Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ Г. ДАУКЕЕВА»
Кафедра Космической инженерии

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»
Зав.кафедрой PhD, доцент Алипбаев К.А.
_____
(подпись)
«___» _____2020г.

Дипломный проект

На тему: «Разработка принципов и критериев выбора контрольно-корректирующих станций систем глобальной спутниковой навигации»
Специальность 5В074600 – «Космическая техника и технологии»
Выполнил (-а) Дарибаева А.С. Группа КТТ-16-1
Научный руководитель к.т.н., проф. Исмаил Е.Е.
_____«___» _____2020г.
(подпись)
Консультанты:
по экономической части: к.э.н.профессор Ибришев Н.Н.

_____«___» _____2020г.
(подпись)
по безопасности жизнедеятельности: старший преподаватель Тыщенко Е.М.
_____«___» _____2020г.
(подпись)
Нормоконтролер: PhD, доцент, Алипбаев К.А.

_____«___» _____2020г.
(подпись)
Рецензент: к.т.н., доцент, Инчин А.С.
_____«___» _____2020г.

(подпись)

Алматы 2020

Андатпа

"Ғаламдық спутниктік навигациялық жүйелердің бақылау-түзету станцияларын таңдау принциптері мен өлшемдерін әзірлеу" атты диссертацияда қазіргі заманғы жаһандық навигациялық спутниктік жүйелердің, Қазақстан Республикасының жоғары дәлдікті спутниктік навигациялық жүйелерінің негіздері мен сипаттамалары, бақылау-түзету станциясын пайдалану және оның Қаратау қаласының аумағында орналасуы қарастырылады.

Диссертацияның экономикалық бөлімі бөлімінде жобаны іске асыру тиімділігін бағалау критерийі ең төменгі құн болып табылатын жобаны іске асырудың екі нұсқасын салыстыру негізінде жүргізіледі.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде нормаланатын параметрлер және радиожиілік диапазонының ЭМС әсер ету деңгейінің шекті рұқсат етілген деңгейі мәселелері қарастырылады. Сондай-ақ, тарату антеннасының бақылау-түзету станциясынан аластағанда генерацияланатын электромагниттік сәулелену есептелді.

Аннотация

В дипломной работе «Разработка принципов и критериев выбора контрольно-корректирующих станций систем глобальной спутниковой навигации» рассмотрены основы и характеристики современных глобальных навигационных спутниковых систем, системы высокоточной спутниковой навигации республики Казахстан, описание и работа контрольно-корректирующей станции и его размещение на территории города Каратау.

В разделе экономической части дипломной работы оценка эффективности реализации проекта, производится на основе сравнения двух вариантов реализации проекта, критерием оценки является минимум приведенных затрат.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены вопросы нормируемых параметров и предельно-допустимых уровней воздействия на

человека ЭМИ радиочастотного диапазона. Также был произведен расчет электромагнитного излучения, создаваемого передающей антенной по мере удаления от контрольно-корректирующей станции.

Annotation

The thesis "Development of principles and criteria for selecting control and correction stations of global satellite navigation systems" considers the basics and characteristics of modern global navigation satellite systems, high-precision satellite navigation systems of the Republic of Kazakhstan, the description and operation of the control and correction station and its location on the territory of the city of Karatau.

In the section of the economic part of the thesis, the evaluation of the effectiveness of the project implementation is made based on a comparison of two options for the project implementation, the evaluation criterion is the minimum cost.

In the section of life safety, the issues of normalized parameters and maximum permissible levels of exposure to EMR of the radio frequency range are considered. The electromagnetic radiation generated by the transmitting antenna as it moves away from the control and correction station was also calculated.

Содержание

Обозначения и сокращения 6
Введение 7
1. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ (ГНСС) 8
1.1 Цели, задачи и общая характеристика современных ГНСС 8
1.2 Требования к характеристикам качества ГНСС и сравнительный анализ характеристик качества современных ГНСС 12
1.3 Наземная инфраструктура системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан (СВСН) 16
1.4 Задача создания сети контрольно-корректирующих станций для СВСН РК 18
2. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ СИГНАЛОВ ГНСС 20
2.1 Анализ основных источников погрешностей ГНСС 20
2.1.1 Погрешности частотно-временного определения 24
2.1.2 Погрешности эфемеридного обеспечения 25
2.1.3 Погрешности распространения сигналов ГНСС 25
2.2 Принципы, методы и средства повышения точности ГНСС 27
3. РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЬНО-КОРРЕКТИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ ГНСС 29
3.1 Принципы и методы дифференциальной коррекции сигналов ГНСС 29
3.2 Принципы построения и структура систем дифференциальной коррекции ГНСС 30
3.3 Структура и функции контрольно-корректирующей станции 33
3.4 Принципы, критерии и рекомендации по выбору количества и пространственного размещения контрольно-корректирующих станций ГНСС (локальных, региональных, широкозонных) 33
4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ 37
4.1 Расчет капиталовложений на оборудование 37
4.2 Расчет капиталовложений на оборудование для первого варианта реализации проекта 38

4.3 Расчет капиталовложений на оборудование для второго варианта 39
4.4 Расчет эксплуатационных расходов 40
4.4.1 Расчет капиталовложений на разработку программного обеспечения.....40
4.4.2 Расчет эксплуатационных затрат 50
4.5 Оценка экономической эффективности реализации проекта 54
5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. 56
Введение 56
5.1 Определение напряженности электрического поля в расчетной точке.....60
5.2 Расчет электрической напряженности ЭМИ 61
5.3 Определить размер санитарной зоны.....63
Заключение.....65
Список литературы 66

Обозначения и сокращения

ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система

СВСН – системы высокоточной спутниковой навигации

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли

ДС – дифференциальная станция

КА – космический аппарат

СКО – среднеквадратическое отклонение

БШВ – бортовая шкала времени

СРНС – спутниковая радионавигационная система

НС – навигационная система

СДК – системы дифференциальной коррекции

ИК – интегральный контроль

СИК – станция интегрального контроля

ДГНСС – дифференциальные глобальные спутниковые системы

ОС – опорная станция

ККС – контрольно-корректирующая станция

ЭМИ – электромагнитное излучение

ЭМИ РЧ – электромагнитное излучение радиочастотного диапазона

ПРТО – передающих радиотехнических объектов

ПДУ – предельно-допустимые уровни

ИСЗ – искусственный спутник Земли

Введение

В данной дипломной работе рассматриваются методы высокоточного определения положения наземных объектов. Исследуются методы дифференциальной коррекции сигнала ГНСС, которая является функциональным дополнением ГНСС.

Также объектом исследований в данной работе является контрольно-корректирующая станция, представляющая собой систему радиотехнических и программно-вычислительных средств, координаты которых точно известны для обработки навигационных сигналов, вычисления погрешностей и передачи их потребителю.

В первой части работы проведен анализ характеристик современных ГНСС. Также выявлены цели, задачи, требования к качеству к ГНСС и сравнительный анализ уже существующих систем глобальной навигации. Была рассмотрена наземная инфраструктура систем высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан и задачи создания ККС на территории республики.

Вторая глава посвящена методам коррекции сигналов ГНСС, где были рассмотрены основные источники погрешностей, методы их устранения и прочие средства повышения точности ГНСС.

В третьей части работы раскрыты вопросы разработки контрольно-корректирующих станций, куда входят: методы дифференциальной коррекции сигналов, принципы их построения, структура ККС, а также рекомендации по пространственному размещению.

В четвертой и пятой частях приведены технико-экономическое обоснование проекта и рассмотрены вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности.

1. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ (ГНСС)

1.1 Цели, задачи и общая характеристика современных ГНСС

На сегодняшний день во всем мире используются Глобальные Навигационные Спутниковые Системы (ГНСС) в разных сферах и позволяют получить точные координаты потребителя, его направление и скорость движения. При помощи навигационных спутников можно проконтролировать грузовые и транспортные перевозки, отследить местонахождение потерянного авто и вести поиск людей при чрезвычайных ситуациях.

ГНСС часто можно встретить в отрасли экономики, ведь его использует значительная доля транспорта, энергетики, связи, транспортировка газа и нефти, разведка месторождений и прочее, даже в сельском хозяйстве используется ГНСС для определения координат, скорости движения и ориентации транспортных средств, организации контроля и управления.

Цель глобальных навигационных спутников - обеспечить гарантированное качество координатно-временных и навигационных услуг различным потребителям, расположенным на поверхности Земли или в околоземном пространстве.

Основные задачи:

- Передача эфемеридной информации о положении навигационных спутников в определенный момент времени;
- Передача высокоточной, временной информации с привязкой к сигналам UTC;
- Передача информации о целостности и достоверности передаваемой эфемеридно-временной информации.

Основные достоинства и преимущества:

- Прямая видимость между пунктами не требуется;

- Ошибки наблюдателей сведены к минимуму благодаря автоматизации измерений;
- При любых погодных условиях позволяет круглосуточно определять координаты объектов в любой точке Земли;
- Точность GNSS-определений редко зависима от условий погоды (дождя, снега, высокой или низкой температуры, а также влажности);
- GNSS по сравнению с традиционными методами значительно сокращает сроки проведения работ;
- GNSS-результаты представляются в цифровом виде и могут быть легко экспортированы в картографические или географические информационные системы (ГИС).

