/с с несущей одного типа.

Основные характеристики многоканального приемника:

- тип модуляции QPSK, 8PSK;
- QPSK для схем FEC: 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 6/7;
- 8PSK для схем FEC: 2/3, 3/4, 4/5, 6/7;
- пропускная способность канала запроса в диапазоне «L» 950-1750 МГц;
- тактовый сигнал выделяется из исходящего сигнала;
- один компонент сети включает в себя до тридцати двух многоканальных приемников;
- одна цепь(на одном процессоре ЦС) может содержать до двенадцати многоканальных приемников.

2.2.6 Сервер протокола данных (DPS)

Сервер протокола данных (DPS) выполняет функции межграничного маршрутизатора между спутниковыми и наземными сетями, управляет маршрутизацией входящих и исходящих данных с помощью ускорения TCP-трафика, распределяет трафик о протоколам и типам: VOIP информация, многоадресные передачи и Abis-интерфейс. Также, сервер протокола данных контролирует разделение пропускной способности канала между VSAT-станциями после сравнения с данными по MODCOD, которые передает спутниковый процессор ЦС. Сервер протокола данных разработан на общем процессоре ЦС (UHP) и может работать в конфигурации с избыточностью со

спутниковым процессором центральной станции (HSP) и резервным общим процессом центральной станции (UHP).

2.2.7 Общий процессор центральной станции (UHP)

Общий процессор центральной станции – это общий сервер с одной платой и без дисков, используемый в работе со спутниковым процессором ЦС (HSP), также с сервером протокола данных (DPS) в зависимости от установленного программного обеспечения. Любой из общих процессоров (UHP) установленных в ЦС, может иметь конфигурацию с избыточностью, также решает вопросы привязывания терминалов к сети. Привязка к сети – это обмен общими и индивидуальными ключами между системой управления сетью (NMS) и VSAT - станциями. Сетевой ключ является общим для всех VSAT-терминалов в рассматриваемой сети. Система управления сетью генерирует сетевой ключ кодируя код, который предоставлен администратором системы управления сетью. Администратор может в любой промежуток времени поменять код (то есть сетевой ключ) или отключить данную функцию. Индивидуальный ключ (уникальный для каждой VSAT-станции) присваивается при производстве VSAT-терминала и не изменяется в течение срока эксплуатации системы. VSAT-терминалы сохраняют ключи аутентификации в постоянной памяти, а система управления сетью хранит ключи в базе данных.

2.3 Выбор терминала VSAT

VSAT-терминал SkyEdge™ Armadillo - это наружный блок для сбора труднодоступной важной информации, который является комплексным оборудованием, предназначенным для суровых погодных условий, с укрепленным гирметичным корпусом. Подходит для удаленных объектов, SKADA систем, где мониторинг ведется вне зданий и помещений[8].

Рисунок 2.4 – Компонеты терминала VSAT Armadillo

Технические параметры канала исходящего сигнала:
Скорость передачи данных по каналу : 300Kbps - 45Mbps
Модуляция: QPSK или 8PSK
Канал входящего сигнала:
Схема доступа комбинированная: TDMA, FDMA
Скорость передачи данных :128 Kbps – 1.536 Mbps
Модуляция: GMSK;
Вход/Выход: RF, два гнезда разъема F, 75 Ом;
Интерфейс передачи данных :Ethernet 100BaseT, RS-232 (RJ-45);
Рабочее напряжение: переменный ток 100-250В, постоянный ток 12В;
Рабочая температура: от -40 до +70 С;
Относительная влажность до 90%.

2.4 Антенна VSAT

Выбраны антенны VSAT:
- Andrew Type 123, класс I (D=1,2м);
- Andrew Type 183, класс III (D=1,8 м).

Назначение антенны:
- приём и передача высокочастотных сигналов в Ku-диапазоне;
- когерентное преобразование сигналов на промежуточную частоту (на прием) и обратно(на передачу).

Антенны Andrew диаметром 1,2 м и 1,8 м имеют крепкое строение и параболическую поверхность для лучшего сохранения параметров сигнала. Из-за соответствующего фокусного расстояния достигнуты хорошие свойства кросс-поляризации. Монтировка изготовлена из жесткой нержавеющей стали. Антенны можно установить на любую металлическую мачту 73 - 76 мм (D=1,2 м) и 114 мм (D=1,8 м).Специальное покрытие защищает антенны от коррозий[9].

Таблица 2.2 – Условия эксплуатации

Параметры	Условия окружающей среды
Влажность, %	0-100
Атмосфера	Соль, выбросы в прилегающих индустриальных зонах
Излучение солнца, Вт/м^2	11
Возможность повреждения	При стандартной транспортировке и установке
Нагузка при ветре: Рабочая, км/ч Предельная, км/ч	 80 200
Рабочие температуры, °С	-50°С до +100°С

Таблица 2.3 - Основные характеристики антенн Andrew (D = 1,2; D =1,8):

Параметры по высокой частоте	
Апертура антенны	D = 1,2 м или D = 1,8 м
Рабочая частота (ГГц): Прием, Рабочая частота, Rx Передача, Рабочая частота,Tx	 10,70 - 12,75 13,75 - 14,50
Усиление в середине диапазона (± 0,2 дБ): Усиление (± 2 dBi), Rx Усиление (± 2 dBi), Tx	 41,8 dBi – 11,85 ГГц, (D = 1,2 м) 45,3 dBi – 11,85 ГГц, (D = 1,8 м) 43,3 dBi – 14,35 ГГц, (D = 1,2 м) 46,8 dBi – 14,35 ГГц, (D = 1,8 м)
Ширина диаграммы направленности по уровню -3 дБ, Rx	1,5° - 12 ГГц, (D = 1,2 м) 0,99° - 12 ГГц, (D = 1,8 м)
Ширина диаграммы направленности по уровню -3 дБ, Tx	1,2° - 14,3 ГГц, (D = 1,2 м) 0.79° - 14,3 ГГц, (D = 1,8 м)
Кросс-поляризация: На электрической оси По контуру диаграммы направленности в 0.5 дБ	 30 дБ (максимум) 25 дБ (максимум)
Боковые лепестки, (Tx, дБ): 1,5° <Θ< 20°, - полярный угол 20° < Θ < 26,3° 26,3° < Θ < 48° 48° < Θ < 180°	 29 – 25 Lg (Θ) дБ - 3,5 дБ 32 – 25 Lg (Θ) дБ - 10 дБ (усредненное)
Кросс-поляризация: На электрической оси По контуру диаграммы направленности в 0.5 дБ	 30 дБ (максимум) 25 дБ (максимум)
Шумовая температура Угол места 10° Угол места 20° Угол места 30°	 45°K/ 43°K 31°K/ 28°K 24°K/ 23°K
КСВН Tx (передача) Rx (прием)	 1,3 : 1 1,5 : 1
Развязка (прием-передача)Tx/Rx	110 дБ / 35 дБ

Таблица 2.4 – Механические характеристики

Характеристики	Параметры
Рефлектор	Стеклопластик, армированный полиэстром
Оптика антенны	длиннофокусная, со смещенным фокусом (оффсетная)
Монтировка	Альт-азимутальная (азимут-угломестная)
Движение антенны по азимуту	360° ± 20° плавная (D = 1,2 м) 360° ± 10° плавная (D = 1,8 м)
Крепление в фокусе	трипод для антенны D = 1,2 квадрипод для антенны D = 1,8
Труба мачты	диаметр 76 мм для антенны D = 1,2 м диаметр 114 мм для антенны D = 1,8 м
Максимальный вес ВЧ-оборудования в фокальной плоскости антенны	до 2 кг для антенны D = 1,2 м до 11 кг для антенны D = 1,8 м

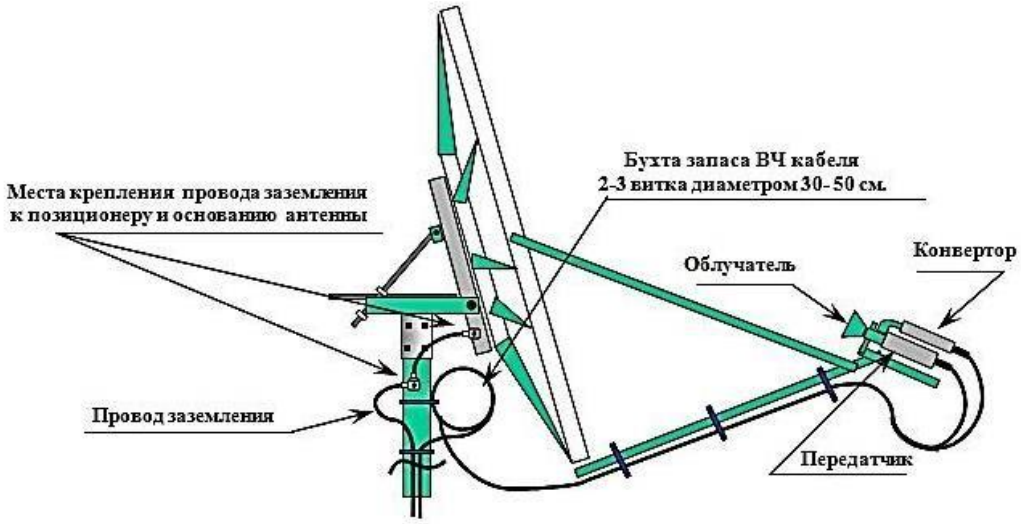


Рисунок 2.5 – Структура антенны

2.5 Наружный модуль (ODU)

Наружный модуль ODU устанавливается в точке фокуса антенны. ODU принимает и передает сигналы со спутника на земную станцию и обратно. Наружный модуль содержит высокомощный повышающий преобразователь (HPC), низко шумовой понижающий преобразователь (LNB) и ортогональный передатчик (OMT). Повышающий и понижающий преобразователи соединены

с различными разъемами ОМТ. Такое строение разрешает принимать и предавать сигналы с разной поляризационной характеристикой. Наружный модуль имеет герметизированный корпус, который защищает от тяжелых условий эксплуатации. Рабочая температура варьируется от -40°С да+60°С. На Рисунке 2.6 показаны компоненты наружного модуля.

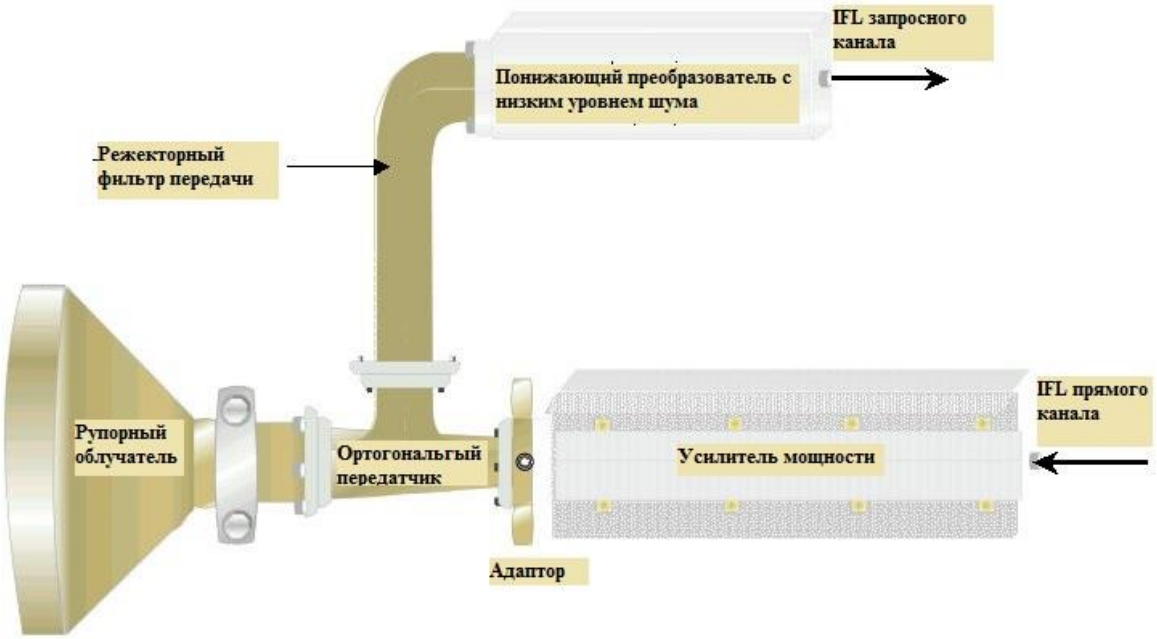


Рисунок 2.6 - Компоненты наружного модуля

2.5 Выбор спутникового сегмента

Выберем в качестве космического сегмента отечественный спутник KazSat-3.Зона покрытия в Ku-диапазоне распространяется на территорию Казахстана и соседних республик. Спутник выведен на орбиту с космодрома Байконур 28 апреля 2014 года. Изготовлен по заказу «Республиканский цент космической связи». Благодаря спутникам KazSat-2 и KazSat-3 Казахстан вышел на новый уровень эксплуатации систем связи и вещания. Использование отечественных спутников приблизительно на 4 миллиарда тенге в год сократит импорт телекоммуникационных услуг[10].

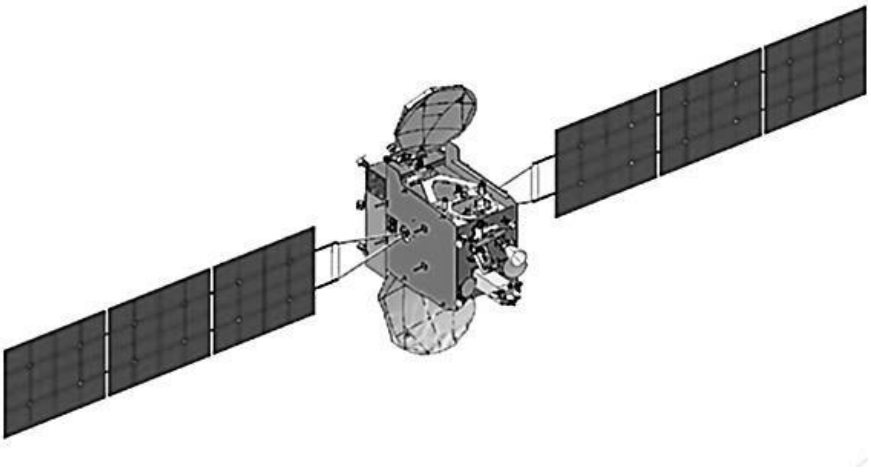


Рисунок 2.7 – Космический аппарат «KazSat–3»

KazSat-3 создан для независимости Казахстана от иностранных систем связи, для удовлетворения растущих потребностей, также для предоставления защищенных каналов связи органам государственной власти. Казахстан предоставляет в аренду каналы соседним государствам. Срок эксплуатации спутника на орбите составит 15 лет. В таблице 2.5 представлены основные технические характеристики космического аппарата «KazSat–3»[11].

Таблица 2.5 – Основные технические характеристики

Параметры	Значения
Тип орбиты / точка стояния	ГСО / 58,5° в.д.
Срок активного существования	Около 15 лет
Точность позиционирования на ГСО	±0,05 град.
Диапазон частот	Ku
Количество транспондеров	28
Полоса пропускания транспондеров	54 / 36 МГц
Изготовитель космического аппарата	ОАО «Информационные спутниковые системы имени
Изготовитель ПН/БА КИС	Thales Alenea Space Itali S.P.A. (Италия)
Пуск	ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева»

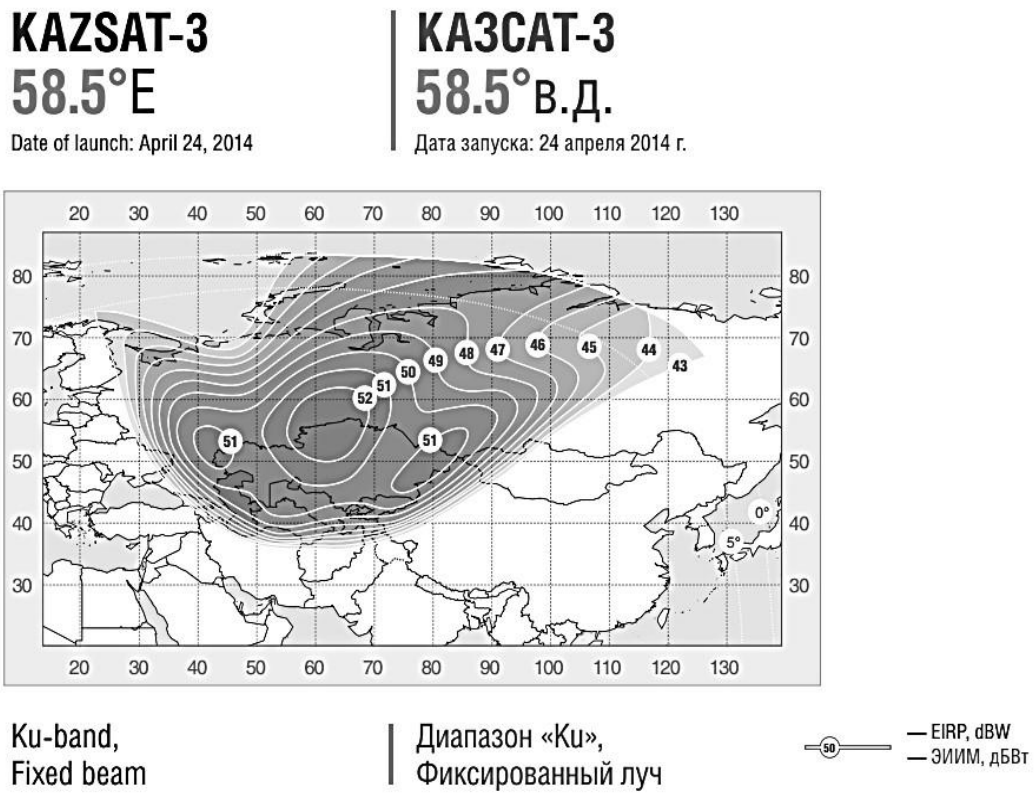


Рисунок 2.8 – Карта зоны обслуживания

3 Выбор оборудования для измерения уровня воды

3.1 Выбор датчика для измерения уровня воды

EchoTREK – ультразвуковой бесконтактный датчик уровня воды. Имеет встроенный регистратор для хранения данных для последующей обработки. Материалы конструкции не подвергаются воздействию погодных условий.

Рисунок 3.1 - Уровнемер EchoTREK

PiloTrek (W-100) – это компактный микроволновый датчик для измерения уровня воды. Не чувствителен к температуре, пене, давлению и другим физическим воздействиям. Диапазон измерения до 23 метров, легко монтируется и программируется.

Рисунок 3.2 - Уровнемер PiloTrek (W-100)

Беспроводный датчик уровня Accutech GL10 используется для измерения уровня в резервуарах и открытых водоемах. Оснащен вытянутым датчиком, что позволяет получать более точные измерения. Передает данные на базовую станцию Accutech, находящуюся на расстоянии до 1 км. Имеет долговечный аккумулятор с 3-х летнем сроком службы, встроенный приемо-передатчик.Accutech сети легко масштабируются и могут иметь до 256 базовых радиостанций в одной сети. Сравнив характеристики уровнемеров, выберем для нашей системы Accutech GL10.

Рисунок 3.3 - Уровнемер Accutech GL10

Таблица 3.1 – Сравнительная таблица характеристик датчиков уровня[12]

Характеристики	EchoTREK	PiloTrek (W-100)	Accutech GL10
Частота радиосигнала	24 ГГц	24 ГГц	2,4 ГГц
Питание	24 В постоянного тока	20-36В постоянного тока	Встроенная батарея
Диапозон измерения	До 25м	До 23м	До 100 м
Точность измерения	±0,2% от шкалы измерения	±0,3 от шкалы измерения	±0,25 % от шкалы измерения
Рабочая температура	-30…+100°C	-30...+180 °C	-40…+85°C

3.2 Базовая станция BR-20

Базовая радиостанция Accutech BR20 (TBUABR20) предназначена для сбора данных с датчиков об исследуемом процессе и дальнейшей передачи информации для обработки. Автоматически работает со всеми полевыми устройствами по средствам беспроводных каналов связи на частоте 2,4 ГГц, собирает данные в базу хранения и управляет их дальнейшим перемещением через локальный пользовательский интерфейс Modbus TCP/IP. К одной базовой станции могут подключиться до 100 датчиков, в сети могут взаимодействовать до 256 базовых станций.

Рисунок 3.4 – Базовая станция BR-20

Характеристики базовой станции:

- цифровой канал RS-485 с преобразованием в RS-232, RG-45 или USB для сопряжения с ПК или сервером, на котором установлено ПО AccutechManager;
- последовательный интерфейс Modbus (бинарный) поверх RS-485;
- протокол ModbusTCP/IP;
- питание: 10-30 В, Макс. 0,5 Вт, 20 мА;
- опциональная антенна с высоким коэффициентом усиления;
- рабочая температура: от -40 до 70°С;
- влажность: 5-95%, без конденсации.

3.3 Программное обеспечение Accutech Manager

Система Accutech имеет собственное программное обеспечение Accutech Manager для контроля и диагности датчиков, сбора данных для последующего хранения. Программа имеет архитектуру клиент-сервер и

устанавливается на компьютере оператора для слежения за сетью 24 часа в сутки. Система делает выборку, показывает пороговые уровни, сообщает о тревоге с помощью алармов. Работает в системе Windows и имеет встроенную базу данных Microsoft Access.

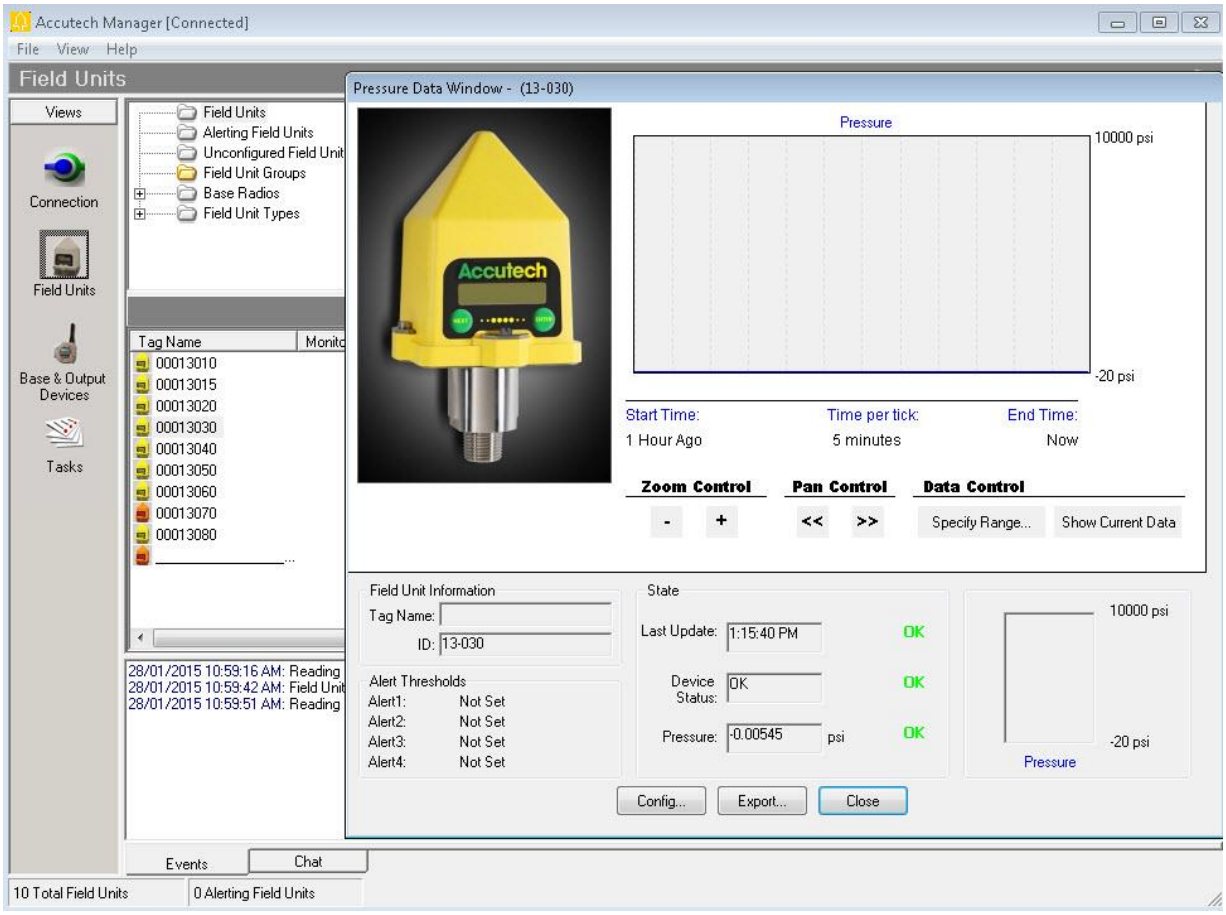


Рисунок 3.5 - Базовое ПО с графическим интерфейсом

3.4 Общая функциональная схема организации мониторинга моренного озера №6

На рисунке 3.6 представлена функциональная схема организации системы мониторинга в моренном озере №6, близ города Алматы находится более 10 опасных моренных озер, эта система также может быть использована для их непрерывного мониторинга. В данном дипломном проекте была рассмотрена спутниковая линия связи, а на участке от центральной станции до центра мониторинга используем существующие оптоволоконные линии связи. Центр мониторинга находится в ГУ "Казселезащита МЧС РК". Государственное учреждение «Казселезащита» Комитета по чрезвычайным ситуациям Министерства внутренних дел Республики Казахстан является подведомственным предприятием Комитета по чрезвычайным ситуациям Министерства внутренних дел Республики Казахстан.

Основным предметом деятельности государственного учреждения является участие в организации и проведении в Республике Казахстан

мероприятий по предупреждению селей, снежных лавин, оползней и ликвидации их последствий, обеспечение функционирования соответствующих служб наблюдения и оповещения.

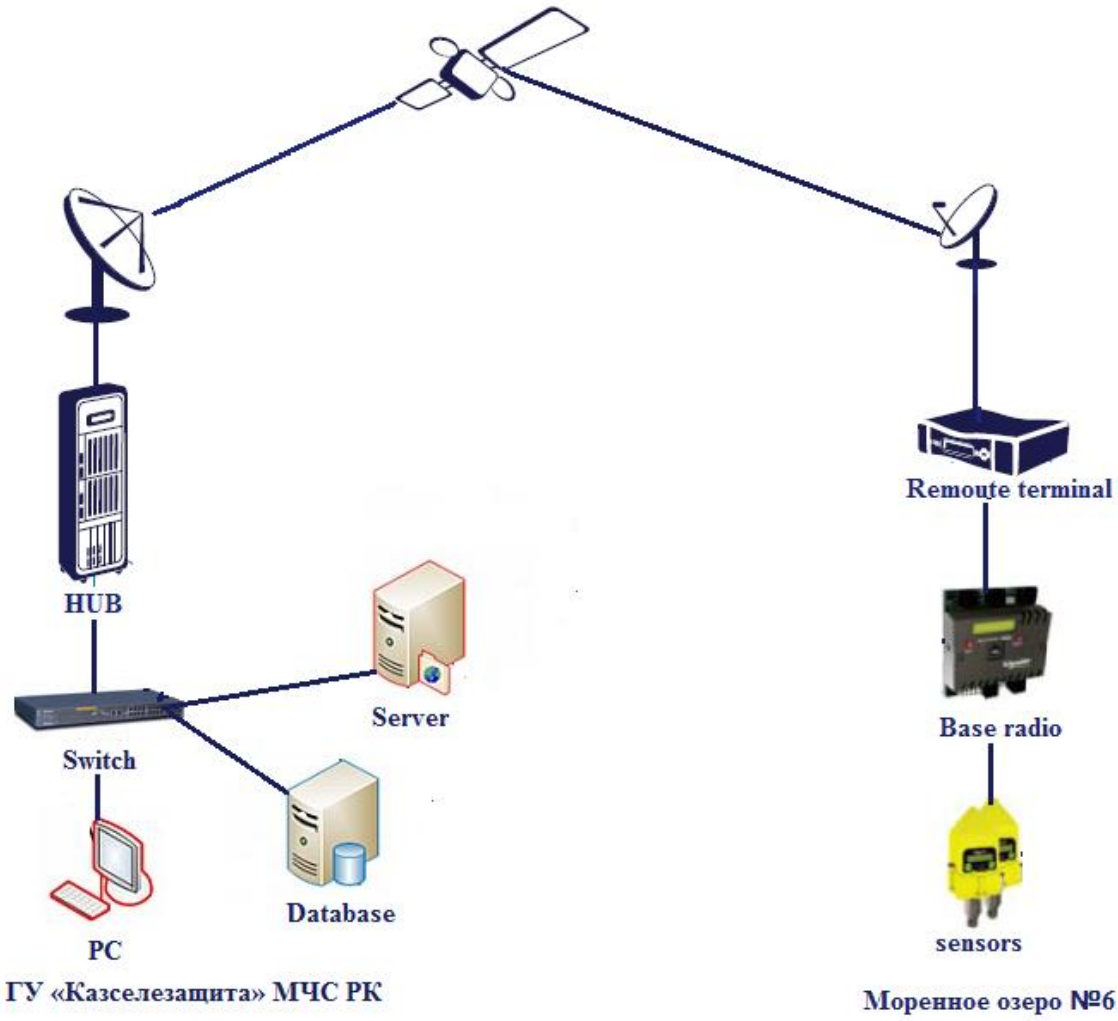


Рисунок 3.6 – Функциональная схема организации системы мониторинга

4 Расчетная часть

В проекте рассматривается проектирование системы мониторинга уровня воды в моренном озере №6 по средствам спутниковой линии связи.

Центральная земная станция, находящаяся в г.Алматы, является центральным узлом. ЦС управляет работой сети, выявляет неисправности, отвечает за тарификацию услуг, связывает все земные станции между собой. Абонентская станция находятся в горах Заилийского Алатау. В качестве спутников ретрансляторов сеть VSAT использует геостационарные спутники. Спутник принимает сигнал от земной станции, усиливает и перенаправляет на Центральную станцию, затем передает данные по каналам интернет до места назначения. В качестве спутника ретранслятора в данном проекте сети VSAT используется спутник KazSat-3(технические характеристики приведены в

таблице 4.1).

В данной главе производится расчет спутниковой линии связи:

Моренное озеро №6 – KazSat-3 расчет линии вверх;

KazSat-3 – Алматы расчет линии вниз.

Целью энергетического расчёта является расчет основных параметров земных станций для обеспечения устойчивой связи. Нужно учитывать большие ослабления в спутниковых системах связи, таких как потери сигнала из-за затухания и рассеивания его на длинных трассах.

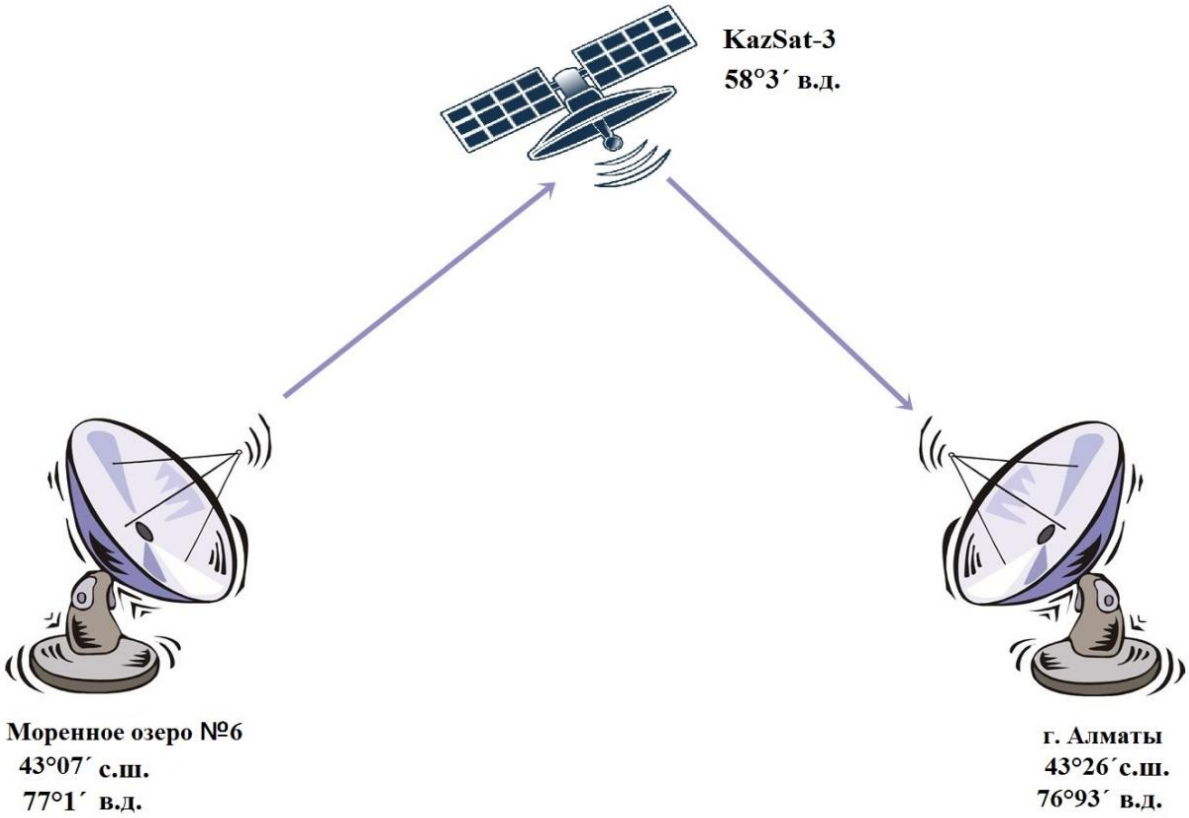


Рисунок 4.1 – Схема энергетической линии расчета Заилийский Алатау – KazSat-3 – Алматы

Также учитывается дополнительное ослабление энергии радиоволн на разных участках:

- поглощение в осадках – 0,8 дБ,
- поляризационные потери – 0,9дБ,
- потери за счет рефракции – 0,2дБ.
- дополнительное ослабление энергии радиоволн $L_{доп}$=2 дБ.
- коэффициент запаса для линии вверх a = 6дБ;
- коэффициент запаса для линии вниз b = 1,2дБ.

Исходные данные для расчета приведены в таблицах 4.1-4.4.