Исходя из объема аппаратных затрат и сложности технических решений спутниковые приемники разделяют на:

- Одноканальный - в каждый текущий момент времени позволяет вести обработку и прием радиосигнала только одного спутника;
- Многоканальный - позволяет в одно время принимать и обрабатывать сигналы 2-х и более спутников.

В настоящее время чаще выпускаются многоканальные приемники.

Также приемники можно разделить на два типа:

- Односистемный - принимающий сигналы GPS
- Двухсистемный - принимающий сигналы ГЛОНАСС и GPS.

Типы и группы геодезических спутниковых приемников представлены в таблице 1.1.1:

Таблица - 1.1.1

Тип приемника	Группа	Число каналов не менее	Частоты	Точность

Двухсистемные двухчастотные и более	1	24	L1/L2(GPS) + 3 мм + L1/L2(ГЛОНАСС)	$1 * 10^{-6}$D
Односистемные двухчастотные	2	9	L1/L2(GPS) или L1/L2(ГЛОНАСС)	(3-5) мм + $1 * 10^{-6}$D
Односистемные одночастотные	3	9	L1(GPS) или L1(ГЛОНАСС)	10 мм + $2 * 10^{-6}$D

В зависимости от вида принимаемых и обрабатываемых сигналов приемники делятся на:

- Одночастотный, кодовый;
- Двухчастотный, кодовый;
- Одночастотный кодово-фазный;
- Двухчастотный кодово-фазный.

Кодовые приемники (handheld) предусмотрены для определения трехмерного положения точки, скорости и направленности перемещения. Они дают возможность предопределять плановое состояние точки, как правило, с точностью до единиц м, а высотное состояние ориентируется с точностью около 10 м. (двухчастотные кодовые приемники обеспечивают субметровую точность). Для увеличения точности высотных измерений в их встраивают баровысотомер. Эти приемники благоприятны при выполнении полевых географических и геологических дел, например, как на экране возможно отразить карту маршрута, предопределять свое месторасположение, расстояние, назначение и время прибытия к цели. Приобретенные итоги имеют все шансы скапливаться и сберегаться в памяти устройства, а вслед за тем вводиться в компьютер для последующей обработки. Эти приемники имеют мелкие габариты и массу, трудятся в широком спектре температур и малоэнергоемки. По точности спутниковые приемники делятся на три класса:

- Навигационный класс – точность определения координат 150-200 м,

- Класс картографии и гис – 1-5 м,
- Геодезический класс – до 1 см (1-3 см в кинематическом режиме, до 1 см при статических измерениях).

Все геодезические измерения делают с внедрением минимальное количество 2-ух приемников.

Для определения широты и долготы, приемнику нужно брать на себя сигналы как минимальное количество от 3-х спутников, а способ сигнала от 4-го спутника разрешает квалифицировать высоты объекта над поверхностью.

Есть 3 принципа работы систем спутниковой навигации (рис. 1.1.1):

1. Если дано расстояние от одного спутника, то есть возможность описать сферу данного радиуса вокруг него;
2. Если дано расстояние и до второго спутника, то определяемое месторасположение будет находиться где-то в круге, которое задается пересечением двух сфер;
3. Третий спутник позволяет определить две точки на окружности.

Впрочем, есть возможность отбросить одну из точек, так как она содержит высокую скорость перемещения или находится на, или же под поверхностью Земли.

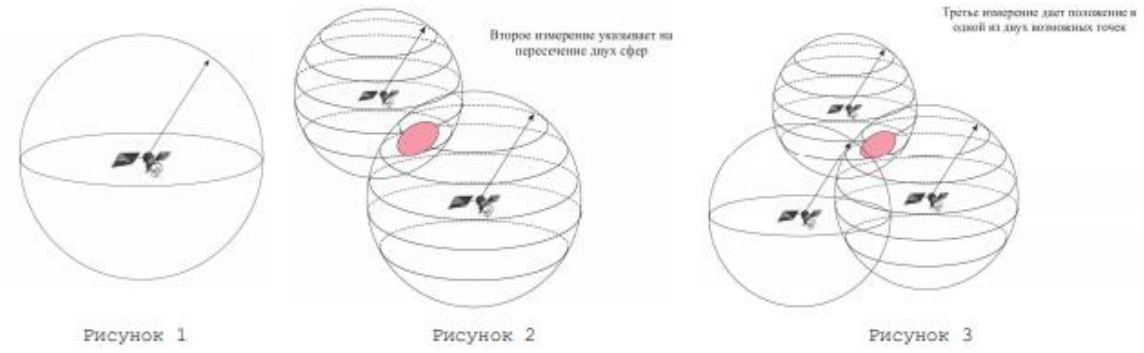


рис. 1.1.1.

Все методы измерения дальностей основаны на определениях времени прохождения радиоволны от спутника до приемника, то есть спутниковая навигационная система содержит жесткую привязку по пространственно-временным характеристикам. Для осуществления синхронизации в наземных

командно-измерительных станциях и на борту космических аппаратов установлены квантовые эталоны времени и частоты «атомные часы». Есть два способа измерения величины дальности до космического аппарата для вычисления параметра времени распространения сигнала: активный (запросный) и пассивный (беззапросный). Активный более прост, но требует применения дополнительной аппаратуры, что позволяет получать более точные результаты.

1.2 Требования к характеристикам качества ГНСС и сравнительный анализ характеристик качества современных ГНСС

В аутентичный момент работают или готовятся к развертыванию системы спутниковой навигации: GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (Европа), Бэйдоу (Китай), Quasi-Zenith (Япония), IRNSS (Индия).

Система ГЛОНАСС использует активный метод, а GPS пассивный. Также в систему наземного комплекса управления ГЛОНАСС введен центральный синхронизатор с водородным стандартом частоты, среднесуточная нестабильность которого 3*10-14, по сравнению с 10-13 для систем GPS. Расхождение во времени в ГЛОНАСС поддерживается в пределах 1 мкс., поэтому в ней нет сдвига на целое число секунд, но есть постоянный - на 3 ч. Время GPS на ноябрь 1985г. опережало на 4 с., на июль 1993г. – на 9 с., на июль 1994 г. – 10 с. В GPS время передается в форме номера недели, который исчисляется от 0-1023, затем счет начинается сначала, и в этот момент в приемниках возможны ошибки из-за неправильного вычисления даты. В ГЛОНАСС такой проблемы нет, так как время считается от нуля часов, минут и секунд с 1 января последнего високосного года. [1]

Современные GPS-устройства обычно оснащены от 6 до 8 приемниками, которые позволяют буквально отслеживать все навигационные спутники, которые находятся в зоне видимости объекта. Если каналов меньше, чем «наблюдаемых» спутников, автоматически выбирается более оптимальная комбинация спутников. Скорость обновления навигационных данных

составляет 1 с. Время обнаружения зависит от количества одновременно наблюдаемых спутников и режима позиционирования. Определение навигационных характеристик может выполняться в двух режимах - 2D (двухмерный) и 3D (пространственный). Время обнаружения не более 3-4 минут и погрешность вычисления координат не более 100 м.

Фаза обращения ГЛОНАСС варьируется от 12 часов. Такая орбита является более выгодной с точки зрения поддержания орбитальной группировки: гораздо меньше необходимо регулировать положение космического корабля. Зоны радиовидимости повторяются через 17 оборотов, примерно через 8 дней.

Навигационное сообщение каждого GPS состоит из 25 блоков по 1500 бит. Любой блок делится на 5 подблоков по 300 бит. Передача подблоков - 6 с., блока - 30 с., сообщения - 12,5 мин. В ГЛОНАСС добавлено навигационное сообщение в виде смежных строк. Продолжительность строки 2 с.

В первой строке (1,7 с.) передаются навигационные данные, во второй (0,3 с.) – метка времени. Группа из 15 строк соединена в кадр продолжительностью 30 с. Пять кадров образуют суперкадр продолжительностью 2,5 мин. Обновление информации происходит быстро – за 2,5 мин., против 12,5 мин. в GPS.

Система ГЛОНАСС характеризуется оригинальными характеристиками, которых нет у конкурентов: в частности, система работает лучше в условиях, близких к географическим и магнитным полюсам Земли. Однако российское оборудование намного хуже западных конкурентов по стоимости, характеристикам и комфорту. За короткое время жизни космического корабля на орбите дефект основания домашнего элемента способен противостоять космическим лучам. Не менее важным является тот факт, что географическая информация, используемая в приемниках ГЛОНАСС, основана на географических базах данных, предоставленных израильской компанией TelmapLtd., которая не несет ответственности за точность, полноту и уместность предоставленной информации.