Таблица 4.1 – Характеристики бортового ретранслятора KazSat-3

Параметры		Значения
Координаты		58°3′ в.д.
Диапазон f, ГГц		14/11
Коэффициент усиления антенны G, дБ	Прием	29
	Передача	25
Шумовая температура антенны ТА, К		60
КПД АФТ		0,9
Шумовая температура СЛ ТΣЛ, К		100

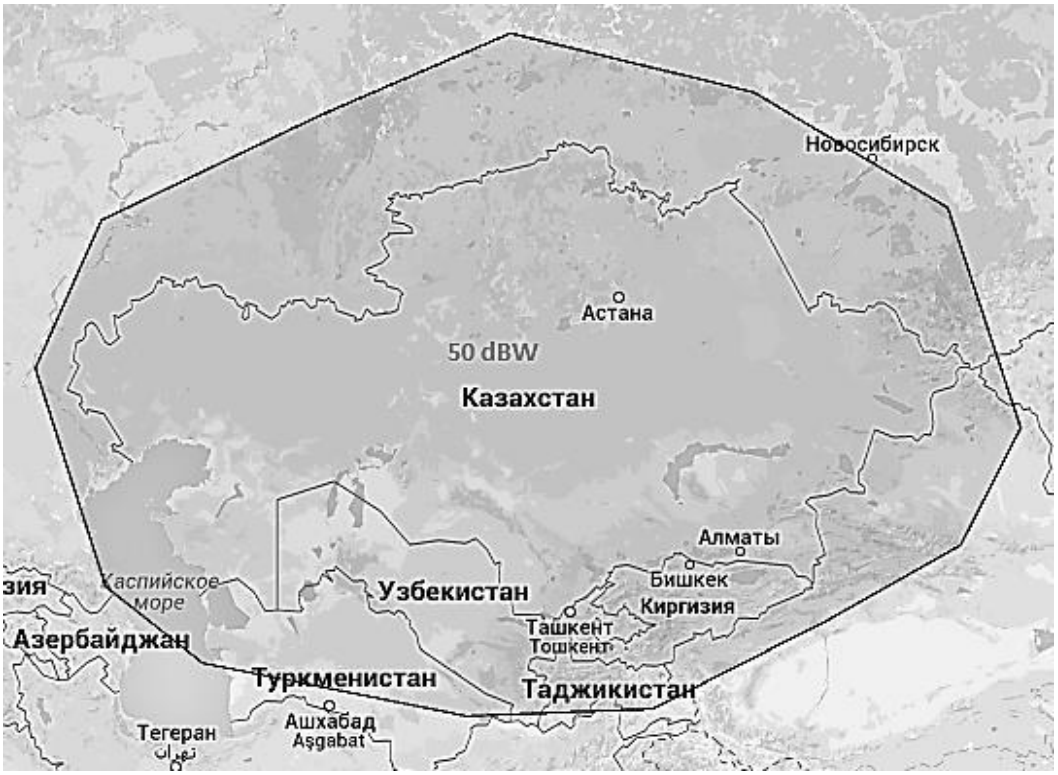


Рисунок 4.2 – Карта зоны обслуживания пере нацеливаемого луча №1

Таблица 4.2–Технические данные пере нацеливаемого луча №1спутника «KazSat-3»

Номер транспондера	Центральная частота на линии вверх, МГц	Центральная частота на линии вниз, МГц	Полоса пропускания тран-ра, МГц	Поляризация на линии вверх	Поляризация на линии вниз
D1	14031,25	10981,25	54	X	Y
D2	14093,75	11043,75	54	X	Y

Продолжение таблицы 4.2

Номер транспондера	Центральная частота на линии вверх, МГц	Центральная частота на линии вниз, МГц	Полосы пропускания транспондера, МГц	Поляризация на линии вверх	Поляризация на линии вниз
D3	14156,25	11106,25	54	X	Y
D4	14218,75	11168,75	54	X	Y
D5	14281,25	11481,25	54	X	Y
D6	14343,75	11543,75	54	X	Y
D7	14406,25	11606,25	54	X	Y
D8	14468,75	11668,75	54	X	Y
Маяк	-	11199,5	-	-	R
K1	13775,00	12528,00	36	Y	X
K2	13815,00	12568,00	36	Y	X
K3	13855,00	12608,00	36	Y	X
K4	13895,00	12648,00	36	Y	X
K5	13935,00	12688,00	36	Y	X
K6	13975,00	12728,00	36	Y	X

Таблица 4.3 – Параметры ЦЗС (Алматы)

Параметры	Значения
Координаты	43°26′ с.ш. 76°93′ в.д.
Диапозонf, ГГц	14/11
Диаметр антенны, м	1,8
Отношение Рс/Р, дБ	16 дБ
Шумовая температура антенны ТА,К	24
Эффективная полоса частот, МГц	2
КПД АФТ	0,8

Таблица 4.4 – Характеристики ЗС(Заилийский Алатау)

Параметры	Значения
Координаты	43°07′ с.ш.; 77°1′ в.д.
Диапазон f, ГГц	14/11
Диаметр антенны, м	1,2
Отношение Рс/Рш, дБ	16 дБ
Шумовая температура антенны ТА, К	23
Эффективная полоса частот, МГц	2
КПД АФТ	0,8

4.1 Расчет параметров установки Земных станций

Рассчитаем азимут на спутник с земных станций по формуле:

$$A_Z = 180° - \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\Delta\beta}{\sin\xi}\right), \tag{4.1}$$

где A_Z – азимут на спутник с ЗС, град;

$\Delta\beta$ – разность долгот космической и земной станции, град;

ξ – широта земной станции, град.

$$\Delta\beta = |\beta\text{кс} - \beta\text{зс}|, \tag{4.2}$$

где βкс – долгота точки под спутником, град;

βзс – долгота земной станции, град.

Подставляя исходные данные в формулу (3.1), получим азимут для ЗС:

ЗС-1 в Заилийском Алатау

$$\Delta\beta = |77°1' - 58°3'| = 18°8',$$

$$A_Z = 180° - \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}(18°8')}{\sin(43°07')}\right) = 180° - 26°49' = 153°5',$$

ЗС-2 в г.Алматы

$$\Delta\beta = |76°93' - 58°3'| = 18°63',$$

$$A_Z = 180° - \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}(18°63')}{\sin(43°26')}\right) = 180° - 25°01' = 154°98'.$$

Рассчитаем угол места по формуле:

$$\gamma = \text{arctg}(\frac{\cos\Delta\beta \cdot \cos\xi - 0{,}15126)}{\sqrt{\sin^2\Delta\beta + \cos\Delta\beta \cdot \sin\xi}}, \tag{4.3}$$

$$\gamma_{зс1} = \text{arctg}(\frac{\cos18°8' \cdot \cos43°07' - 0{,}15126)}{\sqrt{\sin^2 18°8' + \cos18°8' \cdot \sin43°07'}} = 31°95',$$

$$\gamma_{зс2} = \text{arctg}(\frac{\cos18°63' \cdot \cos43°26' - 0{,}15126)}{\sqrt{\sin^2 18°63' + \cos18°63' \cdot \sin43°26'}} = 31°86'.$$

Таблица 4.5 - Результаты расчетов

Место установки земной станции	ИСЗ «KazSat 3»		
	$\Delta\beta$, град	Az, град	γ, град
Заилийский Алатау	$18°8'$	$153°5'$	$31°95'$,
Алматы	$18°63'$	$154°98'$	$31°86'$

4.1.1 Расчет затухания сигнала при распространении сигнала

Затухание в свободном пространстве – это главная причина потерь при распространении сигнала, которая происходит из-за сферической расходимости фронта волны. Затухание может быть найдено из формулы 4.3:

Определим ослабление сигнала за счет сферической расходимости фронта волны по формуле:

$$L_0 = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2}{\lambda}, \tag{4.4}$$

где L_0 – затухание энергии в свободном пространстве;

λ - длина волны, м;

d – расстояние от земной станции до спутника, м.

Рассчитаем наклонную дальность между земными станциями и бортовым ретранслятором по формуле:

$$d = 42644 \cdot \sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos(\psi)},$$

где d – расстояние от ЗС до КС, км;

$$\cos(\psi) = \cos\xi \cdot \cos\Delta\beta, \tag{4.5}$$

ξ– широта земной станции, град.;

$\Delta\beta$– разность долгот между спутником и земной станцией, град.

Подставим исходные данные в формулу (4.5), получим расстояния между станциями ЗС-ИСЗ:

ЗС-1 в Заилийском Алатау

$$\cos(\psi) = \cos(43°07') \cdot \cos(18°8') = 0{,}6915,$$

$$d_{зс1} = 42644 \cdot \sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos(\psi)} = 38040 \text{ км}.$$

ЗС-2 в г.Алматы

$$\cos(\psi) = \cos(43°26') \cdot \cos(18°63') = 0{,}691,$$

$$d_{зс2} = 42644 \cdot \sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos(\psi)}, = 38050 \text{ км}.$$

Затухание сигнала зависит частоты, то есть и от длины волны. Линия вверх работает на частоте 14 ГГц, линия вниз на 11 ГГц.

$$\lambda_{\uparrow} = \frac{c}{f_{\uparrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{14 \cdot 10^9} = 0{,}021 \text{ м},$$

$$\lambda_{\downarrow} = \frac{c}{f_{\downarrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{11 \cdot 10^9} = 0{,}027 \text{ м}.$$

Для ЗС-1(Заилийский Алатау) затухание энергии сигналов в свободном пространстве:

$$L_{0\uparrow} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (38040 \cdot 10^3)^2}{0{,}021^2} = 5{,}176 \cdot 10^{20} \text{ раз},$$

Переведем в децибелы:

$$L_{0\uparrow} = 10 \log(5{,}176 \cdot 10^{20}) = 207{,}140 \text{ дБ}.$$

Для линии «вниз»:

$$L_{0\downarrow} = \frac{16 \cdot 3{,}14^2 \cdot (37751 \cdot 10^3)^2}{0{,}027^2} = 3{,}133 \cdot 10^{20} \text{ раз},$$

$$L_{0\downarrow} = 10 \log(3{,}133 \cdot 10^{20}) = 204{,}959 \text{ дБ}.$$

Кроме того, что сигнал затухает в свободном пространстве на него влияют множество физических факторов. Например, поглощение в свободной атмосфере, рефракция радиоволн, поглощение в осадках. Также на приемопередатчик спутниковой и земной станции кроме собственных флуктуационных шумов влияют помехи из космоса, планет и Солнечного излучения. Для оптимального проектирования системы следует учесть все факторы , чтобы обеспечивать устойчивую связь в трудных условиях, исключая лишние запасы на энергию, которые приводят к ненужному увеличению апертур приемных антенн[14].

Расчет дополнительного затухания сигнала в атмосфере и затуханий вызванных дождем, туманом и облаками, из-за неточного наведения антенны

на спутник выполняется один раз для линий Заилийский Алатау-KazSat3 и KazSat3-Алматы потому что спутник расположен на геостационарной орбите и покрывает Казахстан, то есть параметры значительно не изменятся. Большинство потерь сигнала в тропосферном пространстве является случайным, потому что зависят не только от угла места и длины пути трассы, но и от поглощения в дожде. Интенсивность дождя является случайной , чем выше частота на которой работает станция, тем больше потери в дожде.

4.1.2 Расчет дополнительного затухания энергии сигнала на линиях вверх и вниз

Дополнительные потери связаны со следующими явлениями:
- поглощение энергии сигнала в газообразной среде атмосферы;
- потери из-за рефракции и неточности наведения антенн;
- фазовые эффекты в атмосфере;
- потери из-за несогласованности поляризаций антенн;
- деполяризация радиоволн в атмосфере.

Таким образом, вышесказанное можно сформулировать как:

$$L_{доп} = L_а + L_д + L_н, \tag{4.6}$$

где $L_{доп}$ – дополнительное затухание (потери) сигнала, дБ;

$L_а$ – поглощение энергии сигнала в атмосфере, дБ;

$L_д$ – потери в осадках (дождь, мокрый снег), дБ;

$L_н$ – потери из-за рефракции и неточности наведения антенн, дБ.

4.1.3 Расчет потерь сигнала в нормальной атмосфере

На частотах, которые использует спутниковая связь, атмосферное влияние проявляется как поглощение радиоволн в ионосфере и, искривления траектории радиолуча после рефракции, изменения формы и вращение плоскости поляризации радиоволн, а также помехами вызываемыми тепловым атмосферным излучением и шумами поглощения.

Рассчитаем поглощение радиоволн в атмосфере которое определяется коэффициентом La. При f > 0,5 ГГц поглощение радиоволн определяется в тропосфере, то есть газами тропосферы – кислородом и водяными парами, дождем и прочими гидрологическими факторами:

$$L_a = L'_{O2} \cdot l_1 + L'_{H2O} \cdot l_2, \tag{4.7}$$

где L'_{O2} – коэффициент погонного поглощения в кислороде, дБ/км;

L'_{H2O}– коэффициенты погонного поглощения в водяных парах, дБ/км;

l_1 – эквивалентная длина пути сигнала в кислороде, км;

l_2 – эквивалентная длина пути сигнала в водяных парах, км.

Коэффициенты поглощения для стандартной атмосферы находим из зависимости коэффициентов молекулярного поглощения для кислорода и водяных паров (рисунок 3.2).

Находим значения из рисунка 3.2 для частоты 14 ГГц: L'_{O2} = 0,007 дБ/км, L'_{H2O}=0,015дБ/км.

Значения для частоты 11 ГГц: L'_{O2} = 0,0073 дБ/км, L'_{H2O}=0,008 дБ/км.

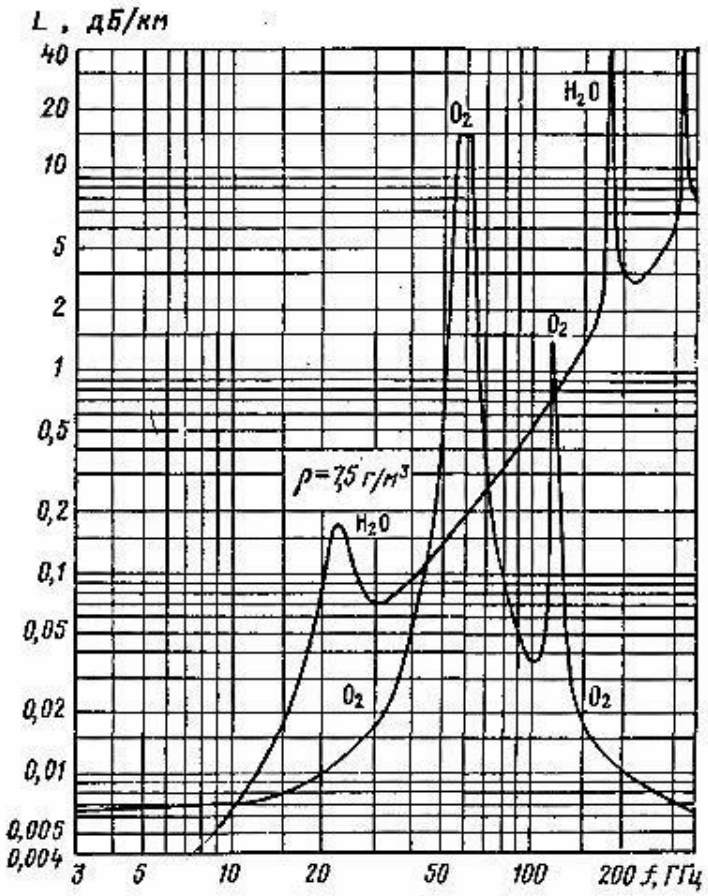


Рисунок 4.3 – Зависимость коэффициента молекулярного поглощения для кислорода O_2 и водяных паров H_2O

Эквивалентная длина пути сигнала в обычной атмосфере зависит и от эквивалентной толщины атмосферы для кислорода и водяных паров (h_{O2} и h_{H2O}), а также от угла места для антенны земной станции γ и высоты РС над уровнем моря $h_з$.

$$l_1 = \frac{h_{O2} - h_3}{\sin\gamma}; l_2 = \frac{h_{H2O} - h_3}{\sin\gamma}, \qquad (4.8)$$

где γ – угол места антенны ЗС, град; hЗ – высота ЗС над уровнем моря;

h_{O2}≈ эквивалентная толщина слоя кислорода в стандартной атмосфере,

равная 5,3км;

h_{H2O}≈ эквивалентная толщина слоя водяных паров в стандартной атмосфере, равная 2,1 км.