Сравнительные характеристики GNSS представлены в таблицах 1.2.1 и 1.2.2

Таблица 1.2.1

№	Характеристики	ГЛОНАСС	GPS
п/п			
1	Число спутников в системе	24 основных + 3 резервных	
2	Масса	1,5 т.	1 т.
3	Длина	8 м.	5 м.
4	Срок активного существования космического аппарата	3-5 лет	7-8 лет
5	Число орбитальных плоскостей	3	6
6	Наклонение орбиты	64,8°	55°
7	Высота орбиты	19100 км	20150 км
8	Период обращения	11ч 16 мин	11 ч 57 мин
9	Длительность посылки данных	2,5 мин.	12,5 мин.
10	Метод разделения сигналов спутника	частотный	Кодовый
11	Диапазон частот L1	1598,06-1065,38 МГц	1575,42 МГц
12	Диапазон частот L2	1242,94 – 1248,62 МГц	1227,6 МГц
13	Объем посылки данных	7500 бит	37500 бит
14	Тактовая частота кода	0,511 МГц	1,023 МГц
15	Уровень переходных помех для двух соседних каналов	– 48 дБ	– 21,6 дБ
16	Период повторения	2с	6с

	синхрокода		
17	Тип используемого дальномерного кода	последовательность максимальной длины	код Голда
18	Селективный доступ	отсутствует	имеется

Продолжение таблицы

19	Одновременное нахождение НКА в зоне радиовидимости	не менее 4	4÷8 (при 18 КНА)6÷11 (при 24 КНА)
20	Предельная погрешность определения места (P = 0,95):	не более 100 м	
21	Зона действия	глобально	

Таблица 1.2.2

Характеристики	BeiDou	IRNSS	Galileo	Quasi-Zenith
Количество спутников	5 спутников на геостационарной орбите и 30 спутников на орбите средней дальности	7 спутников на геосинхронных орбитах	30	3
Зона действия	большая часть Азиатско-Тихоокеанского региона	Индостан	глобально	Япония

1.3 Наземная инфраструктура системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан (СВСН)

Космическая деятельность является одной из важнейших составляющих научно-технического потенциала страны, показателем ее экономического уровня, важным фактором укрепления международного авторитета. Космическая работа означает любую деятельность, связанную с определенным курсом работы по изучению и применению космического пространства.

В соответствии с казахстанским законодательством космическая деятельность осуществляется в следующих областях: создание и внедрение космических промышленных объектов, исследование космического пространства, планет и солнечно-земных связей, дистанционное зондирование, временная координация и навигационное обеспечение, создание и использование систем космической связи, космические запуски, развитие национальных рынков космических услуг и экспансия космических услуг на мировой рынок, международное сотрудничество Республики Казахстан в изучении и использовании космического пространства в мирных целях.

Начиная с 2010 года, Казахстан вступил в функциональную фазу создания полноценной отечественной космической инфраструктуры, в которую входит космическая система связи и вещания «KazSat», космическая система ДЗЗ, система высокоточной спутниковой навигации, сборочно-испытательный комплекс космических аппаратов и космический ракетный комплекс «Байтерек».

Ввод в эксплуатацию наземной инфраструктуры СВСН включает сеть из 60 дифференциальных станций, центр дифференциальной коррекции и мониторинга, морскую локальную дифференциальную станцию, мобильную дифференциальную станцию, лабораторию оценки соответствия, опытное производство навигационного оборудования и позволяет получать высокоточные услуги для конечных пользователей с 2014 года, определение координат и времени решения задач геодезии, картографии, землепользования,

сельского хозяйства, строительства крупных сооружений, обороны, национальной безопасности. Развитие наземной инфраструктуры СВСН связано с тем, что сеть из 60 дифференциальных станций позволяет охватывать только 55% территории Казахстана. Чтобы охватить всю территорию страны службами стратегической противоракетной обороны, необходимо создать и ввести в эксплуатацию еще несколько ДС.

Система высокоточной спутниковой навигации – комплекс технических и программных средств, специализированных для обеспечения пользователей глобальной навигационной спутниковой системы дополнительной информацией, позволяющей повысить точность определения координатно-временных параметров, в том числе географических координат и высот, скорости и направления движения, времени. Система высокоточной спутниковой навигации предназначена для предоставления потребителям информации о целостности глобальной навигационной спутниковой системы, а также информации, позволяющей повысить точность определения координатно-временных параметров. Национальный оператор системы высокоточной спутниковой навигации организует и предоставляет спутниковые навигационные услуги на всей территории Республики Казахстан в порядке, определяемом уполномоченным органом совместно с Министерством обороны Республики Казахстан.

Высокоточная спутниковая навигационная система - это группа аппаратных и программных средств, специализирующихся на предоставлении дополнительной информации пользователям глобальной навигационной спутниковой системы, которая может повысить точность параметров координат, включая географические координаты и высоты, скорость и направление движения, время. Высокоточная спутниковая навигационная система предназначена для предоставления потребителям информации о целостности глобальной навигационной спутниковой системы, а также информации, которая повышает точность координатных временных параметров. Национальный оператор высокоточной спутниковой

навигационной системы организует и предоставляет услуги спутниковой навигации на всей территории Республики Казахстан в порядке, определяемом компетентным органом совместно с Министерством обороны Республики Казахстан.

Высокоточная спутниковая навигационная система Республики Казахстан - это автоматическая система функциональных дополнений к глобальным навигационным спутниковым системам ГЛОНАСС, NAVSTAR и GALILEO, целью которой является разработка критериев гарантированного приема высококачественных скоординированных и навигационных услуг потребителями информации GNSS в Республике Казахстан.

Проект СВСН РК реализуется АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары» Аэрокосмического комитета МИР РК с привлечением в основном казахстанских предприятий для проведения проектных, опытно-конструкторских работ по производству навигационного оборудования.

1.4 Задача создания сети контрольно-корректирующих станций для СВСН РК

Целью проекта является создание условий для гарантированного получения качественных координатно-временных и навигационных услуг потребителями информации глобальной навигационной спутниковой системы по всей территории Республики Казахстан.

Задачи СВСН РК:

- подготовка инфраструктуры и распространение до потребителей дифференциальной корректирующей информации, использование которой обеспечит пользователям системы повышение точности координатных определений до требуемого уровня;
- мониторинг спутниковых радионавигационных систем с целью своевременного предупреждения пользователей о нарушениях в их работе;
- создание Национального оператора функциональных дополнений Глобальных навигационных спутниковых систем.[2]

«Национальная компания «Қазақстан Ғарыш Сапары» в рамках проекта «Создание наземной инфраструктуры СВСН РК» нацелена создать единое навигационное поле на всей территории Республики Казахстан и интегрировать все существующие станции в единую систему высокоточной навигации.

Существующие станции дифференциальных поправок на территории Казахстана показаны на рис. 1.4.1.

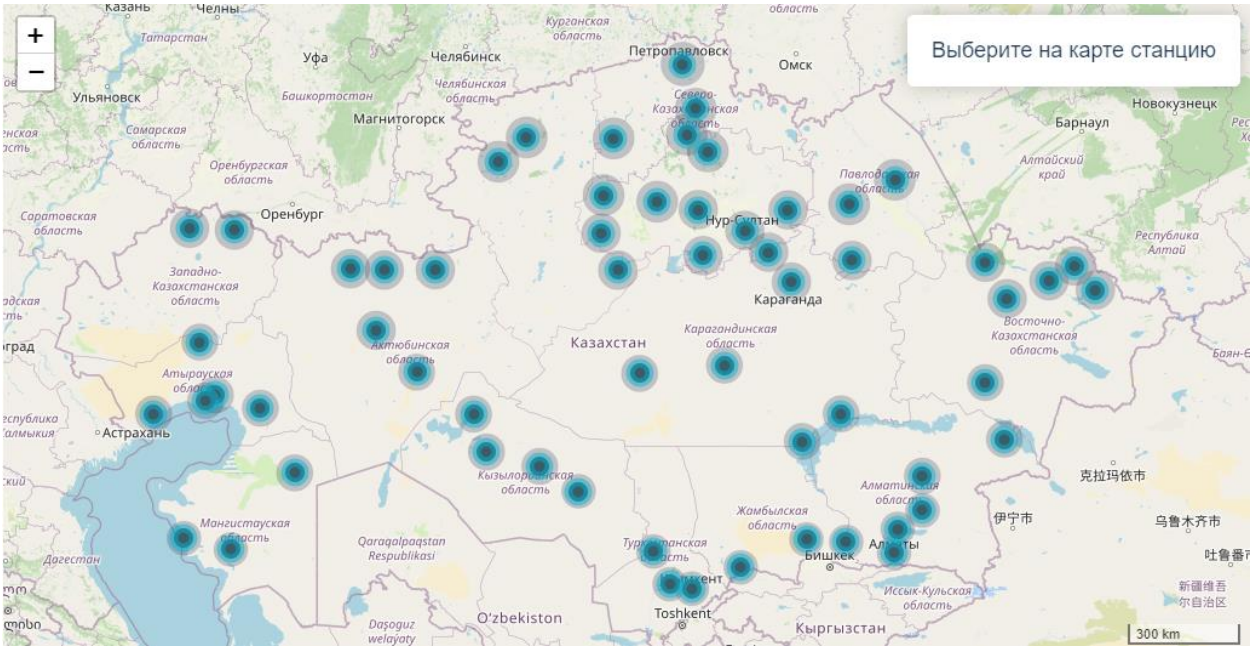


рис. 1.4.1

2. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ СИГНАЛОВ ГНСС

2.1 Анализ основных источников погрешностей ГНСС

До сих пор мы принимали, что координаты, полученные с помощью системы GNSS, очень точны и свободны от ошибок, но это далеко не так. Существуют несколько источников погрешностей, которые снижают точность координат.

Источники погрешностей можно разделить на следующие классы:

- ионосферные задержки;
- тропосферные задержки;
- ошибки часов спутника и приёмника;
- переотражение сигналов;
- ошибка эфемерид;
- геометрическое снижение точности.