Преобразовываем в формулу (3.7):

$$L_a = L'_{O2} \cdot \frac{h_{O2} - h_3}{\sin\gamma} + L'_{H2O} \cdot \frac{h_{H2O} - h_3}{\sin\gamma}, \quad (4.9)$$

Находим ослабление сигнала линии вверх в атмосфере для ЗС в Заилийском Алатау:

$$L_{a\uparrow} = 0{,}007 \cdot \frac{8{,}885 - 3{,}585}{31°95'} + 0{,}015 \cdot \frac{5{,}685 - 3{,}585}{31°95'} = 0{,}129 \text{ дБ}.$$

Для линии вниз:

$$L_{a_\downarrow} = 0{,}0073 \cdot \frac{8{,}885 - 3{,}585}{31°95'} + 0{,}008 \cdot \frac{5{,}685 - 3{,}585}{31°95'} = 0{,}1049 \text{ дБ}.$$

Находим ослабление сигнала линии вверх в атмосфере для ЗС в Алматы:

$$L_{a\uparrow} = 0{,}007 \cdot \frac{5{,}3 - 0{,}768}{31°86'} + 0{,}015 \cdot \frac{2{,}1 - 0{,}768}{31°86'} = 0{,}098 \text{ дБ}.$$

Для линии вниз:

$$L_{a_\downarrow} = 0{,}0073 \cdot \frac{5{,}3 - 0{,}768}{31°86'} + 0{,}008 \cdot \frac{2{,}1 - 0{,}768}{31°86'} = 0{,}0829 \text{дБ}.$$

Таблица 4.6 – Ослабление сигнала в атмосфере

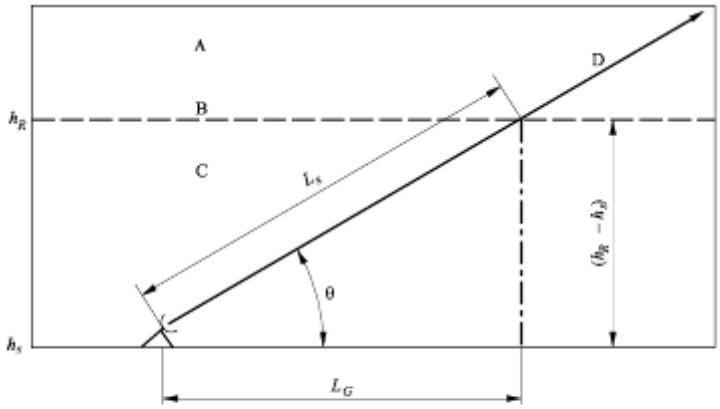
Место установки земной станции	$L_{a\uparrow}$,дБ	$L_{a\downarrow}$,дБ
Заилийский Алатау	0,129	0,1049
Алматы	0,098	0,0829

4.1.4 Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного дождем

Интенсивность рассеивания и поглощения энергии радиоволн в дожде зависит от интенсивности дождя I_m(мм/ч). Также, зависит от размера области осадков, электрических свойств частиц, климатического пояса в котором расположена ЗС, а также неравномерность осадков. Дожди с большой

интенсивность обычно локализуются и имеют пик интенсивности, а также зону где интенсивность убывает по мере удаления от пика, но чем сильнее интенсивность, тем меньше его продолжительность по времени.

Важным фактором для расчетов ослабления сигнала в дожде является также их средняя продолжительность в климатической зоне или среднегодовая интенсивность, которая для этого района превышает её 0,01% времени [15].



A: осадки в виде замерзших частиц
B: высота слоя дождя
C: жидкие осадки
D: трасса Земля-космос

Рисунок 4.4 - Схематическое представление трассы Земля-космос с указанием исходных параметров для процесса прогнозирования ослаблением

Республика Казахстан согласно Рекомендациям МСЭ относится к зоне E, следовательно, интенсивность дождя для 0,001% худшего времени года составляет $I_Д$ = 22 мм/ч. Чтобы определить ослабление сигнала в дожде на линии Заилийский Алатау-KazSat3 и KazSat3-Алматы, нужно посчитать длину пути сигнала в дожде. Согласно Рекомендации МСЭ средняя высота нулевой изотермы определяется формулой:

$$h_E = 5{,}1 - 2{,}151 \cdot \lg(1 + 10^{\frac{\xi - 27°}{25}}) \qquad (4.10)$$

где h_E– средняя высота нулевой изотермы, км;

ξ– широта земной станции, град.

Высота дождя определяется согласно рекомендации МСЭ-R.P.839, умножением h_E на эмпирический коэффициент, который учитывает, что в тропических зонах высота дождя часто значительно ниже уровня замерзания:

$$h_Д = C \cdot h_E, \qquad (4.11)$$

где C – эмпирический коэффициент.

Для климатической зоны Казахстана C = 1 при |ξ| > 40° (согласно статистическим данным). Из этого следует, что $h_д = h_E$.

Также учитывается неравномерность дождя в пространстве в горизонтальном направлении. Длина пути сигнала, по наклонной трассе от земной станции до высоты дождя определяется по формуле:

$$d_д = \frac{2 \cdot (h_д - h_з)}{\sqrt{\sin^2\gamma} + 2 \cdot (h_д - h_з) + \sin\gamma}, \text{при } \gamma < 10°, \quad (4.12)$$

$$d_д = \frac{(h_д - h_з)}{\sin\gamma}, \text{при } \gamma > 10°. \quad (4.13)$$

где $d_д$ – длина пути сигнала, по наклонной трассе от ЗС до высоты дождя, км;

$h_з$– высота ЗС над уровнем моря, км;

γ– угол места антенны ЗС, град.

Также для расчёта необходимо знать горизонтальную проекцию наклонной трассы, которую можно определить по формуле:

$$d_Г = d_д \cdot \cos\gamma, \quad (4.14)$$

где $d_Г$ – горизонтальная проекция наклонной трассы, км;

$d_д$ – длина пути сигнала, по наклонной трассе от ЗС до высоты дождя, км;

γ– угол места антенны ЗС, град.

А также фактор уменьшения, учитывающий неравномерность дождя для 0,01% времени:

$$r_{0,01} = \frac{90}{90 + 4 + d_г}, \quad (4.15)$$

где $r_{0,01}$ – фактор уменьшения, безразмерная величина;

$d_г$ – горизонтальная проекция наклонной трассы, км.

Окончательно ослабление сигнала в дожде определяется, как значение, превышаемое в 0,01% среднего года, по формуле:

$$L_д = L'_д \cdot r_{0,01} \cdot d_д, \quad (4.16)$$

где $r_{0,01}$ – фактор уменьшения, безразмерная величина;

$d_д$ – длина пути сигнала, по наклонной трассе от ЗС до высоты дождя, км;

$L'_д$ – погонное ослабление сигнала в дожде, дБ/км.

Функции погонного ослабления $L'_д$ для данной интенсивности $I_д$, в

диапазоне частот 9…30 ГГц могут быть аппроксимированы степенной зависимостью:

$$L'_{д} = \theta_{д} \cdot I_{д}^{\psi_{д}}, \tag{4.17}$$

где коэффициенты $\psi_{Д}$ и $\theta_{Д}$ являются функциями частоты и равны:

$$\psi_{д} = 1{,}47 - 0{,}09\sqrt{f}, \tag{4.18}$$

$$\theta_{д} = -10^{-3} + 5{,}1 \cdot 10^{-5} \cdot f^{2{,}45}, \tag{4.19}$$

Согласно методике предложенной в Рекомендациях МСЭ рассчитаем данные для ЗС в городе Алматы и горах Заилийского Алатау.

Произведем расчет для ЗС в горах Заилийского Алатау ($h_З$ = 3585м).

Рассчитаем среднюю высоту нулевой изотермы и высоту дождя по формулам (4.10) и (4.11):

$$h_E = h_{д} = 5{,}1 - 2{,}151 \cdot \lg\left(1 + 10^{\frac{31°95' - 27°}{25}}\right) = 4{,}448 \text{ км}.$$

Длина пути сигнала, по наклонной трассе от станции до высоты дождя при γ>10°:

$$d_{д} = \frac{(4{,}448 - 3{,}585)}{\sin 31°95'} = 1{,}632 \text{ км}.$$

Горизонтальная проекция наклонной трассы:

$$d_{Г} = 1{,}632 \cdot \cos 31°95' = 1{,}385 \text{ км}.$$

Фактор уменьшения, учитывающий неравномерность дождя для 0,01% времени:

$$r_{0{,}01} = \frac{90}{90 + 4 + 1{,}385} = 0{,}9435.$$

Находим коэффициенты $\psi_{д}$ и $\theta_{д}$ на частоте 14 ГГц:

$$\psi_{д} = 1{,}47 - 0{,}09\sqrt{14} = 1{,}133,$$

$$\theta_{д} = -10^{-3} + 5{,}1 \cdot 10^{-5} \cdot 14^{2{,}45} = 0{,}0318.$$

Погонное ослабление сигнала в дожде для интенсивности Iд = 22 мм/ч на частоте 14ГГц:

$$L'_{д} = 0{,}0318 \cdot 22^{1{,}133} = 1{,}0554 дБ/км.$$

Коэффициенты $\psi_{д}$ и $\theta_{д}$ на частоте 11 ГГц:

$$\psi_{д} = 1{,}47 - 0{,}09\sqrt{11} = 1{,}1715,$$

$$\theta_{д} = -10^{-3} + 5{,}1 \cdot 10^{-5} \cdot 11^{2{,}45} = 0{,}0172.$$

Погонное ослабление сигнала в дожде для интенсивности Iд = 22 мм/ч на частоте 11ГГц:

$$L'_{д} = 0{,}0172 \cdot 22^{1{,}1715} = 0{,}6413 \text{ дБ/км}.$$

Ослабление сигнала в дожде на частоте 14 ГГц:

$$L_{д} = 1{,}0554 \cdot 0{,}9435 \cdot 1{,}6323 = 1{,}6255 \text{ дБ}.$$

На частоте 11 ГГц:

$$L_{д} = 0{,}6413 \cdot 0{,}9435 \cdot 1{,}6323 = 0{,}9876 \text{ дБ}.$$

Производим расчеты для ЗС в г.Алматы ($h_З$ = 768м).

Рассчитаем среднюю высоту нулевой изотермы и высоту дождя по формулам (4.10) и (4.11):

$$h_E = h_{д} = 5{,}1 - 2{,}151 \cdot \lg\left(1 + 10^{\frac{31°86' - 27°}{25}}\right) = 4{,}4488 \text{ км}.$$

Длина пути сигнала, по наклонной трассе от станции до высоты дождя при γ>10°:

$$d_{д} = \frac{(4{,}4488 - 0{,}768)}{\sin 31°85'} = 6{,}9733 км.$$

Горизонтальная проекция наклонной трассы:

$$d_{Г} = 6{,}9733 \cdot \cos 31°86' = 5{,}9227 км.$$

Фактор уменьшения, учитывающий неравномерность дождя для 0,01% времени:

$$r_{0,01} = \frac{90}{90 + 4 + 5,9227} = 0,9007.$$

Ослабление сигнала в дожде на частоте 14 ГГц:

$$L_д = 1,0554 \cdot 0,9007 \cdot 6,9733 = 6,629 \text{ дБ}.$$

На частоте 11 ГГц:

$$L_д = 0,6413 \cdot 0,9007 \cdot 6,9733 = 4,0276 \text{ дБ}.$$

Таблица 4.7 - Ослабление уровня сигнала, вызванного дождем

Место расположения ЗС	$h_E = h_д$, км	$d_д$,км	$d_Г$, км	$r_{0,01}$	$L_д$, дБ	$L_д$, дБ
Заилийский Алатау	4,448	1,632	1,385	0,9435	1,6255	0,9876
Алматы	4,4488	6,9733	5,9227	0,9007	6,629	4,0276

4.1.5 Расчет ослабления уровня сигнала, из-за рефракции и неточности наведения антенны на ИСЗ

Рефракция радиоволн приводит к образованию угла между истинным и кажущимся направлениями на спутник, что может привести к дополнительному ослаблению сигнала, вызванное неверным наведением антенны земной станции и спутника друг на друга. Угловое отклонение, вызванное рефракцией, составляет несколько десятых долей градуса и может быть скомпенсировано или сведено к минимуму предварительной коррекцией направленности антенн. Так как в диапазонах 14/11 ГГц и выше влияние рефракции пренебрежимо мало, то не будем его учитывать [16].

Однако дополнительно могут возникнуть потери из-за неточности наведения антенны, которые зависят от метода установки и конструкции (включая механическую часть) устройства наведения. Этот вид потерь носит неподдающийся оценке статистический характер, и может примерно на 0,2 дБ увеличить общие потери, таким образом:

$$L_н \approx 0,2 \text{ дБ}.$$

Поляризационные потери складываются из потерь, вызванных несогласованностью поляризации, потерь, связанных с эффектом Фарадея, и потерь из-за деполяризации радиоволн в осадках. Для частот выше 10 ГГц в спутниковых системах используют линейную поляризацию, так как в этом случае поляризационные потери незначительны и можно ими пренебречь.

Дополнительное затухание для ЗС в горах Заилийского Алатау линия вверх:

$$L_д = 0{,}129 + 1{,}5157 + 0{,}2 = 1{,}9551 \text{ дБ}.$$

Дополнительное затухание для ЗС в г.Алматы линия вниз:

$$L_д = 0{,}0829 + 4{,}3105 + 0{,}2 = 4{,}3105 \text{ дБ}.$$

4.1.6 Суммарная шумовая температура

Полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, состоящей из антенны, волноводного тракта и собственно приемника, пересчитанная к входу приемника:

$$T_\Sigma = T_A + T_0 \cdot \frac{(1-\eta)}{\eta} + \frac{T_ш}{\eta} \qquad (4.20)$$

где T_Σ- включает космическое радиоизлучение, излучение атмосферы, земной поверхности, собственные шумы антенны;

T_A = 60К – шумовая температура приемной антенны; T_0=290К;

η – КПД АФТ КС.

$T_Ш$ – собственная шумовая температура приемника.

$$T_ш = (K_ш - 1) \cdot T_0, \qquad (4.21)$$

где $K_ш$ - коэффициент шума приемника КС.

Для линии вверх собственная шумовая температура приемника:

$$T_{ш\uparrow} = (2 - 1) \cdot 290 = 290\text{К}.$$

Линия вниз:

$$T_{ш\downarrow} = (2{,}5 - 1) \cdot 290 = 435\text{К}.$$

Эквивалентная шумовая температура приемного тракта для линии вверх (Заилийский Алатау – KazSat-3):

$$T_\Sigma = 60 + 290 \cdot \frac{(1-0{,}9)}{0{,}9} + \frac{290}{0{,}9} = 414{,}44 \text{ К},$$

Эквивалентная шумовая температура приемного тракта для линии вниз (KazSat-3 –Алматы):

$$T_{\Sigma} = 24 + 290 \cdot \frac{(1 - 0{,}8)}{0{,}8} + \frac{459}{0{,}8} = 640{,}25К,$$

4.1.7 Энергетические характеристики радиолинии

Спутниковая радиолиния состоит из участка ЗС-ИСЗ линия вверх, ИСЗ-ЗС линия вниз. Рассчитаем мощность передатчика для линии вверх и вниз.

Мощность передатчика земной станции рассчитывается по формуле:

$$P_{зс} = \frac{L_0 \cdot P_n \cdot L_{доп}}{G_{прд} \cdot G_{прм} \cdot \eta_{прд} \cdot \eta_{прм}} \cdot a \cdot \left(\frac{P_c}{P_ш}\right), \quad (4.22)$$

где P_n– полная мощность шума на входе приемника; $L0$ – затухание энергии в свободном пространстве; $L_{доп}$ – дополнительное затухание сигнала;

η_x– потери в антенно-волноводном тракте;

G_x– коэффициент усиления антенны передатчика; а – коэффициент запаса для линии вверх.

Отношение сигнал/шум для спутниковых линий связи выбирается из диапазона от 11 до 16 дБ. Так как проектируемая линия предназначена для передачи данных, можно использовать минимальное значение 11 дБ.

Полную мощность шума на входе приемника КС найдем по формуле:

$$P_n = k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{Ш}, \quad (4.23)$$

где $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$(Вт/Гц · град) – постоянная Больцмана;

$T\Sigma$– эквивалентная шумовая температура приемного тракта;

$\Delta f_{Ш} = 2 \cdot 10^6$ Гц - шумовая полоса приемника.

$$P_n = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 414{,}44 \cdot 2 \cdot 10^6 = 1{,}1447 \cdot 10^{-14}Вт.$$

Коэффициент усиления антенны приемника (КС) равен 29 дБ:

$$G_{прм} = 29дБ = 10^{\frac{29}{10}} = 794{,}32.$$

Коэффициент усиления земной станции:

$$G_{прд} = \frac{10 \cdot g \cdot D_A^2}{\lambda_{\uparrow}^2}, \quad (4.24)$$

где D_A – диаметр антенны ЗС, м;

g = 0,6…0,8 – коэффициент использования поверхности антенны;

$\lambda\uparrow$ – длина волны для участка «вверх», м.

$$G_{прд} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}2^2}{0{,}021^2} = 26122{,}44$$

$$G_{прд} = 10 \log(26122{,}44) = 44{,}17 \text{ дБ}.$$

Подставляем полученные значения в формулу (1.20):

$$P_{зс} = \frac{5{,}1763 \cdot 10^{20} \cdot 1{,}1447 \cdot 10^{-14} \cdot 1{,}5686}{26122{,}44 \cdot 794{,}32 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}8} \cdot 3{,}98 \cdot 12{,}58 = 31{,}179 \text{ Вт}$$

Переведем полученное значение мощности передатчика земной станции в децибелы:

$$P_{прд} = 10 \log(31{,}179) = 14{,}93 \text{дБ}.$$

Теперь определим мощность передатчика космической станции:

$$P_{кс} = \frac{L_0 \cdot P_n \cdot L_{доп}}{G_{прд} \cdot G_{прм} \cdot \eta_{прд} \cdot \eta_{прм}} \cdot b \cdot \left(\frac{P_c}{P_ш}\right), \qquad (4.25)$$

где P_n– полная мощность шума на входе приемника;

L_0 – затухание энергии в свободном пространстве;

$L_{доп}$-дополнительное затухание сигнала;

$\eta_{прд}$– потери в антенно-волноводном тракте;

$G_{прд}$– коэффициент усиления антенны передатчика;

b – коэффициент запаса для линии вниз.