Источники ошибок ГНСС-измерений показаны в таблице 2.1.1

табл. 2.1.1

Источник ошибки	Ошибка
Ионосферная задержка	7 м
Точность часов спутника	1.1 м
Точность часов приемника	1.1 м
Ошибка эфемерид	0.8 м
Тропосферная задержка	0.2 м
Переотражение и групповые задержки	0.2 м

Ионосферные задержки

Потому как спутниковый сигнал проходит сквозь ионосферу, его прохождение может оказаться замедленным - эффект, похожий на преломление луча света, который проходит через стекло. Данные задержки влияют на скорость сигнала. У света имеется постоянная скорость только в вакууме.

Имеются некоторые факторы, которые оказывают влияние на величину задержки, вызванной ионосферой. Это:

- Возвышение спутника – задержка сигналов от спутников, которые находятся низко над горизонтом, будет больше, чем тех, что расположены высоко, так как увеличивается расстояние, которое сигнал проходит через атмосферу;
- Плотность ионосферы, на которую оказывает влияние солнечная энергия. Ночью влияние ионосферы весьма низкое, днем же значительно больше замедляет сигнал;
- Воздействие на сигнал водяных паров, компенсируется с помощью моделей атмосферы.

Тропосферные задержки

Следующим шагом считается движение сигнала сквозь тропосферу, самую нижнюю часть атмосферы, которая простирается от поверхности Земли до максимальной высоты 20 км над уровнем моря. Данная часть атмосферы состоит из сухих газов и водяного пара. Потому как это преломляющий слой, тропосфера также задерживает сигналы ГНСС. Впрочем, будучи электрически нейтральным, данный слой считается не дисперсионным для некоторых частот ГНСС.

Тропосферная задержка содержит 2 компонента: мокрый и сухой. Мокрый сложно моделировать, но он составляет всего 10 процентов задержки. Сухой, отвечающий за оставшуюся задержку, может быть легче смоделирован. Тропосферная задержка не зависит от частоты, поэтому, в отличие от ионосферной задержки, ее нельзя устранить путем объединения измерений сигналов GPS L1 и L2. В зависимости от высоты спутника тропосферная задержка прибавляет приблизительно 2,5-25 м к дальности измерений.

Ошибки часов спутников и приемника.

Учитывая то, что часы на спутнике очень точны (ошибка хода составляет приблизительно 3 наносекунды), временами они спешат или отстают, что

воздействует на точность определения координат. Выявленные ошибки устраняются сегментом управления системой.

Ошибки из-за переотражения сигнала.

Выявляется в результате вторичных отражений сигнала спутника от крупных препятствий, которые расположены в непосредственной близости от приемника. Но при этом возникает явление интерференции, и измеренное расстояние оказывается больше действительного. Аналитически эту ошибку оценить довольно непросто, а лучшей методикой борьбы с нею является рациональное размещение антенны приемника относительно препятствий. Если использовать специальные антенны, то влияние переотражения может быть ослаблено.

Переотражение влияет лишь на высокоточные измерения, к примеру - геодезические измерения. Обычные карманные навигационные приёмники не используют методы фильтрации переотражённых сигналов.

Ошибка эфемерид

Погрешности обусловлены расхождением меж фактическим положением GPS-спутника и его расчетным положением, которое устанавливается по сведениям навигационного сигнала, которые передаются с борта КА. Значение погрешности обычно не более 3 м.

Геометрическое снижение точности.

Геометрическое снижение точности (DOP) – мера строгости спутниковой геометрии, и связано с месторасположением спутников на небесной сфере. DOP может увеличить воздействие ошибок определения координат. На определение дальности до спутника воздействуют все вышеописанные ошибки. В том случае, когда спутники расположены на небесной сфере достаточно широко, границы возможной ошибки малы. Если спутники расположены близко друг к другу, то увеличивается неопределенность положения. В зависимости от типа измерений могут быть вычислены различные типы геометрического снижения точности или DOP:

- VDOP - снижение точности по высоте. Дает снижение точности в вертикальном направлении.
- HDOP - снижение точности в плане. Дает снижение точности в горизонтальном направлении.
- PDOP - снижение точности положения. Дает снижение точности трехмерного положения.
- GDOP - геометрическое снижение точности. Дает снижение точности трёхмерного положения и времени. [3]

Более комплексный показатель – GDOP, ведь это комбинация всех коэффициентов. Однако, некоторые приемники, вычисляют PDOP или HDOP, которые не включают временную составляющую. Лучшим путем уменьшения GDOP является наблюдение как можно большего количества спутников. Помните, однако, что на сигналы от низко расположенных спутников ошибки воздействуют в большей степени. Общее правило при геодезических GPS измерениях - лучше наблюдать спутники с углами возвышения 15° и выше. Наиболее точные координаты вычисляются в случае низкого GDOP (обычно 8 или меньше).

2.1.1 Погрешности частотно-временного определения

Погрешности частотно-временного обеспечения возникают при сверке и хранении бортовой шкалы времени навигационной системы. Эти погрешности непосредственно и весьма значительно влияют на определение расстояния до спутника. Например, сдвиг излучаемых дальномерных кодов и меток времени на 1 мс соответствует погрешности измерения дальности в 300 км. Стабильность БШВ зависит от стабильности бортового эталона частоты («атомные часы»). Среднеквадратического отклонения сдвига БШВ через сутки после коррекции составляет 25,4 нс для цезиевых и 108 нс для рубидиевых эталонов частоты. Требования к СРНС таковы, что СКО сдвига БШВ должна быть не более 10 нс. [4]

Кроме аппаратных методов повышения стабильности шкалы, применяются алгоритмические методы, основанные на известных математических моделях поведения бортовых эталонов и позволяющие прогнозировать отклонение. Непрогнозируемые отклонения БШВ относительно системной могут достигать 1 нс на интервале в 1 ч.

К дальномерным погрешностям частотно-временной области можно отнести и погрешности, вносимые групповой задержкой навигационного сигнала в аппаратуре спутника. Групповая задержка представляет собой интервал времени между выходным навигационным сигналом в фазовом центре передающей антенны и выходным сигналом бортового эталона частоты и времени. Систематическая составляющая групповой задержки измеряется при сборке и калибровке аппаратуры спутника, она индивидуальна для каждого НС и передается в составе его служебного сообщения. Случайная составляющая рассматривается в составе дальномерной погрешности и обычно не превышает 3 нс. Степень достоверности частотно-временных поправок зависит от их «возраста», т. е. от срока, прошедшего с момента загрузки в память бортового вычислителя. В ситуации, когда происходит затенение спутника, коррекция эфемерид спутника длительное время невозможна. Для уменьшения

зависимости от интервала между обновлениями данных применяется режим межспутниковых измерений, реализованный в GPS на спутниках типа BlockIIR и подлежащий реализации в ГЛОНАСС на спутниках типа ГЛОНАСС-М.

2.1.2 Погрешности эфемеридного обеспечения

Одной из ведущих задач наземного сегмента контроля и управления считается формирование предсказанных на заданные моменты времени t_bзначений эфемерид всех НС и передача их на НС, где они закладываются в навигационное сообщение. При проведении экспериментальных исследований под эфемеридными погрешностями подразумевают следующие погрешности: σ_l– трансверсальная (по касательной к траектории); σ_r – радиальная: σ_n – нормальная (по нормали к плоскости, образуемой векторами σlσr).

Но, к огорчению, экспериментальных данных по определению эфемеридных погрешностей для НС ГЛОНАСС в настоящее время нет. В следствие этого в последующем будем полагаться, что они несильно отличаются от существующих для НС GPS.

Выявленные выше эфемеридные погрешности принято пересчитывать в эквивалентную ошибку определения псевдодальности. Это обусловлено тем, что погрешности определения псевдодальностей в любом случае пересчитываются через геометрический фактор в погрешности определения координат потребителя, поэтому нет смысла пересчитывать отдельно погрешности эфемеридного обеспечения. Общая формула для пересчета эфемеридаых погрешностей в погрешности определения псевдодальности имеет вид:

$$\sigma\,\widehat{Д}^2_{эф} = k_r\sigma_r^2 + k_{ig}(\sigma_n^2 + \sigma_l^2),$$

где коэффициенты k_r, k_{ig} определяют вклад соответствующих ошибок в итоговую ошибку и зависят от взаимного положения НС и потребителя.

2.1.3 Погрешности распространения сигналов ГНСС

Погрешности, образующиеся на трассе распространения сигнала от космического аппарата до пользователя, к ним можно отнести задержку распространения сигнала в ионосфере, радиопомехи, механические препятствия, в том числе и густая растительность, объекты, отражающие радиосигнал находящиеся вблизи приёмника.

Достаточно изобретательности было проявлено для того, чтобы любой элемент или сегмент GPS функционировал настолько точно, насколько это возможно. На спутниках размещены атомные часы, проводятся дополнительные измерения для устранения любой ошибки, которую могли бы иметь часы приемника, спутники почти ежеминутно передают поправки к своему орбитальному положению, но какой бы совершенной ни была система, существуют два источника погрешностей, влияния которых очень трудно избежать.

Наиболее существенные погрешности возникают при прохождении радиосигналом ионосферы Земли - слоя заряженных частиц на высотах от 50 до 1000 километров. Эти частицы заметным образом влияют на скорость распространения света и радиоволн.

Скорость света определяется как константа лишь для вакуума, который существует в глубоком космосе. Но если свет или радиосигнал протекают сквозь более плотную среду, например, через слой заряженных частиц, скорость их распространения немного уменьшается. Это делает невозможными вычисления расстояний до спутников, в случае если они построены на предположении о ее строгом постоянстве. Они замедляют или ускоряют свое распространение в зависимости от свойств среды, через которую проходят.