Найдем полную мощность шума на входе приемника по формуле (4.23):

$$P_n = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 640{,}25 \cdot 2 \cdot 10^6 = 1{,}7684 \cdot 10^{-14} \text{Вт}.$$

Коэффициент усиления антенны передатчика (КС) равен 33 дБ:

$$G_{прд} = 25 \text{дБ} = 10^{\frac{25}{10}} = 316{,}22.$$

Коэффициент усиления земной станции:

$$G_{прм} = \frac{10 \cdot g \cdot D_A^2}{\lambda_{\uparrow}^2}, \quad (4.26)$$

где D_A – диаметр антенны ЗС, м;

g = 0,6…0,8 – коэффициент использования поверхности антенны;

$\lambda\uparrow$ – длина волны для участка «вверх», м.

$$G_{прм} = \frac{10 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}8^2}{0{,}027^2} = 35555{,}56$$

$$G_{прм} = 10 \log(35555{,}56) = 45{,}51 \text{ дБ}.$$

Подставляем полученные значения в формулу (3.28):

$$P_{кс} = \frac{3{,}133 \cdot 10^{20} \cdot 1{,}7684 \cdot 10^{-14} \cdot 2{,}6981}{35555{,}56 \cdot 316{,}22 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}8} \cdot 1{,}32 \cdot 12{,}58 = 30{,}6439 \text{ Вт}$$

Переведем полученное значение мощности передатчика космической станции в децибелы:

$$P_{кс} = 10 \log(30{,}6439) = 14{,}86 \text{дБ}.$$

5 Безопасность жизнедеятельности

В данном дипломном проекте на тему: «Разработка системы мониторинга уровня воды Моренного озера №6 в горах Заилийского Алатау» разрабатывается линия передачи данных с использованием спутниковой системы связи. В качестве рабочего офиса используется помещение 5х4х3 (м). В помещении должны быть организованы 2 рабочих места, для оператора и инженера руководителя. В разделе безопасности жизнедеятельности дипломного проекта будут произведены расчет естественного и скусственного освещения рабочего места оператора и инженера, расчет по улучшению системы кондиционирования.

5.1 Анализ условий труда в используемом помещении

5.1.1 Характеристика помещения.

Технический персонал центра управления сетью состоит из технического директора, оператора базы данных и четырехсменных дежурных-операторов. В дневную смену в помещении ЦУС работает два человека, технический директор, сменный дежурный-оператор. В ночную смену в помещении ЦУС работает один сменный дежурных-оператор. Так как работа оператора проходит за компьютером в положении сидя, это влияет на физическое и психическое состояния оператора, а также может повлиять на

эффективность работы системы мониторинга, например в экстримальной ситуации. Снижение физической активности в ходе интелектуального труда влияет на здоровье работников. Операторы обрабатывают и запоминают большое количество информации , принимают важные решения о чрезвычайных ситуациях, управляют и контролируют систему, то есть их работа содержит интеллектуальные, психологические процессы, восприятие информации, мышление, память.

Режим труда операторов организован в три или две смены по 8 или 12 часов соответственно. При круглосуточном сменном режиме труда перерывы для приема пищи и кратковременного отдыха не регламентированы и входят в рабочее время.

Оборудование, используемое для офиса:

Системный блок: IntelCore2Quad2.77Ghz, S885, DDRII 3Gb (900) MhzPQI, GF 8800 1024Mb, HDD 500 GbWD, PCI адаптер;

Монитор: 18" Samsung;

Модем TP-Link TD-8840T;

Источник постоянного тока и напряжения: МПЗ-СТН-800;

Габариты, см: 48,36×55,8×48,4.

Все рабочие специалисты проинструктированы по технике безопасности и имеют доступ к оборудованию, соответственный опыт работы, в отличие от других обычных работников.

Помещение рабочего места прямоугольной формы с параметрами: длина – 5 метров, ширина – 4 метров, высота – 3 метра с белым потолком, побеленными стенами. Помещение рассчитано на два сидячих рабочих места в качестве средств труда используется: 1 компьютер, сервер с базой данных.

Площадь помещения $S_{контр}$=5×4=20 м^2 , объем – $V_{контр}$=20×3=60 м^3 . Следовательно на одного человека приходится площадь 20/2=10 м^2 и объем, равный 30 м^3. Рабочее место для выполнения работы в положении сидя соответствует требованиям ГОСТа (ГОСТ 12.2.032-78). Рабочее место для сидячей работы. Общие эргономические требования. В процессе работы оператор должен находится в положении, показанном на рисунке 5.2.

В комнате нет источников, производящих постоянные шумы и вибрации. С помощью звукоизоляционных пластиковых окон комната защищена от внешних раздражающих источников шума. Рабочее место инженера руководителя должно обладать следующими свойствами: удобное большое рабочее пространство, которое позволит перемещаться и совершать все необходимые движения при техническом обслуживании оборудования. Должна учитываться подходящая слуховая, зрительная и физическая связь с операторами и оборудованием в процессе общей трудовой деятельности, необходимо рационально расположить рабочие места с безопасными проходами, расчитать значение естественного и искусственного освещения для своевременного выполнения трудовых поставленных задач[18].

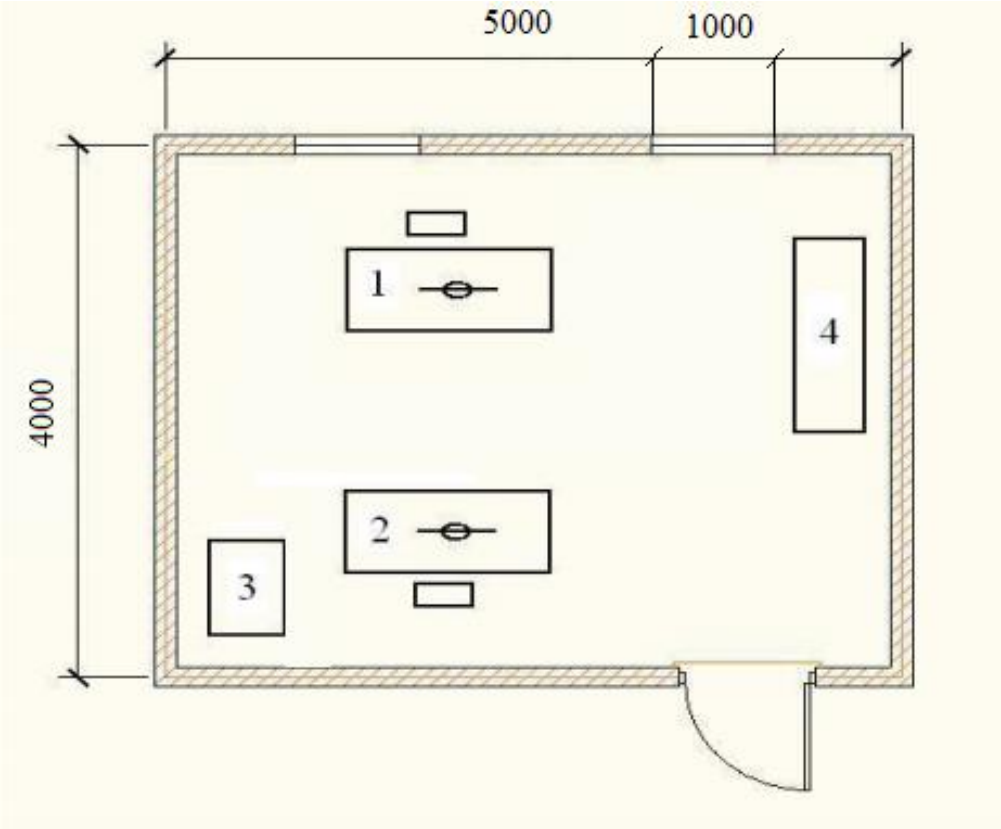


Рисунок 5.1- План помещения и расположение оборудования

В помещении расположено следующее оборудования для непрерывного мониторинга системы:

- персональные компьютеры (1 и 2);
- модем (2);
- сервер (3)
- шкаф для документации (4)

Организация рабочих мест осуществлена на основании современного офисного стандарта требований к рабочему помещению. Заказ рабочей мебели, столов и кресел дает возможность отрегулировать мебель для каждого работника индивидуально, создает удобную позу для последующей работы и повышает трудоспособность. Объекты мебели находятся в оптимальной рабочей зоне. Компьютеры соответствуют нормам для организации системы мониторинга, будет использовано программное обеспечение Windows, так как интерфес программы Accutech Manager совместим с данной системой. Шкаф необходим для хранения документации, для порядка на рабочих местах. Модем используется для широкополосного доступа к сети интернет. Рабочее место для выполнения работы в положении сидя соответствует требованиям ГОСТа (ГОСТ 12.2.032-78).

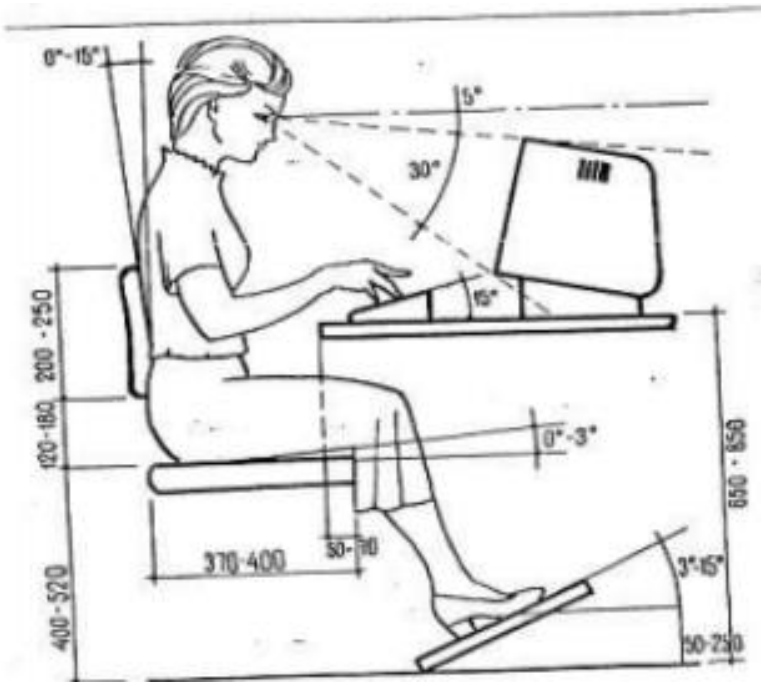


Рисунок 5.2 –Рабочее место оператора системы мониторинга

5.1.2 Нормирование параметров микроклиматических условий.

Микроклиматические условия параметров внутренней среды в рабочем помещении можно определить действием на организм работника температуры, влажности и скорости движения воздуха, также учитывается температура поверхностей оборудования и излучения тепла.

Показатели, которые описывают микроклимат, являются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения. Обычно микроклимат оценивают как рабочую зону, представляющей собой пространство высотой до 2 метров над уровнем мест постоянного или временного нахождения работников.

Комбинации параметров микроклимата, которые в долгосрочной перспективе статических эффектов в организме человека могут привести к переносу и быстрому нормализованному изменению теплового состояния организма, сопровождающихся механизмами терморегуляции напряжения, не выходят за рамки физиологических особенностей рассматриваются как приемлемые климатические условия. В этом случае нет никаких повреждений тела или нарушений состояния здоровья, но работники могут испытывать дискомфорт теплового ощущения, ухудшение здоровья и снижения эффективности. Микроклимат рабочей аудитории оказывает существенное влияние на работника. Отклонения индивидуальных климатических параметров от рекомендованных значений снижают эффективность, ухудшают состояние работника здоровья и могут привести к профессиональным заболеваниям [19].

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 и СНиП 2.04.05-86 ССБТ "Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования", работа людей в аудитории

относится к работе легкой физической тяжести (производится сидя, стоя или связана с ходьбой и сопровождается некоторым физическим напряжением). Категории работ по энергетическим затратам рассмотрены в таблице таблица 5.1.

Таблица 5.1 – Категории работ по энергозатратам организма

Работа, Категория	Энергозатраты организма, Дж/с (ккал/час)	Параметр работы
Легкая физическая Iб	38-172 (120-150)	Производится сидя, стоя или связана с ходьбой и сопровождается некоторыми физическими нагрузками

Оценка микроклимата. В таблице 5.2 рассмотрены оптимальные нормы параметров микроклимата с учетом периода года согласно ГОСТ 12.0.003-88. ССБТ для легкой физической работы. Оборудование в нашем рабочем офисе не является источником выделения тепла (очень незначительное выделение тепла аппаратурой никаким образом не оказывает влияние на микроклимат исследуемого помещения). Климатические условия эксплуатации оборудования полностью совпадают с климатическими условиями, нормированными для работающего персонала. В работе офис не обеспечивает сеть вентиляции воздуха, но естественная вентиляция не может поддерживать климатические параметры обслуживаемые помещения в пределах нормы. То есть, чтобы поддерживать условия микроклимата в комнате, целесообразнее оснастить комнату системой кондиционирования воздуха.

Таблица 5.2 – Оптимальные нормы параметров микроклимата

Период работы	Категория работы	Температура, С°	Скорость движения воздуха не наиболее, м/с
Холодный и переходный	I б	21-23	0.1
Теплый	I б	22-24	0.2

5.2 Анализ системы освещения рабочего места

5.2.1 Расчет естественного освещения

В помещения с постоянным пребыванием персонала должно быть хорошее естественное освещение. При проектировании новых зданий или реконструкции старых, при проектировании естественного освещения помещений офиса и других объектов необходимо определить площадь

световых проемов, обеспечивающих нормированное значение КЕО в соответствии с требованиями СНиП РК 2.04-05-2002 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» [20]. Расчет заключается в предварительном определении площади световых проемов при боковом освещении по следующей формуле:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_н \cdot \eta_0 \cdot K_{зд} \cdot K_з}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1}, м^2 \quad (5.1)$$

где S_n– площадь пола помещения, м^2:

$$S_n = B \cdot L = 5 \cdot 4 = 20 м^2$$

$e_н$ – нормированное значение КЕО:

$$e_н = e_{КЕО} \cdot m_N, \quad (5.2)$$

$e_{КЕО}$ – значение КЕО по таблице 3.12 [1] для IV,б: $e_{КЕО} = 1{,}2$

m_N – коэффициент светового климата, определяется по таблице 3.1 [21]: $m_N = 0.65$

$$e_н = 1{,}2 \cdot 0{,}65 = 0{,}78$$

$К_з$ – коэффициент запаса по таблице 3.11 [23]: $К_з$= 1,2;

τ_0 - общий коэффициент светопропускания: $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4$;

τ_1- коэффициент светопропускания материала по таблице 3.3 [21]: для стеклопакета $\tau_1 = 0{,}8$;

τ_2-коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светового проема, принимают по таблице 3,4 [21];

τ 2 = 0,6 – переплеты стальные двойные открывающиеся; коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при боковом освещении равен 1, при верхнем освещении принимают по таблице 3.5 [21];

τ 3 = 0,8– для железобетонных и деревянных опор;

τ4 - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, принимают по таблице 3.6 [15]; τ 4 =1 – жалюзи и шторы.

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

η_0 – световая характеристика окон по таблице 3.2 [21]:

Для определения световой характеристики, η_0, необходимо рассчитать отношение длины помещения к его глубине $\frac{L}{B/2}$, и отношение глубины помещения к расчетной высоте $\frac{B/2}{h_{расч}}$,

$$\frac{L}{B/2} = \frac{4}{5/2} = 1{,}6$$

Найдем $h_{расч}$ (высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна):

$$h_{расч} = h_{ок} + h_{н.ок} - h_{пов}, м \quad (5.3)$$

$$h_{расч} = 1 + 1 - 0{,}8 = 1{,}2 \text{ м}$$

$$\frac{B/2}{h_{расч}} = \frac{5/2}{1{,}2} = 2{,}08$$

Учитывая найденные соотношения найдем световую характеристику, η_0 по таблице 3.2 из [21]: $\eta_0 = 9$

$$\frac{P_{пот} + P_{ст} + P_{пол}}{3} = \frac{70 + 50 + 30}{3} = 50$$

где r1 =1,1;

$K_{зд}$ - коэффициент, учитывающий затемнение оконзданиями стоящими напротив окон. Так как напротив окон лаборатории отсутствуют здания, то принимаем $K_{зд}$=1.

$$S_0 = \frac{20 \cdot 0{,}78 \cdot 9 \cdot 1{,}2 \cdot 1}{100 \cdot 0{,}38 \cdot 1{,}1} = 4 м^2$$

Разделив полученную площадь одного окна на его высоту получим:

$$l_{ок} = \frac{S}{h} = \frac{4}{1} = 4 м$$

Таким образом, для обеспечения необходимой освещенности в центре мониторинга уровня воды в Моренном озере №6 были рассчитаны площадь боковых световых проемов, необходимой для создания нормируемой освещенности на рабочих местах для разряда зрительной работы IV(б). Так как в помещении имеются окна площадью $S_{ок}$=2 $м^2$, а рассчитанное значение площади боковых проемов получилось равным 4 $м^2$, то требуются дополнительные источники света, поэтому следует рассчитать искусственное освещения для офиса.

5.2.2 Расчет искусственного освещения

В комнатах, которые предусматривают общее равномерное освещение горизонтальных поверхностей, освещение можно рассчитать методом коэффициента использования светового потока. По этому методу расчетную освещенность на горизонтальной поверхности определяют с учетом светового потока, падающего от ламп и светильников соответственно на поверхность оборудования и мебели и отраженного света от стен, потолка и самой поверхности.

Разряд зрительной работы IV(б), поэтому нормируемая освещенность 200 лк.[22].

Применяя метод коэффициента использования:

Определение расчетной высоты подвеса:

$$h_{расч} = H - (h_{пов} + h_{свеса}), \tag{5.4}$$

$$h_{расч} = 3 - (0{,}8 + 0{,}1) = 2{,}1м.$$

Определим индекс помещения (i):

$$i = \frac{L \cdot B}{h_{расч} \cdot (L + B)} = \frac{5 \cdot 4}{2{,}1 \cdot (5 + 4)} = 0{,}92$$

Определим коэффициент использования светового потока(η): η=47%

В качестве светильника возьмем ПВЛМ-2х40 с люминесцентной лампой рассчитанный на две лампы мощностью 40 Вт.

Световой поток $F = 3120$ лм

Количество ламп при необходимой освещенности E=200 лк:

$$N = \frac{E_н \cdot S \cdot Z \cdot K_з}{F \cdot \eta}, \tag{5.5}$$

где Z – коэффициент неравномерности освещения, равный 1,1÷1,2;

$K_з$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1, для заданного типа помещения.

$$N = \frac{200 \cdot 20 \cdot 1{,}2 \cdot 1}{3120 \cdot 0.47} \approx 4 \text{ (шт)}$$

Найдем расстояние между светильниками, учитывая λ=0,6÷2,0.

$$L_A = \lambda \cdot h_p = 1{,}2 \cdot 2{,}1 = 2{,}5 \text{ м}$$

$$L_B = \lambda \cdot h_p = 0.95 \cdot 2{,}1 = 2 \text{ м}$$

$$l_a = (0{,}4 \div 0{,}5) \cdot L_A = 0.5 \cdot 2{,}5 = 1{,}25 \text{ м}$$

$$l_b = (0{,}4 \div 0{,}5) \cdot L_B = 0.5 \cdot 2 = 1 \text{ м}$$

Для обеспечения необходимой освещенности помещения с параметрами 4*3*2,5 необходимо установить количество светильников типа ПВЛМ – 2*40, 4 штуки. Характеристики промышленного светильника ПВЛМ, светильник защищенный от пыли и брызг для трубчатых люминесцентных ламп Т8 (диаметр 26 мм) и Т12 (диаметр 38 мм). Конструкция светильника, его корпус и крышка изготовлены из жесткой стали. В качестве покрытия лампы использована порошковая краска. С помощью двух резьбовых замков крепится панель к корпусу лампы. Покрывается металлической решеткой белого цвета. Крепление решетки выполняется с помощью подпружиненных кронштейнов армированными винтами. Установлена изолирующая прокладка из вспененной резины по контуру между корпусом и крышкой. Материал изготовления лампового держателя - поликарбонат (IP76).

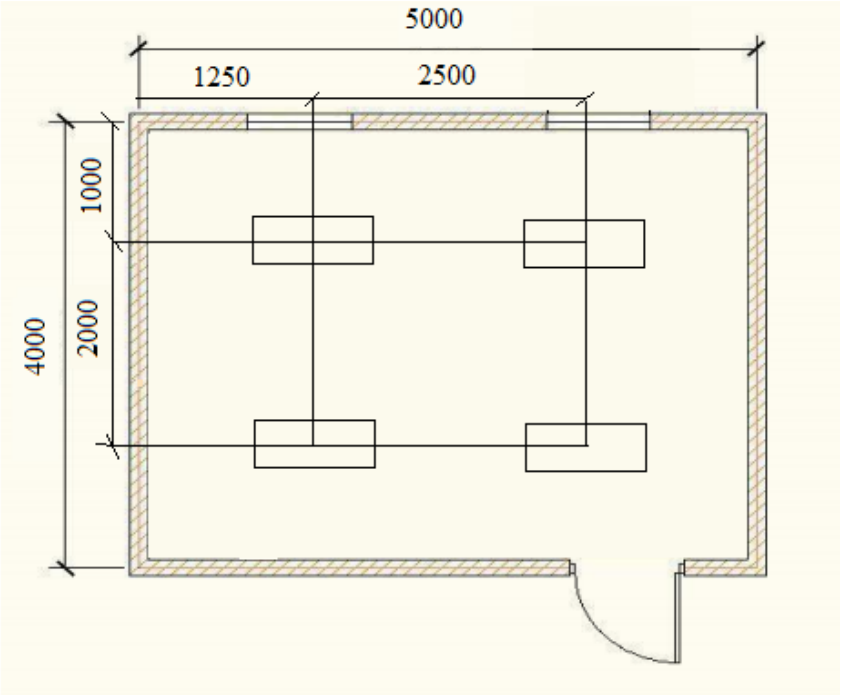


Рисунок 5.3 – План комнаты с расположением светильников

5.3 Мероприятия по улучшению системы кондиционирования.

В расчете по улучшению системы кондиционирования надо учитывать истребления всех нежелательных факторов, таких как избытков тепла, влаги, паров, газов и пыли. Тепловые поступления и тепловые потери в результате разности температур окружающей среды и комнаты.

Для начала необходимо определить избыточное тепло. Баланс теплопоступлений в помещении:

$$Q_{изб} = Q_{изб1} + Q_{изб2} + Q_{изб3} + Q_{изб4}, \quad (5.6)$$

где $Q_{из1}$- избыток тепла от электрооборудования и освещения;

$Q_{из2}$- теплопоступление от солнечной радиации;

$Q_{из3}$- теплопоступления от людей;

$Q_{из4}$- тепло, выделяемое производственным оборудованием

Количество тепла, выделяемого от освещения:

$$Q_{изб1} = E \cdot p, \quad (5.7)$$

где E- коэффициент потерь электроэнергии на теплоотвод (E=0,55 для люминесцентных ламп);

p– суммарная мощность используемых источников освещения;

$$p = 40 \cdot 2 \cdot 4 = 320 Вт,$$

$$Q_{изб1} = 0{,}55 \cdot 320 = 176 Вт.$$

Количество тепла, вносимого за счет солнечной радиации:

$$Q_{изб2} = m \cdot S \cdot k \cdot Q_c, \quad (5.7)$$

где m- число окон, (m=2);

S- площадь окна (S=1,2×1×1,2 м^2);

k- коэффициент, учитывающий характер остекления, (k=1,15);

Таблица 5.3 – Значение коэффициента k

Характеристика остекления	Значение коэффициента k
Остекление двойное в одной раме	1,15
Остекление одинарное	1,45
Загрязнение стекол обычное	0,8
Загрязнение стекол сильное	0,7
Побелка стекол	0,6

Остекление с матовыми стеклами	0,4

Q - теплопоступление от солнечной радиации через один квадратный метр остекления с учетом ориентации по сторонам света (Q =185 Вт/м).

$$Q_{изб2} = 2 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}15 \cdot 185 = 510{,}6 \text{ Вт.}$$

Количество тепла, выделяемое человеком:

Тепловыделения человека зависят от тяжести работы, температуры и скорости движения воздуха в помещении. В расчетах используется явное тепло, т. е. тепло, воздействующее на изменение температуры воздуха в помещении[23].

$$Q_{изб3} = n \cdot Q, \tag{5.8}$$

где q - количество тепла, выделяемое одним человеком;
n - число людей в комнате, n= 2;

$$Q_{изб3} = 2 \cdot 12 = 24 \text{Вт.}$$

Тепло, выделяемое производственным оборудованием:

$$Q_{изб4} = 1000 \cdot P_{об} \cdot \eta \tag{5.9}$$

где 1000 - тепловой эквивалент 1 кВт/ч;
$P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт/ч;
η – коэффициент перехода тепла в помещение.

$$Q_{изб4} = 1000 \cdot 2{,}5 \cdot 0{,}95 = 2375 \text{Вт.}$$

Значение η=0,95 - норма потерь потребляемой мощности на тепловыделения откомпьютеров.

$$Q_{изб} = 2375 + 24 + 510{,}6 + 176 = 3085 \text{Вт.}$$

При наличии тепловых избытков количество воздуха, которое необходимо выводить из помещения:

$$L_b = \frac{Q_{изб}}{C_b \cdot \Delta t \cdot \gamma_b}, \tag{5.10}$$

где $Q_{изб}$– избыточное тепло, ккал/ч1
C_b– теплоёмкость воздуха (0,24 ккал/кг°С);
γ_b=1,206 кг/ м3 – удельная масса приточного воздуха

Величина Δt при расчётах выбирается в зависимости от тепловой напряжённости воздуха:

$$Q_н = \frac{Q_{изб}}{V_n}, \quad (5.11)$$

$Q_н$=51,4 ккал/м3.

Если тепло-напряжённость воздуха $Q_н$ <20 ккал/м3, то принимают Δt=6 С, а при $Q_н$>20 ккал/м3, Δt=8 С.

$$L_b = \frac{3085}{0{,}24 \cdot 8 \cdot 1{,}206} = 1332{,}3\ м^3/ч$$

В данном помещении требуется установка кондиционера.

Необходимое количество кондиционеров рассчитывается по формуле:

$$N = 1332{,}3/1200 \approx 1 кондиционер$$

В результате проделанного расчета выбран кондиционер AUX ASW-(H)25B7/ EW, в количестве 1 единицы. Характеристики кондиционера AUX ASW-(H)26B7/ EW:

- мощность охлаждения и обогревания: 8000/8800 Вт;
- производительность в воздухе: 2000 $м^3$/ч; Размер блока: 1098x315x208 мм;

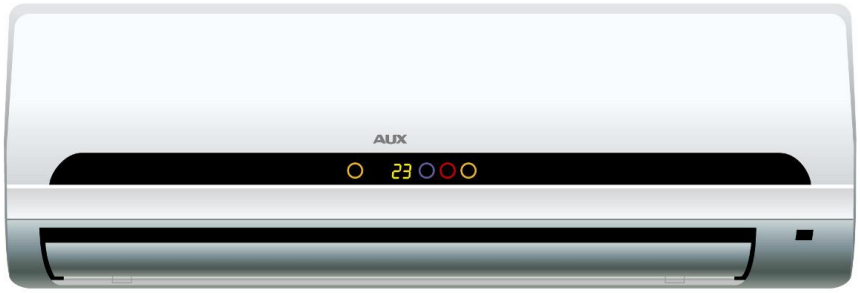


Рис 5.4 - Кондиционер AUX ASW-(H)25B/ EW

5.4 Оснащение помещений средствами противопожарной безопасности и средствами пожаротушения

Оснасти помещение электрической пожарной сигнализацией, в состав которой входят детекторы задымленности, устанавливаются в основной комнате; передача пожарной сигнализации в точку где находится дежурный персонал; автоматические детекторы реагирующие на задымленность монтируется в потолке. Для системы пожарной сигнализации используем

кабели комплексной системы слаботочной сети или самостоятельные одиночные кабели.

Расчет выполнен по методической литературе [23] СНиП РК 2.02.05 – 2002.

Электрическая пожарная сигнализация включает в себя приборы для извещения об опасности, пункт приема данных от сигнализации в случае опасности, работающий круглосуточно с дежурным персоналом и средствами защиты от пожаров.

В качестве прибора для извещения используется пожарный извещатель ДИП-3 реагирующий на дым. Назначение извещателя ДИП-3 состоит в обнаружении пожаров в закрытых помещениях, сопровождающихся появлением задымленности. Если в зоне видимости извещателя появляется дым, то происходит формирование электрического сигнала о предупреждении, которое регистрируется контрольным прибором. Извещатель не может выдать ложные показания в связи с изменением температуры или влажности.

При высоте помещения 3 метра, площадь контролируемая одним извещателем равна 10 м^2.

Определим количество требуемых извещателей ДИП-3 по формуле (5.12):

$$М = Ц \cdot (S/S_0) \qquad (5.12)$$

где Ц –число округленное до ближайшего целого числа;

S – площадь помещения;

S_0 – площадь контролируемая одним ДИП-3.

$$М = Ц \cdot (20/10)=2$$

Разместим в нашем офисе 2 извещателя.

В качестве пульта извещения устанавливается пульт «Топаз - 3 М». С учётом того, что к пульту подключены все помещения. Пульт «Топаз - 3 М» предназначен для контроля десяти зон извещения. В помещении также установим порошковый огнетушитель ОПУ-8. Огнетушитель порошковый унифицированный ОПУ-8 с массой заряда 8 килограмм. Порошковые огнетушители нужны для тушения класса «А» (возгорание твердых веществ и органических материалов), горючих жидкостей или плавящегося под напряжением оборудования до 1000 В на земле и под землей, в общественных и жилых помещениях, складах горючих материалов, также возгорания в транспортных средствах. Технические характеристики огнетушителя приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Характеристики огнетушителя ОПУ-8

Наименования параметров	Нормы для типоразмеров огнетушителей
Масса огнетушащего вещества, кг	9
Длина порошковой струи, метров; не менее.	6
Время приведения огнетушителя в действие, секунд; не более.	5
Время выхода порошка, с; не менее.	12
Остаток огнетушащего порошка, %; не более.	10
Температура среды доступная для использования, С.	-30 +50
Габаритные размеры: Диаметр, мм Высота, мм	 163 570
Масса заряженного огнетушителя, кг.	13,5
Площадь тушения класса В, м2;	3,8
Рабочее давление, Мпа	1,4
Вместимость корпуса, г	9

Согласно расчету выбран порошковый огнетушитель ОПУ-8. Данный огнетушитель предназначается для тушения пожара класса А (твёрдых веществ), класса В (жидких веществ), класса С (газообразных веществ) и электроустановок до 1200 В. Все огнетушители подвергаются своевременным проверкам и заменам.

6 Бизнес-план

6.1 Резюме

В данном дипломном проекте разрабатывается система мониторинга уровня в воды в моренных озерах. Внедрение системы мониторинга безопасность жизни и деятельности жителей города Алматы. На реализацию этого проекта капитальные затраты по расчетам составили 3 995 200 тенге, на эксплуатационные расходы по расчетам уходит 17202489 тенге. Если озеро переполнится, сойдет селевой поток, заполнив селехранилище в урочище Медеу, может разрушить восточную половину г. Алматы. Величина риска в ближайшее десятилетие, по расчетам, составляет 15 миллиардов тенге [24].

Такие проекты не привлекательны коммерчески на начальных этапах, но это характерно для всех государственных проектов. Во всем мира материальную ответственность за такие проекты несет государство, в нашем случае Республика Казахстан. Предполагается создание системы и дальнейшая эксплуатация ГУ «Казселезащита» МЧС РК.

6.2 Характеристика отрасли

В данном проекте рассматривается использование геостационарного спутника для сбора информации об уровне воды моренного озера №6, для оповещения людей об опасности и своевременного опорожнения. Близ города Алматы находится несколько опаснейших моренных озер, которые представляют угрозу населению. Методы которые использует ГУ «Казселезащита» МЧС РК для измерения уровня воды в моренных озерах не являются эффективными.

Наиболее выгодным решением организации связи в горной местности после анализа является спутниковая система связи, построенная по стандарту сети VSAT. В качестве космического сегмента выбран геостационарный спутник KazSat3. В Казахстане лидером предоставления услуг спутниковой связи является оператор спутниковых и наземных сетей связи АО «Астел», в данном проекте будет выгодно арендовать каналы для передачи данных данной компании.

6.3 Описание услуги

VSAT сеть является платформой для передачи данных, голосовых данных, с выходом в ТФОП и международную телефонную сеть, широкополосного доступа к сети Интернет, предоставляет каналы для устойчивой видеоконференцсвязи. В качестве оборудования выступает продукция израильской компании SkyEdge. Спутниковая сеть SkyEdge состоит из центральной станции (HUB) – в городе Алматы и спутниковых терминалов Armadillo и датчиков установленных на моренных озерах в горах близ города. Терминалы управляются и соединяются друг с другом через HUB-станцию к которой присоединены терминалы сети.

6.4 Рынок сбыта

Пользователями данной системы являются государственные органы Республики Казахстан, такие как «ГУ Казселезащита» МЧС РК, для своевременного проведение противоселевых работ и предупреждения населения. Внедрение данного проекта важно для города Алматы, так как город является селеопасной и сейсмоопасной зоной.

Причины по которым государство должно обратится именно в нашу компанию и будет пользоваться нашими услугами эксплуатации оборудования. ГУ «Казселезащита» необходимо объединить обеспечить передачу данных о уровне воды с нескольких уровнемеров, установленных на

моренных озерах (обеспечение передачи к главному серверу, базе данных и т.д.)и можно учесть следующие преимущество рассматриваемой системы:

- быстрый монтаж на месте и запуск оборудования;
- беспроводное соединение от спутникового терминала VSAT к центру управления сетью - до 4 Мбит/с;
- скорость исходящего канала от центральной станции до 135 Мбит/с;
- высококачественная передача речи без помех;
- оборудование работающее в экстремальных горных условиях;
- гарантия обязательной защищенности передаваемой информации от несанкционированного доступа.

6.5 Менеджмент

Заказчиком в проекте является Комитет по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан. Финансирование производится из государственного выделенного бюджета. Набор персонала будет происходить на конкурсной основе, собеседованием. Для выполнения задач не хватит только набора квалифицированного добросовестного персонала. Труд должен быть распределен так, чтобы каждый работник вкладывал максимум усилий для соответствующего уровня труда, вне зависимости от личностных проблем. Нужно разработать систему экономического стимулирования персонала.

Экономическая мотивация персонала является одним из способов для повышения производительности труда работника предприятия. Стимулы бывают двух типов: экономические и неэкономические. Экономический стимул содержится в том, если работник отлично выполняет предъявленные к нему требования, получает определенные материальные выгоды. Неэкономические бывают моральными и организационными. Например стимулирование карьерным ростом, информирование об успехе, оценка деятельности. Численность штата по проекту составляет 5 человек.

Управление персоналом очень важно для эффективности трудовой деятельности. Эффективность труда напрямую зависит от квалификации работника. В компаниях где хорошо отлажены система по поиску персонала наблюдается резкое увеличение производительности труда.