Имеется два метода, которые можно использовать, чтобы сделать минимальными возникающие при этом ошибки.

Во-первых, можно предсказать, каково будет типичное изменение скорости в обычный день, при средних ионосферных условиях, а затем ввести поправку во все наши измерения. Это - решение. Но, к сожалению, не каждый день является обычным.

Другой способ состоит в сравнении скоростей распространения двух разночастотных радиосигналов. Дело в том, что, когда радиоволна проходит через ионосферу, возникает запаздывание в ее распространении, т.е. задержка сигнала, обратно пропорциональная квадрату частоты излучения. Чем ниже несущая частота сигнала, тем больше он замедляется.

Если сравнить в приемнике времена распространения двух разночастотных компонент сигнала GPS, то для каждой из них можно вычислить временную задержку в ионосфере. Этот метод корректировки достаточно сложен и используется только в наиболее совершенных, так называемых "двухчастотных" приемниках GPS. В них большая часть погрешности от ионосферной задержки может быть устранена.

После того, как радиосигналы спутников GPS покинули расположенную очень высоко ионосферу, они попадают в тропосферу, в которой происходят все погодные явления. Влага в той или иной ее форме, практически постоянно находящаяся в тропосфере, также вызывает задержки в распространении радиоволн, которые, однако, гораздо труднее выявить. К счастью, их суммарный вклад в погрешность вычисления местоположения значительно меньше, чем ширина обычной улицы.

2.2 Принципы, методы и средства повышения точности ГНСС

Для того чтобы увеличить точности навигационных определений используют дифференциальный режим. В основе дифференциального режима работы ГНСС лежит свойство пространственно-временной коррелированности погрешностей измерений радионавигационных параметров радиосигналов навигационных спутников, проведенных в различных точках пространства в близкие моменты времени. При этом штатное оборудование ГНСС дополняется рядом аппаратных и программных средств, образующих систему дифференциальной коррекции, которая является функциональным дополнением ГНСС.

Система дифференциальной коррекции ГНСС (DGPS - differential global positioning system) или СДК) предназначена для улучшения характеристик работы навигационной системы, такие, как точность, надежность и доступность, через интеграцию внешних данных в процессе расчета. СДК помогает повысить точность определения координат от 1 метра до нескольких сантиметров в зависимости от метода, заключающегося в коррекции измеренных приемником псевдодальностей до НС поправками к ним, полученным извне, от достоверного измерителя (базовая или опорная станция). При этом компенсируются как атмосферные искажения, так и эфемеридные ошибки.

Основой метода дифференциальной коррекции является положение о том, что влияние различных источников ошибок на результаты измерений одинаково как для базового, так и для мобильного приемника. То есть применяется дифференцированный подход к определению области действующих поправок. Данная область строго локальна и ограниченна определенными условиями.

Система дифференциальной коррекции состоит из совокупности аппаратных и программных средств, которые обеспечивают повышение точности навигационных определений на основе штатного сигнала ГНСС. После того как получаем аппаратурными методами или расчетным путем величины систематических погрешностей (дифференциальных поправок), то можно реализовать в аппаратуре потребителя компенсацию основных систематических погрешностей навигационных определений путем их учета в алгоритмах обработки навигационных данных.

3. РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЬНО-КОРРЕКТИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ ГНСС

3.1 Принципы и методы дифференциальной коррекции сигналов ГНСС

На применении известного в радионавигации принципа дифференциальных навигационных измерений, основан один из основных методов повышения точности определения местонахождения объекта и устранения ошибок, связанных с введением режима селективного доступа.

Дифференциальный режим DGPS (Differential GPS) позволяет установить координаты с точностью до 5 м в динамической навигационной обстановке и до 2 м - в стационарных условиях. Он реализуется с помощью контрольного GPS-приемника, называемого опорной станцией. Опорная станция размещается в пункте с известными координатами, там же, что и основной GPS-приемник, и дает возможность одновременно отслеживать GPS-спутники.

ОС включает в себя измерительный датчик GPS с антенной, процессор, приемник и передатчик данных с антенной. Как правило, станция использует многоканальный приемник GPS, и каждый его канал отслеживает один видимый спутник. Надобность непрерывного отслеживания каждого КА обусловлена тем, что опорная станция должна "захватить" навигационные сообщения раньше, чем приемники потребителей. При сравнении известных координат (полученных в результате прецизионной геодезической съемки) с измеренными, контрольный GPS-приемник вырабатывает поправки, которые передаются потребителям по радиоканалу в заранее оговоренном формате.

Аппаратура потребителя включает в себя GPS-приемник с антенной, оснащенный процессором и дополнительным радиоприемником с антенной, который и позволяет получать дифференциальные поправки с опорной станции. Поправки, поступившие от опорной станции, в автоматическом режиме вносятся в результаты собственных измерений пользовательских устройств.

Поправка, полученная от опорной станции для каждого КА, сигналы которого поступают на GPS-приемник складывается с результатом измерения псевдодальности. Вычисленная поправка сум определяется в виде:

$$сум = 1 + 2 x (t-t),$$

где:

1 - поправка псевдодальности, передаваемая в сообщении;

2 - поправка псевдоскорости (скорости изменения поправки), передаваемая в сообщении;

t - время измерения приемником потребителя;

t - временная привязка поправки.

Полученные с помощью дифференциального метода результаты, в значительной степени зависят от расстояния между объектом и опорной станцией. Применение этого метода наиболее эффективно, когда преобладающими являются систематические ошибки, обусловленные внешними (по отношению к приемнику) причинами, что обычно характерно для системы GPS.

Погрешности S/A и "уходы" шкалы времени компенсируются в дифференциальном режиме полностью. Вследствие задержки сигналов в атмосфере, погрешности зависят от идентичности условий прохождения сигналов к опорной станции и объекту, а, следовательно, от расстояния между ними. Эти погрешности компенсируются полностью лишь при близком расположении опорной станции и объекта. Эфемеридная погрешность также лучше всего компенсируется при небольшом удалении потребителя от опорной станции. По данным причинам опорную станцию рекомендуется располагать не далее 500 км от объекта.

3.2 Принципы построения и структура систем дифференциальной коррекции ГНСС

Для удобного анализа дифференциальную подсистему ГНСС условно можно разделить на отдельные элементы, каждый из которых выполняет одну или несколько необходимых подсистеме функций.

По международным Стандартам в состав диффподсистемы должно входить следующее оборудование:

- радиомаяк;
- антенна радиомаяка;
- опорная станция с MSK-модулятором;
- станция интегрального контроля за работой диффподсистемы;
- контрольная станция управления с программно-аппаратурным комплексом RSIM (Reference Station/Integrity Monitor), который обеспечивает контроль работы диффподсистемы и дистанционное управление работой опорной станции и радиопередатчика.

Радиомаяк – береговая станция, передающая радиосигналы точного местоположения, должен обеспечивать:

– работу антенной, имеющую круговую диаграмму направленности в азимутальной плоскости;

– работу основного и резервного полукомплектов, а также системы автоматики, контролирующей исправную работу и переключение на резервный блок с настройкой антенного контура;

– передачу корректирующей информации в диапазоне частот 283,5-325 кГц;

– мощность излучения 200 Вт. Это определяется дальностью действия диффподсистемы с учетом получения заданной точности в рабочей зоне требуемой надежности и доступности системы;

– формирование дискретной сетки частот через 500 Гц.

Опорная станция осуществляет обработку сигналов и определение дифференциальных поправок по всем спутникам, которые находятся в зоне радиовидимости ОС, преобразование их в стандартные дифференциальные

сообщения для последующей передачи с помощью радиомаяка. Используется модуляция частоты передатчика – манипуляция минимальным фазовым сдвигом. В состав опорной станции входит 9- или 12-канальный приемник сигналов или 9- или 12-канальный приемник ГЛОНАСС, способные формировать дифференциальные поправки.

Станция интегрального контроля (СИК).

Для управления характеристиками ККС в подсистеме дифференциальной коррекции реализована интегрированная станция контроля (ИК), которая выполняет функцию контроля целостности всей системы ДГНСС; Предназначено для проверки содержания разностных сообщений, передаваемых базовой станцией. Станция контроля целостности работает путем сравнения рассчитанной и измеренной псевдодальности. Анализ остаточных (после внесения поправок) псевдоизмененных значений позволяет оценить характеристики дифференциальной подсистемы. Для выполнения функций мониторинга приемники GPS / ГЛОНАСС на станции интегрирования должны быть как минимум такими же, как в ОС, используемой в диффподсистеме.

Сообщения на выходе ИК-станции содержат информацию об ошибках измерений от отдельных спутников, которые обеспечивают контроль над ОС. Пороговые значения и период времени для установки тревоги устанавливаются пользователем дифференциальной подсистемы. Если один из параметров для опасных порогов превышен, ИК-станция немедленно отправляет сигнал в ОС, предупреждает об опасности и сообщает о состоянии дифференциальной подсистемы. ИК-станция позволяет полностью контролировать работу ККС. Совместная работа ОС и ИК-станции позволяет исключить ошибки из корректирующих сообщений, вызванные сбоями в работе спутника между размещением следующего альманаха данных.

Антенна ГНСС в ОС. Антенна для приема сигналов от космического аппарата ГЛОНАСС и GPS в диапазоне от 1570 до 1610 МГц, приема и передачи сигналов в блок приемо-вычислителя по высокочастотному кабелю. Антенна представляет собой законченную структуру, состоящую из антенного

излучателя, устройства разделения фаз, аттенюатора имитационного сигнала и малошумящего усилителя.

3.3 Структура и функции контрольно-корректирующей станции

В состав оборудования ККС включены [3]:

- ОС ДГЛОНАСС/DGPS (основной и резервный комплекты), включая антенные блоки с устройствами крепления и комплектами соединительных кабелей;
- СИК (основной комплект), включая антенны ГНСС ГЛОНАСС/GPS с устройствами крепления и комплектами соединительных кабелей;
- контрольная станция (КС) ГЛОНАСС/GPS на базе вычислителя с программным обеспечением;
- источник бесперебойного электропитания ККС;
- комплект эксплуатационной документации.

3.4 Принципы, критерии и рекомендации по выбору количества и пространственного размещения контрольно-корректирующих станций ГНСС (локальных, региональных, широкозонных)

На сегодняшний период имеются большое число широкозонных, областных и местных отличительных концепций.

В случае широкозонных следует выделить подобные концепции, равно как североамериканская WAAS, европейская EGNOS и японская MSAS. Данные концепции применяют геостационарные попутчики с целью передачи поправок абсолютно всем покупателям, пребывающим в области их возмещения.

Региональные концепции приведены с целью навигации для единичных зон общей наземной плоскости. Областные концепции обычно используются в крупных населенных пунктах, на автомагистралях и судоходных реках, в портах и вдоль прибрежных морей и океанов. Средний пролетарский регион по региональной концепции обычно составляет от 500 до 2000 километров.

Локальные концепции имеют максимальную дальность от 50 до 220 километров. Они обычно содержат 1 базовую станцию. Местные концепции обычно делятся в зависимости от того, как они используются: мореходные, летные и тригонометрические местные отличительные станции.

При работе с глобальными инструментами целесообразно анализировать сильные концепции широкополосной связи. Основой концепции такого типа считается серия специализированных широкозонных ККС, информация об изменениях и дополнениях, на которых основывается основная станция. После дополнительной проверки на главной станции должен быть сделан набор унифицированных поправок и унифицированных сигналов. Сгенерированные сигналы передаются, ровно как принцип, геостационарным попутчикам, от которых они передаются примникам покупателей.

Использование геостационарных спутников позволяет гарантировать приграничную зону с дальностью от 5000 до 6000 км. Зачастую ККС, вступающие в структура широкозонной подсистемы, гарантируют и местный обслуживание с использованием добавочных каналов передачи сведений.

Отличительные концепции для широкой области в настоящее время приобрели большую популярность: WAAS для Северной Америки, EGNOS для Европы, MSAS для Японии.

При рассмотрении возможных вариантов размещения ККС была выбран город Каратау, в Жамбылской области Казахстана.

На выбор места вероятной установки повлияло:

– возможность достижения требуемой дальности действия в пределах населенного пункта, который не находится в зоне покрытия, уже имеющихся контрольно-корректирующих станций на территории Казахстана;

– экономия и простота реализации;

– наличие и возможность использования имеющейся на месте инфраструктуры, линии электропитания переменного тока напряжением 220 В, а также зданий, изолированные помещения, приспособленных для размещения вторичных источников питания и комплекса оборудования ККС;

– наличие линии связи для организации дистанционного контроля для организации дистанционного контроля и управления работой ККС;

– наличие резервной сети питания переменного тока дизель-генератора;

– наличие, размеры и состояние площадки для размещения антенного поля, которая должна соответствовать ориентировочно минимальным размерам полей 60х40 м^2 для Т-образной антенны и 50х50 м^2 для антенны тира «Зонт»;

– возможность обеспечения климатических условий эксплуатации аппаратуры ККС;

– возможность обеспечения условий безопасности в зоне антенного поля и месте размещения аппаратуры ККС;

– возможность обеспечения условий труда обслуживающего персонала.

Учет гидрометеорологических условий.

Среднегодовое количество осадков в Каратау - 406 мм. Данный тип климата можно отнести к сухому.

Средняя температура воздуха по месяцам показана в таблице 3.4.1:

Месяц	**Температура воздуха средняя**
Январь	-6 С°
Февраль	-4 С°
Март	3 С°
Апрель	12 С°
Май	17 С°
Июнь	22 С°
Июль	24 С°
Август	22 С°
Сентябрь	17 С°
Октябрь	9 С°
Ноябрь	3 С°

Декабрь	-3 С°

Климатические условия, упомянутые выше, определяют необходимость их учета при выборе типа оборудования для размещения спутниковых антенн, а также методов монтажа, способных выдержать ветровые нагрузки. Критические уровни температуры не имеются, что не создает существенных уровней помех работе ККС.

Питание маяка будет осуществляться от:

– сети переменного тока напряжением 220 В – первичный источник питания;

– дизель-генератора в качестве резервного источника питания.

Исходя из приведенных данных, достижение качественных характеристик станций контроля и коррекции в городе Каратау становится одним из определяющих условий успешной реализации.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

4.1 Расчет капиталовложений на оборудование

Оценка эффективности реализации данного проекта производится на основе сравнения двух вариантов реализации проекта, критерием оценки является минимум приведённых затрат «$З_i$». При использовании этого метода к внедрению принимается вариант, имеющий наименьшее значение приведенных затрат. Расчет проводится по формуле:

$$З_i = Т_з + Е_н К_{прi} \rightarrow \text{минимум} \qquad (4.1.1)$$

где $Т_{зi}$ - текущие затраты по производству конкретных видов продукции в расчете на 1 год по i-му варианту, тенге;

$Е_н$ - норма прибыли на капитал - норматив эффективности капитальных вложений, установленный инвестором, (20%);

$К_{прi}$- капитальные вложения по i-му варианту инвестиционного проекта, тенге.

Капиталовложения необходимые для реализации проекта включают в себя капиталовложения на оборудование и на разработку программного продукта:

$$К_{пр} = К_{об} + К_{пп} \qquad (4.1.2)$$

где $К_{пр}$ – капиталовложения необходимые на проект;

$К_{об}$ – капиталовложения на оборудование;

$К_{пп}$ – капиталовложения на программный продукт.

Капиталовложения на оборудование следует рассчитывать по следующей формуле:

$$К_{об} = С_{об} + З_{тр} + З_{м} \quad (4.1.3)$$

где $К_{об}$ – капиталовложения на оборудование;

$С_{об}$ – стоимость оборудования;

$З_{тр}$ – затраты на транспортировку;

$З_{м}$ – затраты на монтаж.

Затраты на транспортировку в среднем составляет 5-10% от стоимости самого оборудования и рассчитывается по формуле:

$$З_{тр} = С_{об} * 0.05 \quad (4.1.4)$$

Рекомендуемые затраты на монтаж следует брать из интервала от 4 до 6% от стоимости оборудования, определяется по формуле:

$$З_{м} = С_{об} * 0.04 \quad (4.1.5)$$

4.2 Расчет капиталовложений на оборудование для первого варианта реализации проекта

Общая стоимость оборудования, необходимого для реализации проекта по первому варианту составляет 12 549 800 тенге. Перечень необходимого оборудования и их стоимость представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.2.1– Стоимость оборудования для первого варианта реализации проекта

Наименование оборудования	Количество	Цена за единицу, тг	Сумма, тг
Опорная станция	2	1 562 500	3 125 000
Компьютер удаленного управления и оперативного	1	681 800	681 800

контроля состояния ККС			
Антенна	2	98 000	196 000
Монитор целостности	2	3 000 000	6 000 000
Аппаратура избирательного доступа	1	60 000	60 000
Передатчик радиомаяка	1	887 000	887 000
Система связи	1	1 600 000	1 600 000
Итого:	12 549 800		

Согласно формулам (4.1.4) и (4.1.5) затраты на транспортировку и монтаж для первого варианта составляют:

$$З_{тр} = 12\ 549\ 800 * 0.05 = 627\ 490 \text{ тенге},$$

$$З_{м} = 12\ 549\ 800 * 0.04 = 501\ 992 \text{ тенге},$$

Таким образом, капиталовложения для варианта №1 в соответствии с формулой (4.1.5) составляют:

$$К_{об1} = 12\ 549\ 800 + 627\ 490 + 501\ 992 = 13\ 679\ 282 \text{ тенге},$$

4.3 Расчет капиталовложений на оборудование для второго варианта

Общая стоимость оборудования, необходимого для реализации проекта по второму варианту составляет 11 248 000 тенге. Перечень необходимого оборудования и их стоимость представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.3.1 – Стоимость оборудования для второго варианта реализации проекта

Наименование оборудования	Количество	Цена за	Сумма, тг

		единицу, тг	
Опорная станция	2	1 362 500	2 725 000
Компьютер удаленного управления и оперативного контроля состояния ККС	1	577 000	577 000
Антенна	2	75 000	196 000
Монитор целостности	2	3 000 000	6 000 000
Аппаратура избирательного доступа	1	50 000	50 000
Передатчик радиомаяка	1	800 000	800 000
Система связи	1	900 000	900 000
Итого:	11 248 000		

Согласно формулам (4.1.4) и (4.1.5) затраты на транспортировку и монтаж для второго варианта составляют:

$$З_{тр} = 11\ 248\ 000 * 0.05 = 562\ 400 \text{ тенге},$$

$$З_{м} = 11\ 248\ 000 * 0.04 = 449\ 920 \text{ тенге},$$

Таким образом, капиталовложения для варианта №2 в соответствии с формулой (4.1.5) составляют:

$$К_{об2} = 11\ 248\ 000 + 562\ 400 + 449\ 920 = 12\ 260\ 320 \text{ тенге}.$$

4.4 Расчет эксплуатационных расходов

4.4.1 Расчет капиталовложений на разработку программного обеспечения

В связи с использованием микроконтроллера AT89S8252 и программной среды «Arduino IDE» в обоих случаях, расчет капиталовложений на программное обеспечение будет единым для первого и второго варианта.