6.6 Стратегия маркетинга

SkyEdge II предоставляет множество услуг связи по доступным конкурентным ценам на оборудование, то есть компания получает большую прибыль. Для постоянного притока новых выгодных абонентов будет распространение рекламного материала уже постоянными клиентами. Также будут напечатаны листовки, буклеты , реклама на транспорте города Алматы и на местах продаж, установка рекламных щитов на трассах.

Спутниковая связь пользуется популярностью, так как может быть организованно в районах где связь недоступна, таких как горная местность. Наиболее экономически привлекательной является технология VSAT. Любой абонент может подключиться к сети незамедлительно в любой точки Земли.

Данные передаются через атмосферу, поэтому помеху создает в основном атмосфера и дожди. Большинство существующих систем экологического мониторинга используют спутниковые каналы связи для передачи данных в центр мониторинга.

6.7 Финансовый план

Целью данного проекта является выбор и разработка оптимального вида связи для горных районов близ города Алматы, для экономии материальных средств, при построении линии связи. Далее рассчитаны капитальные и эксплуатационные затраты и экономическая эффективность проета.

6.7.1 Капитальные затраты

Капитальные затраты определим по формуле (.1):

$$К = Ц + К_{тр} + К_{мон} + К_{зап}, \quad (6.1)$$

где Ц –стоимость приобретения оборудования;

$К_{тр}$- стоимость перевозки к месту эксплуатации;

$К_{мон}$ - стоимость монтажа оборудования на месте установки;

$К_{зап}$- стоимость запаса оригинальных частей.

Для организации исследуемой спутниковой сети затраты на оборудование представлены в таблице 4.1 [25], [26]:

Таблица 5.1 – Стоимость оборудования

Наименование	Характеристики	Цена за единицу, тенге	Колич ество, штук	Всего
Антенна	(антенна, стойка, комплект кабелей питания, комплект аккумуляторов)	1 000 000	1	1000000
Терминал VSAT	Наружный блок	900000	1	900000
Датчик уровня Accutech GL10	Корпус с выносной антенной	645000	1	645000
Базовая станция BR20	(ЖК дисплей, антенна, клавиатура)	750000	1	750000
Системный блокIntelCore2Qu	IntelCore2Quad	50 000	2	100 000
Монитор	18" Samsung	30 000	2	60 000

Продолжение таблицы 5.1

Наименование	Характеристики	Цена за единицу,	Колич ество,	Всего
Модем	TP-Link TD-8840T	10 000	1	10 000
Клавиатура	Классическая конструкция	2 000	2	4 000
Компьютерная мышь	Беспроводная, светодиодная	1 500	2	3 000
Windows 7	Microsoft Office Pro Plus 2013	15 000	2	30 000
Кондиционер	AUX ASW-(H)25B7/ EW	130 000	1	130 000
Итог			3632000	

Таким образом цена на приобретение оборудования составляет:

Ц = 3 632 000тг.

Стоимость перевозки к месту эксплуатации $К_{тр}$ составляет 2% от цены системы:

$$К_{тр} = Ц \cdot 0{,}02 = 3632000 \cdot 0{,}02 = 72640 \text{ тг.}$$

Стоимость монтажа прибора на месте составляет 5% от цены системы:

$$К_{мон} = Ц \cdot 0{,}02 = 3632000 \cdot 0{,}05 = 181600 \text{ тг.}$$

Стоимость запаса именных частей $К_{зип}$ составляет 3% от цены системы:

$$К_{зип} = Ц \cdot 0{,}03 = 3632000 \cdot 0{,}03 = 108960 \text{ тг.}$$

Из всего этого следует, что капитальные затраты равны:

$$К = 3632000 + 72640 + 181600 + 108960 = 3995200 \text{ тг.}$$

6.7.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы определим по формуле:

$$Э_р = ЗП + С_н + А + М + С_{эл} + Н + С_{адм} + Р, \quad (6.2)$$

где ЗП – основная и дополнительная заработная плата работников, обслуживающих систему мониторинга уровня воды с отчислениями на социальное страхование и фонд занятости;

$С_н$– социальный налог;

А – амортизационные отчисления;

М– затраты на материалы и запасные части;

$С_{эл}$ –затраты на электроэнергию;

Н-накладные расходы(косвенные расходы, сюда можно отнести все неучтенные расходы – управленческие, хозяйственные, расходы на переквалификацию кадров, транспортные расходы);

$С_{адм}$ - прочие административные, управленческие расходы;

Р- затраты на аренду спутникового канала.

Для вычисления заработной платы выявим среднемесячные оклады работников системы мониторинга, которые сведем в таблицу 4.2 [27]:

Таблица 5.2 - Заработная плата обслуживающего персонала

Наименование должности	Кол-во чел	Месячная заработная плата, тенге	Годовая заработная плата, тенге
Руководитель проекта	1	120 000	1 440 000
Инженер	1	80000	960 000
Операторы	3	80 000	2 880 000
Итого	5	630 000	5280 000

Основная заработная плата за год составит:

$$ЗП_{осн} = 528000 \text{ тг.}$$

В годовой фонд заработной платы включается дополнительная заработная плата (работа в праздничные дни, ночные смены и т.д.) в размере 30% от основной заработной платы.

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 0{,}3 = 5280000 \cdot 0{,}3 = 1584000 \text{ тг.}$$

При расчете фонда заработной платы учитываются материальные премии для выплаты рабочим (25%):

$$П = ЗП_{осн} \cdot 0{,}25 = 1320000 \text{ тг.}$$

Заработная плата складывается из основной и дополнительной заработной платы:

$$ЗП = ЗП_{осн} + ЗП_{доп} + П, \quad (6.3)$$

$$ЗП = 5280000 + 1584000 + 1320000 = 8184000 \text{ тг.}$$

Социальный налог – это общегосударственный налог РК, начисляется согласно Налоговому Кодексу РК и составляет 11% от общей заработной платы, за вычетом отчислений в пенсионный фонд (ПФ):

$$С_н = (ЗП - ПФ) \cdot 0{,}11, \quad (6.4)$$

Отчисления в пенсионный фонд за год составляют 10% от ЗП:

$$ПФ = 0{,}1 \cdot ЗП,$$

$$ПФ = 0{,}1 \cdot 8184000 = 8184000 \text{ тг.}$$

Подставляя найденные значения в формулу (6.4) рассчитываем социальный налог:

$$С_н = (81184000 - 818400) \cdot 0{,}11 = 810216 \text{ тг.}$$

Амортизационные отчисления берутся исходя из того, что норма амортизации на телекоммуникационное оборудование составляет 25% [28] :

Амортизация вычисляться по следующей формуле:

$$А_0 = Н_А \cdot \sum К, \quad (6.5)$$

где $Н_А$- норма амортизации;

$\sum К$ – стоимость оборудования без НДС плюс затраты на монтажные и транспортные расходы.

Тогда амортизационные отчисления составляют :

$$А_0 = Н_А \cdot \sum К = 0{,}25 \cdot 3886240 = 971560 \text{ тг.}$$

Затраты на материалы и запасные части находятся в размере 2% от стоимости телекоммуникационного оборудования:

$$М = Ц \cdot 0{,}02 = 3632000 \cdot 0{,}02 = 72640 \text{ тг.}$$

Затраты на электроэнергию рассчитаем по следующей формуле:

$$С_{эл} = W \cdot Т \cdot С, \quad (6.6)$$

где W– потребляемая мощность оборудования, W = 3.8 кВт;

T – количество часов работы оборудования в год;

S – стоимость киловатт-часа электроэнергии, S =16,02 тг/кВтч. [29]

365– количество дней в году;

Откуда:

$$С_{эл} = 3{,}8 \cdot 8760 \cdot 16{,}02 = 533273 \text{ тг.}$$

Стоимость прочих расходов составляет 40% от фонда заработной платы:

$$Н = ЗП \cdot 0{,}4 = 8184000 \cdot 3273600 \text{ тг.}$$

Стоимость прочих административных расходов составляет 30% от годового фонда заработной платы:

$$С_{адм} = 8184000 \cdot 0{,}3 = 2455200 \text{ тг.}$$

Аренда спутникового канала в год стоит 902000 тг. [30]

Поэтому эксплуатационные затраты составляют:

$$Э_р = 8184000 + 810216 + 971560 + 72640 + 533273 + 3273600 + 2455200 + 902000 = 17202489 \text{ тг.}$$

Диаграмма структуры эксплуатационных затрат приведена ниже:

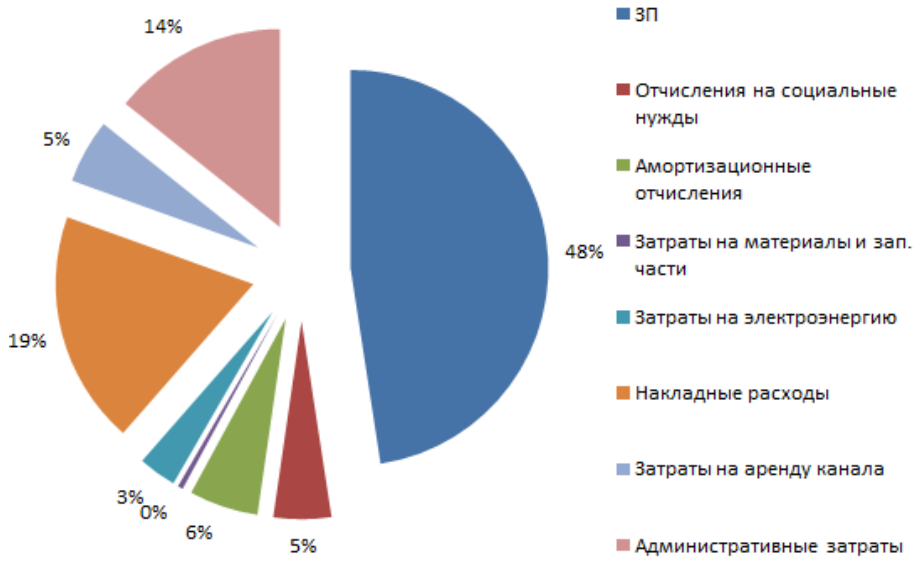


Рисунок 6.1 – Структура эксплуатационных затрат

Результаты заносим в таблицу:

Таблица 6.3 – Эксплуатационные затраты

Показатель	Сумма, тенге	Уд.вес, %
ЗП	8184000	47,57
Отчисления на социальные нужды	810216	4,71
Амортизационные отчисления	971560	5,65
Затраты на материалы и	72640	0,42
Затраты на электроэнергию	533273	3,10
Административные затраты	2455200	14
Накладные расходы	3273600	19,03
Затраты на аренду канала	902000	5,24
Всего	17202489	100

6.7.3 Расчет показателей экономической эффективности

Опираясь на данные ГУ «Казселезащита», если моренное озеро №6 опорожнится селем, может сформироваться сель объемом более 10 миллионов кубических метров. Сошедший сель заполнит селе хранилище в урочище Медео и разрушит восточную сторону города Алматы.

Клиентами будут являться юридические лица (МЧС РК, ГУ Казселезащита). ГУ Казселезащита нуждается в информации об уровне воды в моренном озере №6, чтобы вовремя опорожнять озеро, а МЧС РК для предупреждения об опасности и эвакуации людей. В 1973 году сошел сель в горах Заилийского Алатау, но плотина на Медео спасла город, она выдержала селевой поток 4,5 миллионов кубометров. Начиная с 2010 года существует серьезная угроза моренного озера №6 на леднике Маншук Маметовой. Если озеро прорвет, то на плотину выльется 10 млн. кубометров льда, воды, грязи и камней. Ученые рассчитали экономический ущерб, который может привести прорыв морены. Риск составляет около 15 млрд. тенге и это по минимальным расчетам, если не учитывать что город Алматы является финансовым центром Республики Казахстан и перестанет им быть в случае катастрофы. Максимальный ущерб составляет 10 миллиардов долларов.

Для анализа можно использовать данные о селе сошедшем в 2015 году в городе Алматы на реке Каргалинка. По данным ГУ «Казселезащита», двадцать третьего июля 2015 года прорвало небольшое моренное озера Безымянное. Сошли 40000 кубических метров воды. Селевой поток сошел по реке Каргалинка и дошел до города. Частично затопились три района в городе Алматы. На спасательные работы, в которых были задействованы техника службы спасения и всех других организаций, были выделены средства в размере 198 млн тенге. Около 173 миллионов выплачено жителям для возмещения ущерба от селевого потока[31]. Этот сель был не большим, но сравнив ущерб и расходы, которые мы потратим на организацию нашей системы мониторинга уровня воды, можно утверждать, что данная система экономически выгодна.

Заключение

В дипломном проекте рассматривалась организация спутниковой линии передачи данных для мониторинга состояния моренных озер. Мониторинг чрезвычайных ситуаций, таких как сход селевого потока, является актуальной проблемой города Алматы. Чтобы избежать потерь, денежных и людских, нужно постоянное наблюдение за озером, круглосуточный мониторинг уровня воды, чтобы в случае необходимости своевременно опорожнять озеро и предупреждать людей об опасности. Проанализировав существующие системы передачи данных, для мониторинга в горной местности оптимальной оказалась спутниковая система связи, так как имеет наибольшее покрытие и ее работа не зависит от рельефа местности.

Для организации спутниковой линии передачи данных был использован искусственный спутник Земли KazSat-3. При выборе земной станции, учитывалось расположение озера в горной местности, поэтому был выбран терминал SkyEdge Armadillo, повышенной прочности. Также использованы антенны Andrew диаметров 1,2 м для Заилийского Алатау и 1,8 м для города Алматы. Для измерения уровня воды была выбрана система Accutech с датчиками, базовым радиомодулем и программным обеспечением. Характеристики оборудования соответствуют задачам организации системы мониторинга.

Был произведен энергетический расчет линии вверх Заилийский Алатау-KazSat3 и линии вниз KazSat3-Алматы. Расчет подтвердил оптимальность использования технологии VSAT. Выявлены небольшие затухания в атмосфере и ослабление сигнала в дожде. Улучшение энергетических характеристик линии добиваются с помощью использования узких лучей диаграммы направленности антенны.

В разделе безопасность жизнедеятельности произведен расчет оптимальных условий труда. В качестве искусственных источников освещения в офисе выбраны 4 светильника ПВЛМ – 2×40, устанавливаемые на потолке. Также организована система кондиционирования воздуха и оповещения о пожаре, выбран огнетушитель ОПУ-8.

Бизнес-план показал эффективность проекта, так как ущерб от схода селя может составить 10 млрд. долларов. На реализацию этого проекта капитальные затраты по расчетам составили 3 995 200 тенге, на эксплуатационные расходы по расчетам уходит 17202489 тенге. Данный проект имеет государственную важность.

Список литературы

1 Оценка селевой активности и прогнозирование ее изменения в условиях глобального потепления климата. 05.26.02 - Безопасность в чрезвычайных ситуациях : автореф.дис.на соиск.учен.степ.д-ра техн.наук / Р. К. Яфязова. - Алматы, 2009. - 36 с.

2 Сайт описания системы «РАИСПЭМ Алматы», URL: http://ru.calameo.com/books/(дата обращения 18.02.2016)

3 Virgil L. Evolving VSAT Network Requirements. // «Satellite Markets and Research». – 2014. – №9. – С.1-3.

4 Сомов А.М., Корнев С.Ф. Спутниковые системы связи: Учебное пособие для вузов. / Под ред. А. М. Сомова. - М.: Горячая Линия-Телеком, 2012. - 244 с.

5 Maral G. VSAT Network. Second Edition – John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. 2003.- 296 с.

6 SkyEdge технологии //Gilat Satellite Networks/ URL: http://www.gilat.com/SkyEdge (дата обращения: 25.03.2016).

7 Техническое описание SkyEdge. - Gilat Satellite Networks. 2005- 153 с.

8 Характеристики терминала SkyEdge Armadillo, URL: http://www.gilat.com/dynimages/t_brochures/files/SKYEDGE-II-ARMADILO-201113-FINAL.pdf (дата обращения 20.02.2016)

9 Высоцкий Г. Способы монтажа антенных систем VSAT// «Теле-Спутник». – 2011. – №5.- С.70-78.

10 КА KazSat-3 // Интернет-страница ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», URL: http://www.iss-reshetnev.ru/projects (дата обращения: 15.02.2016)

11 Космический аппарат «KazSat-3» // Интернет-страница ОА «Республиканский центр космической связи»,URL: http://www.rcsc.kz (дата обращения: 27.02.2016)

12 Product Data Sheet Accutach GL 10, 2013 – 6с.

13 Системы спутниковой связи / А.М. Бонч-Бруевич, В.Л. Быков, Л.Я. Кантор и др.; под ред. Л.Я. Кантора: Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 2012. - 224 с.

14 Л.Г. Мордухович, А.П. Степанов Системы радиосвязи. Курсовое проектирование: Учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: Радио и связь, 1987. – 190 с.

15 Спутниковая связь и вещание: Справочник. - 3-е изд., перераб. и доп./ В.А. Бартенев, Г.В. Болотов, В.Л. Быков и др.; под ред. Л.Я. Кантора. - М.: Радио и связь, 1997. – 232 с.

16 Кантор Л.Я., Тимофеев В.В. Спутниковая связь и проблема геостационарной орбиты. - М.: Радио и связь, 1988. – 320 с.

17 Бородич С.В. ЭМС наземных и космических радиослужб. Критерии, условия и расчет. - М.: Радио и связь, 1990.

18 Н.И. Баклашов, Н.Ж. Китаева, Б.Д. Терехов Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды, - М.: Радио и связь, 2009. – 280 с.

19 Ерохина А.В. Методические указания к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломных проектах, Харьков, ХНУРЭ, 2008. – 65 с.