Расчет капиталовложений необходимых на разработку программного продукта $К_{пп}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$К_{пп} = З_{фот} + О_{сн} + М + Р_{с} + Р_{ам} + Р_{э} + Р_{нак} \quad (4.4.1.1)$$

где $З_{фот}$ – фонд оплаты труда, предназначенный для разработчиков ПП, тенге;

$О_{сн}$ – отчисления по социальному налогу, тенге;

М – затраты на материалы, тенге;

$Р_{с}$ – расходы на специальные программные средства, необходимые для разработки проектного решения, тенге;

$Р_{ам}$ – расходы на амортизацию техники, тенге;

$Р_{эл}$ – расходы на электроэнергию, тенге;

$Р_{нак}$ – накладные расходы, тенге.

Объем фонда оплаты труда предназначенный для оплаты услуг разработчиков $З_{фот}$ определяется по формуле:

$$З_{фот} = З_{осн} + З_{доп} \quad (4.4.1.2)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата, тенге;

$З_{доп.}$ – дополнительная заработная плата, тенге.

Основная заработная плата разработчиков ПО рассчитывается по формуле:

$$З_{осн} = t_{тр} * З_{дн} \quad (4.4.1.3)$$

где $t_{тр}$ – трудоемкость разработки программного продукта (чел/дни);

$З_{дн}$ – дневная заработная плата разработчика (тенге).

Затраты на заработную плату зависят от трудоемкости работ. Расчет трудоемкости ($t_{тр}$) проводится путем сложения затрат труда по отдельным периодам разработки:

$$t_{тр} = t_{оп} + t_{алг} + t_{бл} + t_{пр} + t_{отл} + t_{док} \quad (4.4.1.4)$$

где $t_{оп}$ -предварительная подготовка описания задачи, чел/час;

$t_{алг}$ - разработка алгоритма решения задачи, чел/час;

$t_{бл}$ - составление блок-схемы алгоритма, чел/час;

$t_{пр}$ - программирование, чел/час;

$t_{отл}$ - отладка программы на ЭВМ, чел/час;

$t_{док}$ -подготовка документации, чел/час.

При определении трудоемкости прибегают к использованию ключевого показателя, такого как примерное или условное количество команд операторов, используемых в разрабатываемом ПО, по данному показателю можно предварительно оценить сложности программы и объему работы необходимого в процессе ее создания и времени на отладку, что свою очередь влияет на конечную стоимость программного продукта обозначается символом «Q» и находится по формуле:

$$Q = q * c \quad (4.4.1.5)$$

где Q – условное число операторов;

q – предполагаемое число операторов зависит от типа, значения данного коэффициента приведены в таблице 3;

c – это коэффициент, учитывающий сложность программы и ее новизну (таблица 4.4.1.1).

Таблица 4.4.1.1 – Предполагаемое число операторов «q»

Тип задачи	Пределы изменений коэффициента
Задачи учета	от 1400 до 1500
Задачи оперативного управления	от 1500 до 1700
Задачи планирования	от 3000 до 3500
Многовариантные задачи	от 4500 до 5000
Комплексные задачи	от 5000 до 5500

По степени новизны ПП делятся на четыре группы:

а) разработка принципиально новых задач (группа А);

б) разработка оригинальных программ (группа Б);

в) разработка программ с использованием типовых решений (группа В);

г) разовая типовая задача (группа Г).

Таблица 4.4.1.2 – Коэффициент сложности и новизны «с»

Язык программирования	Группа сложности	Степень новизны			
		А	Б	В	Г
Высокого уровня	1	1,38	1,26	1,15	0,69
	2	1,30	1,19	1,08	0,65
	3	1,20	1,10	1,00	0,60
Низкого уровня	1	1,58	1,45	1,32	0,79
	2	1,49	1,37	1,24	0,74
	3	1,38	1,26	1,15	0,69

Программное обеспечение, рассматриваемое, в данном проекте написано на языке высокого уровня с использованием типовых решений.

Расчет условного количества команд операторов согласно формуле (4.4.1.5):

$$Q = 1500 * 1,08= 1620 \text{ (команд)},$$

Далее необходимо определить время, которое потребуется на каждом этапе создания ПП.

Время, затраченное на предварительную подготовку описания задачи $t_{оп}$ (фактическое время) в среднем от 3-х до 5-ти дней по 8 часов:

$$t_{оп} = 32 \text{ чел / час},$$

Необходимое время на разработку алгоритма решения задачи $t_{алг}$ рассчитываем по формуле:

$$t_{алг} = Q / (50 \times k) \qquad (4.4.1.6)$$

где k – коэффициент, характеризующий квалификацию программиста по опыту его работы, выбирается из таблицы 4.4.1.3.

Таблица 4.4.1.3 – Коэффициент характеризующий квалификацию программиста

Опыт работы	Коэффициент квалификации
До двух лет	0,8
2-3 года	1
3-5 лет	1,1 – 1,2
5-7 лет	1,3 – 1,4
более 7 лет	1,5 – 1,6

Время необходимое для разработки алгоритма рассчитанное по формуле (4.4.1.6):

$$t_{алг} = 1620/ (50 *1.1) = 29 \text{ чел/час},$$

Время на разработку блок схемы $t_{бл}$ определяется таким же образом как $t_{алг}$ в соответствии с формулой (4.3.5):

$$t_{бл} = 1620/ (50 *1.1)= 29 \text{ чел/час},$$

Время потраченное непосредственно на написание программы на языке высокого уровня $t_{пр}$:

$$t_{пр} = Q *1,5 / (50 * k), \qquad (4.4.1.7)$$

Соответственно время, потраченное на написание программы по формуле (4.4.1.7) равно:

$$t_{пр} = 1620 *1,5 / (50 *1.1) = 44 \text{ чел/час},$$

Время для отладки и тестирования программы $t_{отл}$:

$$t_{отл} = Q *4,2/50 * k, \qquad (4.4.1.8)$$

Произведя расчет по формуле (4.4.1.8) был получен следующий результат:

$$t_{отл} = 1620 *4,2/50 *1.1=150 \text{ чел/час},$$

Необходимое время на подготовку документации $t_{док}$, берется по факту и примерно составляет от 3-х до 5-ти рабочих дней по 8 часов:

$$t_{док} = 24 \text{ чел / час},$$

Таким образом, по формуле (4.4.1.4) трудоемкость разработки программного продукта составляет:

$$t_{тр} = 32 + 29 + 29 + 44 + 150 + 24 = 308 \text{ чел/час или } 38 \text{ чел/дней},$$

Дневная заработная плата рассчитывается в соответствии с месячным окладом и количеством рабочих дней (в среднем 22 рабочих дня). В таблице 4.3.6 представлены данные по окладу специалистов, задействованных в разработке ПП.

Таблица 4.4.1.4 – Оклады специалистов

Специалист – Исполнитель	Количество, человек	Заработная плата в месяц, (тенге)
Программист	1	186 520
Итого		186 520

Таким образом, дневная заработная оплата программиста составляет:

$$З_{дн} = 186520/22=8478 \text{ тенге},$$

Основная заработная плата по формуле 5.8 составит:

$$З_{осн} =38*8478 = 322164 \text{ тенге},$$

Дополнительная заработная плата составляет 10 % от основной и рассчитывается по формуле:

$$З_{доп} = З_{о} * 0.1 \qquad (4.4.1.9)$$

И составляет:

$$З_{доп} =322164 * 0.1 = 32216 \text{ тенге}$$

Таким образом, фонд оплаты труда составит:

$$З_{фот} = 322164 + 32216 = 354380 \text{ тенге}$$

Согласно ст. 358 п. 1 НК РК социальный налог равен 9.5% от дохода работника, и рассчитывается по формуле:

$$О_{сн} = (З_{фот} – З_{по}) * 0.095, \qquad (4.4.1.10)$$

где $З_{по}$ - пенсионные отчисления, которые социальным налогом не облагаются, и их доля от фонда оплаты труда составляет 10%:

$$З_{по} = З_{фот} * 0.1, \qquad (4.4.1.11)$$

Пенсионные отчисления рассчитаны по формуле (4.4.1.11) равны:

$$З_{по} = 354380 * 0.1\%=35438 \text{ тенге},$$

Основываясь на вышеперечисленных расчетах и используя формулу (4.4.1.10) социальный налог равен:

$$О_{сн} =(354380 - 35438) * 9.5\%=30\ 300 \text{ тенге}$$

Базируясь информацией, полученной из исходных данных, определяется объем затрат на материалы:

$$М = (З_{осн} * Н_{рмз})/ 100\%, \qquad (4.4.1.12)$$

где $Н_{рмз}$ − норма расходов материалов от основной заработной платы в среднем составляет от 3 до 5%.