20 Павлов, С.П. Охрана труда в приборостроении / С.П. Павлов, З.И. Губонина. – М.: Высшая школа, 2006. – 215 с.

21 Айзенберг Ю. Б. Справочная книга по светотехнике. – М.: Энергоатомиздат,1983. – 730 с.

22 Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.

23 Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с.

24 Расчет экономического ущерба при сходе селя на моренном озере №6,URL:http://nb.kz/

25 Стоимость оборудования спутниковой системы связи,URL: http://almaty.all.biz/skyedge-uslugi-sputnikovyh-kommunikacij-s32868#.VyojXfmLSM8(дата обращения: 01.05.2016)

26 Стоимость оборудованияAccutech,URL:http://20163.kz.all.biz/pribory-i-sredstva-avtomatizacii-besprovodnye-g338463(дата обращения: 01.05.2016)

27 Заработная плата в Казахстане,URL: // ZARPLAT.INFO : сервер сравнения зарплат, URL: http://www.kz.zarplat.info/engineer (дата обращения: 02.05.2016) (дата обращения: 02.05.2016)

28 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров. – Алматы, АИЭС, 2009 г.

29 Тариф на реализацию электрической энергии в Казахстане на 2016 г. ,URL:http://www.esalmaty.kz/index.php/ru/rates-and-services/tariff-plans

30 Стоимость аренды спутникового канала,URL:goszakup.gov.kz(дата обращения: 03.05.2016)

31 Экономический ущерб от селя на озере Безымянное,URL: https://kapital.kz/

Приложение А
Энергетический расчет линии вверх

Линия вверх "Заилийский Алатау-KazSat3".Исходные данные

$\xi := 43.07deg$ $\quad$ $\eta прм := 0.9$ $\quad$ $f := 2\cdot 10^{6}$ $\quad$ $k := 1.381\cdot 10^{-23}$

$h := 18.8deg$ $\quad$ $\eta прд := 0.8$

$Ta := 60$ $\quad$ $Da := 1.2$ $\quad$ $Gпрм := 10^{2.9} = 794.3282$ $\quad$ $Pсш := 10^{1.1} = 12.5893$

$T0 := 290$ $\quad$ $\lambda := 0.021$ $\quad$ $a := 10^{0.6} = 3.9811$

$Kw := 2$ $\quad$ $g := 0.8$

Наклонная дальность между ЗС и КС

$\cos\psi := \cos(\xi)\cdot\cos(h) = 0.6915$

$d := 42644\cdot\sqrt{1 - 0.2954\cdot 0.6915} = 3.804\times 10^{4}$ $\quad$ $d := 38040000$

Ослабление сигнала на участке ЗС-КС

$$L0 := \frac{16\cdot 3.14^{2}\cdot d^{2}}{\lambda^{2}} = 5.1763\times 10^{20}$$

$10\cdot\log(L0) = 207.1402$

Расчет потерь сигнала в нормальной атмосфере

$\gamma 1 := 31.95deg$ $\quad$ $I := 22$

$$La1 := 0.007\cdot\left(\frac{8.885 - 3.585}{\sin(\gamma 1)}\right) + 0.015\cdot\left(\frac{5.685 - 3.585}{\sin(\gamma 1)}\right) = 0.1296$$

$$La2 := 0.0073\cdot\left(\frac{8.885 - 3.585}{\sin(\gamma 1)}\right) + 0.008\cdot\left(\frac{5.685 - 3.585}{\sin(\gamma 1)}\right) = 0.1049$$

Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного дождем

$$he := 5.1 - 2.151\cdot\log\left(1 + 10^{\frac{31.95deg - 27deg}{25}}\right) = 4.4488$$

$$dd := \frac{he - 3.585}{\sin(\gamma 1)} = 1.6323$$

$dg := dd\cdot\cos(\gamma 1) = 1.385$

$$r := \frac{90}{90 + 4 + dg} = 0.9435$$

Рисунок А 1 – Окно программы Mathcad14

Для f=14ГГц

$\psi := 1.47 - 0.09\sqrt{14} = 1.1333$

$\theta := -10^{-3} + 5.1\cdot 10^{-5}\cdot 14^{2.45} = 0.0318$

$Ld0 := \theta\cdot I^{\psi} = 1.0554$

$Ld := Ld0\cdot r\cdot dd = 1.6255$

$Lдоп1 := La1 + Ld + 0.2 = 1.9551$

$Lдоп := 10^{0.19551} = 1.5686$

Для f=11ГГц

$\psi 2 := 1.47 - 0.09\sqrt{11} = 1.1715$

$\theta 2 := -10^{-3} + 5.1\cdot 10^{-5}\cdot 11^{2.45} = 0.0172$

$Ld02 := \theta 2\cdot I^{\psi 2} = 0.6413$

$Ld2 := Ld02\cdot r\cdot dd = 0.9876$

Суммарная шумовая температура

$Tш := (Kw - 1)\cdot T0 = 290$

$$Tсум := Ta + T0\cdot\frac{(1 - ηпрм)}{ηпрм} + \frac{Tш}{ηпрм} = 414.4444$$

Коэффициент усиления земной станции

$$Gпрд := \frac{10\cdot g\cdot Da^2}{\lambda^2} = 2.6122\times 10^4$$

$10\cdot\log(Gпрд) = 44.1701$

Мощность передатчика космической станции

$Pn := k\cdot Tсум\cdot f = 1.1447\times 10^{-14}$

$$Pзс := \frac{L0\cdot Pn\cdot Lдоп}{Gпрд\cdot Gпрм\cdot ηпрд\cdot ηпрм}\cdot a\cdot Pсш = 31.1799$$

$10\cdot\log(31.1799) = 14.9387$

Рисунок А 2 – Окно программы Mathcad14

Приложение Б
Энергетический расчет линии вниз

Линия вниз "KazSat3-Алматы".Исходные данные

$\xi := 43.26deg$ $\quad$ $\eta прм := 0.8$ $\quad$ $f := 2\cdot 10^{6}$ $\quad$ $k := 1.381\cdot 10^{-23}$

$h := 18.63deg$ $\quad$ $\eta прд := 0.9$

$Ta := 24$ $\quad$ $Da := 1.8$ $\quad$ $Gпрд := 10^{2.5} = 316.2278$ $\quad$ $Pсш := 10^{1.1} = 12.5893$

$T0 := 290$ $\quad$ $\lambda := 0.027$ $\quad$ $b := 10^{0.12} = 1.3183$

$Kw := 2.5$ $\quad$ $g := 0.8$

Наклонная дальность между ЗС и КС

$\cos\psi := \cos(\xi)\cdot\cos(h) = 0.6901$

$d := 42644\cdot\sqrt{1 - 0.2954\cdot 0.6901} = 3.805\times 10^{4}$ $\quad$ $d := 38050000$

Ослабление сигнала на участке ЗС-КС

$$L0 := \frac{16\cdot 3.14^{2}\cdot d^{2}}{\lambda^{2}} = 3.133\times 10^{20}$$

$10\cdot\log(L0) = 204.9596$

Расчет потерь сигнала в нормальной атмосфере

$\gamma 1 := 31.86deg$ $\quad$ $I := 22$

$$La1 := 0.007\cdot\left(\frac{5.3 - 0.768}{\sin(\gamma 1)}\right) + 0.015\cdot\left(\frac{2.1 - 0.768}{\sin(\gamma 1)}\right) = 0.098$$

$$La2 := 0.0073\cdot\left(\frac{5.3 - 0.768}{\sin(\gamma 1)}\right) + 0.008\cdot\left(\frac{2.1 - 0.768}{\sin(\gamma 1)}\right) = 0.0829$$

Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного дождем

$$he := 5.1 - 2.151\cdot\log\left(1 + 10^{\frac{31.86deg - 27deg}{25}}\right) = 4.4488$$

$$dd := \frac{he - 0.768}{\sin(\gamma 1)} = 6.9733$$

$dg := dd\cdot\cos(\gamma 1) = 5.9227$

$$r := \frac{90}{90 + 4 + dg} = 0.9007$$

Рисунок Б 1 – Окно программы Mathcad14

Для f=14ГГц

$\psi := 1.47 - 0.09\sqrt{14} = 1.1333$

$\theta := -10^{-3} + 5.1\cdot 10^{-5}\cdot 14^{2.45} = 0.0318$

$Ld0 := \theta\cdot I^{\psi} = 1.0554$

$Ld := Ld0\cdot r\cdot dd = 6.629$

Для f=11ГГц

$\psi 2 := 1.47 - 0.09\sqrt{11} = 1.1715$

$\theta 2 := -10^{-3} + 5.1\cdot 10^{-5}\cdot 11^{2.45} = 0.0172$

$Ld02 := \theta 2\cdot I^{\psi 2} = 0.6413$

$Ld2 := Ld02\cdot r\cdot dd = 4.0276$

$Lдоп1 := La2 + Ld2 + 0.2 = 4.3105$

$Lдоп := 10^{0.43105} = 2.6981$

Суммарная шумовая температура

$Tш := (Kw - 1)\cdot T0 = 435$

$$Tсум := Ta + T0\cdot\frac{(1 - ηпрм)}{ηпрм} + \frac{Tш}{ηпрм} = 640.25$$

Коэффициент усиления земной станции

$$Gпрм := \frac{10\cdot g\cdot Da^{2}}{\lambda^{2}} = 3.5556\times 10^{4}$$

$10\cdot\log(Gпрд) = 25$

Мощность передатчика земной станции

$Pn := k\cdot Tсум\cdot f = 1.7684\times 10^{-14}$

$$\frac{L0\cdot Pn\cdot Lдоп}{Gпрд\cdot Gпрм\cdot ηпрд\cdot ηпрм}\cdot b\cdot Pсш = 30.6439$$

$10\cdot\log(30.6439) = 14.8634$

Рисунок Б 1 – Окно программы Mathcad14

Приложение В
Диаграмма уровней

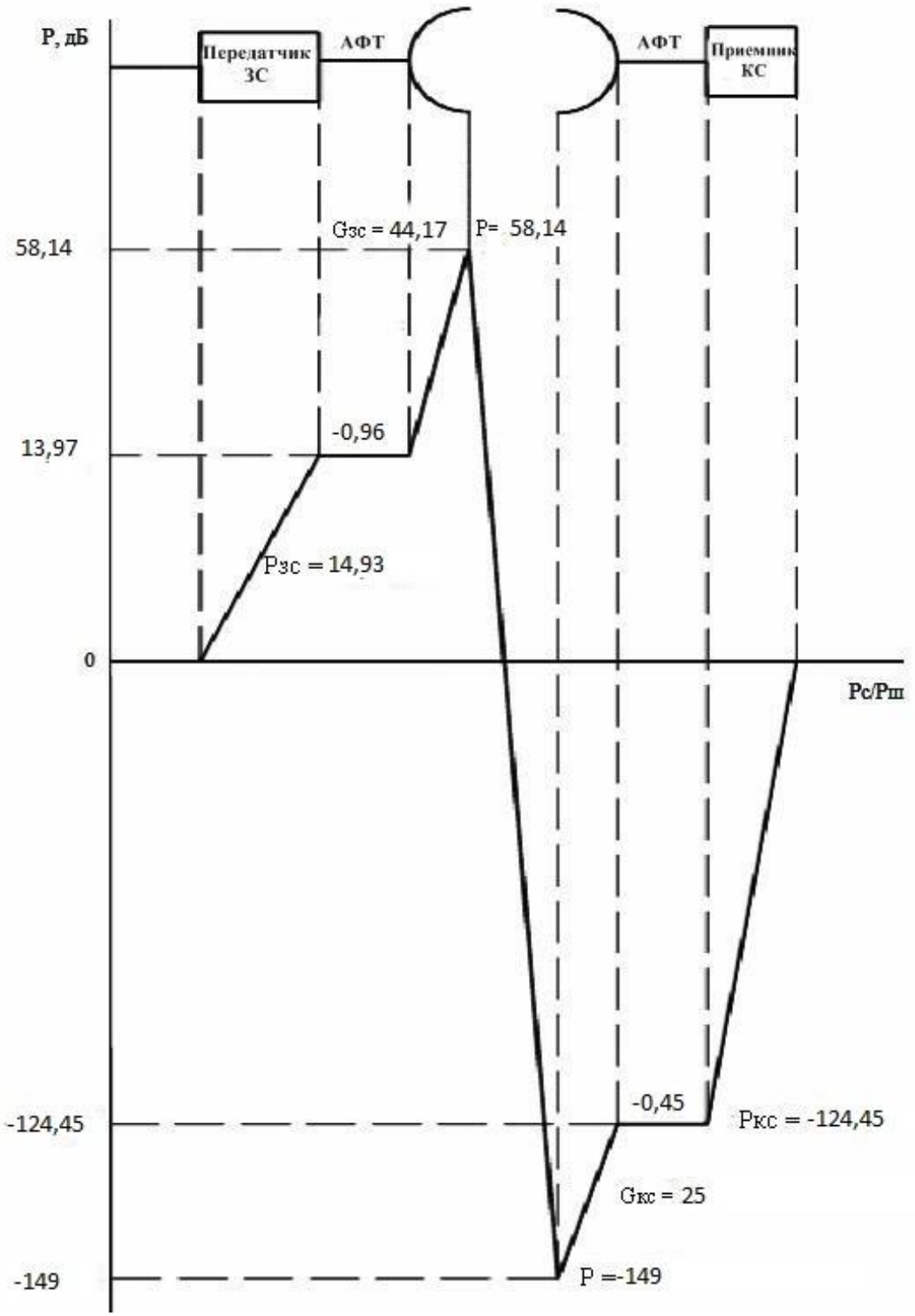


Рисунок 4.5 – Диаграмма уровней на участке ЗС-КС

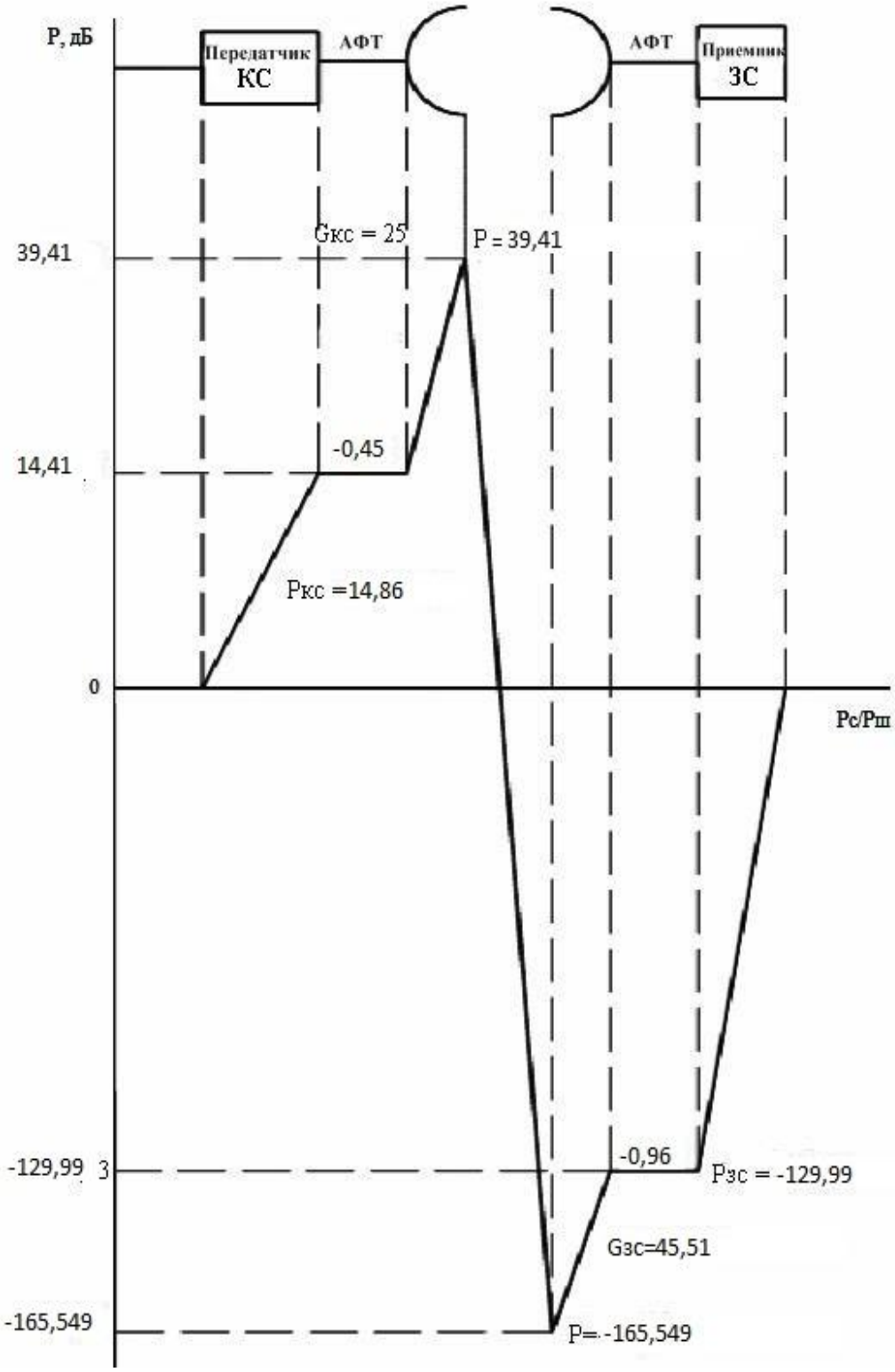


Рисунок 4.6 – Диаграмма уровней на участке КС-ЗС