Согласно данной формуле (4.4.1.12) затраты на материалы равны:

$$M = (322164 * 5\%)/100\% = 16108 \text{ тенге},$$

В данном проекте используется среда программирования «Arduino IDE» которая находится в свободном распространении, следовательно, расходы на специальные программные средства (P_c) равны 0.

В расходы на амортизацию входят непосредственно отчисления на амортизацию от стоимости техники, применяемой при создании ПП, для этого используется формула:

$$P_{ам} = \frac{C_{обор} * Ha * N}{100*12*t}, \quad (4.4.1.13)$$

где H_a – норма амортизации, составляющая 25%;

$C_{обор}$ – первоначальная стоимость техники, тенге;

N – время использования персонального техники, (38 дней);

t – количество рабочих дней в месяце, дни.

Согласно формуле (4.4.1.13) амортизационные расходы составляют:

$$P_{ам} = \frac{225950 * 0{,}25 * 38}{100 * 12 * 22} = 8130 \text{ тг}$$

Затраты на электроэнергию вычисляется по формуле:

$$P_э = M*k_з*T*C_{кВт\text{-}ч} \quad (4.4.1.13)$$

где M – мощность ЭВМ, КВт;

$k_з$ – коэффициент загрузки (0.8);

$C_{кВт-ч}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, тенге/ кВт·ч;

Т – время работы, час (308 ч.).

Используя формулу (4.4.1.13) были определены затраты на электроэнергию и приведены в таблице 4.4.1.5:

$$Р_{эл} = 0.12*0.8*308*16.65 = 492 \text{ тенге.}$$

Таблица 4.4.1.5 - Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Паспортная мощность, кВт	Коэффициент загрузки	Время работы оборудования для разработки ПП, час	Цена эл/э, тенге/кВт-час;	Сумма, тенге
Ноутбук	0.12	0.8	308	16.65	492
ИТОГО затраты на электроэнергию					492

Накладные расходы, ($Р_{нак}$) и составляют от 40 до 60% от основной заработной платы:

$$Р_{нак} = З_{осн} * Н_{рн}/100\% \qquad (4.4.1.14)$$

где $Р_{нак}$ – накладные расходы на ПП (тенге);

$Н_{рн}$ – норматив накладных расходов -40%.

$$Р_{нак} = 322164 * 0.4=128866 \text{ тенге,}$$

Таким образом, капитальные вложения на разработку программного продукта составили:

$$К_{пп} = 354380 + 30\,300 + 16108 + 8130 + 492 + 128866 = 538\,276 \text{ тенге.}$$

Сводные результаты расчета затрат на разработку ПП представлены в таблице 4.4.1.6.

Таблица 4.4.1.6 – Сводная таблица расходов на разработку программного продукта

Статьи затрат	Сумма, тенге
Фонд оплаты труда	354380
Социальный налог	30300
Материалы	16108
Амортизация	8130
Электроэнергия	492
Накладные расходы	128866
Итого:	538276

Таким образом, общая сумма капиталовложений на данный проект согласно формуле (4.1.2) составляет:

Для варианта №1:

$$К_{пр1} = 13679282 + 538276 = 14\ 217\ 558 \text{ тенге,}$$

Для варианта №2:

$$К_{пр2} = 12260320 + 538276 = 12\ 798\ 596 \text{ тенге.}$$

4.4.2 Расчет эксплуатационных затрат

В процессе эксплуатации предлагаемого проекта неизбежно потребуются затраты на его обслуживание и содержание, данная статья расходов именуется как «эксплуатационные затраты» и определяется по формуле:

$$Т_з = Ф_{оп} + С_{нал} + М + Э + А_м + Н_р, \quad (4.4.2.1)$$

где $Ф_{оп}$ –фонд оплаты труда персонала;

$С_{нал}$ – социальный налог;

М - материальные затраты, а также затраты на запасные части (0.5% от капвложений);

Э – затраты на электроэнергию;

$А_м$ – амортизационные отчисления;

$Н_р$ – накладные расходы (30% от заработной платы).

Так как данный проект не требует наличия персонала, эксплуатационные затраты будут рассчитываться укрупнено, и формула (4.4.2.1) приобретает вид:

$$Т_з = М + Э + А_м \quad (4.4.2.2)$$

Материальные затраты составляют 0.5% от капиталовложений:

$$М = К_{пр} * 0.005 \quad (4.4.2.3)$$

Затраты на материалы для первого варианта составляют:

$$М_1 = 14\ 217\ 558 * 0.005 = 71\ 087.8 \text{ тенге},$$

Для второго варианта соответственно равны:

$$М_2 = 12\ 798\ 596 * 0.005 = 63\ 993 \text{ тенге},$$

Расходы на электроэнергию (Э) включают в себя расходы на оборудование ($Р_{эл.обор.}$) и дополнительные ($Р_{эл.доп.}$):

$$Э = Р_{эл.обор} + Р_{эл.доп.} \quad (4.4.2.4)$$

$$Р_{эл.обор} = N*t_{раб}* С_{кВт-ч} \quad (4.4.2.5)$$

где N – потребляемая мощность, кВт (0.5 для варианта №1, 0.5 для варианта №2);

$t_{раб}$ - время работы, ч/год (8760);

$С_{кВт-ч}$ - стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, тенге/ кВт·ч (16.87).

Дополнительные затраты на электроэнергию рассчитываются в соответствии в укрупненным показателем, который составляет 5% от расходов на оборудование:

$$Р_{эл.доп} = Р_{эл.обор} * 0.05 \quad (4.4.2.6)$$

Расходы на электроэнергию по формуле (4.4.2.5) составляют:

для первого варианта:

$$Р_{эл.обор1} = 0.5*8760* 16.87 = 73890 \text{ тенге,}$$

для второго варианта:

$$Р_{эл.обор2} = 0.5*8760* 16.87 = 73890 \text{ тенге,}$$

Дополнительные затраты на электроэнергию для первого варианта:

$$Р_{эл.доп1} = 73890 * 0.05 = 3694,5 \text{ тенге,}$$

Дополнительные затраты на электроэнергию для варианта номер 2:

$$Р_{эл.доп2} = 73890 * 0.05 = 3694,5 \text{ тенге},$$

Таким образом, расходы на электроэнергию составляют:

для варианта №1:

$$Э_1 = 73890 + 3694,5 = 77584,5 \text{ тенге},$$

для варианта №2:

$$Э_2 = 73890 + 3694,5 = 77584,5 \text{ тенге},$$

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$A_м = \frac{H_A * K_{пр}}{100}, \qquad (4.4.2.7)$$

где $А_м$ – затраты на амортизацию, тенге;

К – капитальные вложения, тенге;

$Н_А$ –норма амортизации (25%).

Для варианта №1:

$$К_{пр1} = 14\ 217\ 558 \text{ тенге},$$

Для варианта №2:

$$К_{пр2} = 12\ 798\ 596 \text{ тенге}.$$

Затраты на амортизацию для варианта №1 составляют:

$$А_{м1} = \frac{0.25 * 14\ 217\ 558}{100} = 35\ 544 \text{ тенге}$$

А для второго амортизация равняется:

$$А_{м1} = \frac{0.25 * 12\ 798\ 596}{100} = 31\ 997 \text{ тенге}$$

Получив все необходимые значения и проведя расчет по формуле были, определены эксплуатационные расходы для первого и второго варианта:

$$Т_{з1} = 71087{,}8 + 77584{,}5 + 35544 = 184\ 216{,}3 \text{ тенге,}$$

$$Т_{з\ 2} = 63993 + 77584{,}5 + 31997 = 173\ 574{,}5 \text{ тенге,}$$

Результаты расчетов эксплуатационных затрат приведены в таблице 4.4.2.1.

Таблица 4.4.1 – Сводная таблица расходов в процессе эксплуатации

Наименование	Обозначение	Вариант №1	Вариант №2
Затраты на материалы (тг.)	М	71 087,8	63 993
Расходы на элктроэн. (тг.)	$Э_{зат}$	77 584,5	77 584,5
Амортизационные отч. (тг.)	$А_м$	35 544	31 997
Итого:(эксплуат. расходы)	$Т_з$	184 216,3	173 574,5

4.5 Оценка экономической эффективности реализации проекта

Согласно формуле (4.1.1) приведенные затраты для первого варианта составят:

$$З_{i1} = 184\ 216{,}3 + 0.2*14217558 = 3\ 027\ 728 \text{ тенге},$$

Приведенные затраты для второго варианта равны:

$$З_{i2} = 173\ 574{,}5 + 0.2*12798596 = 2\ 733\ 294 \text{ тенге}.$$

В таблице 4.5.1 приведенные показатели сравнительной экономической эффективности.

Таблица 4.5.1 – Показатели сравнительной экономической эффективности реализации проекта «Разработка микропроцессорной системы управления охранной сигнализации с оповещением по каналам GSM»

Показатели	Условное обозначение	Вариант №1	Вариант №2
Капвложения на проект. (тг.)	$К_{пр}$	14 217 558	12 798 596
Эксплуатацион. расход.(тг.)	$Т_з$	184 216,3	173 574,5
Приведенные затраты (тг.)	$З_i$	3 027 728	2 733 294

Вывод: Так как приведенные затраты по варианту №2 меньше приведенных затрат по варианту №1, т.е. $З_{пр1} > З_{пр2}$ данный проект рекомендуется для реализации.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

Введение

Охрана труда — система сохранения жизни и здоровья трудящихся в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Безопасность жизнедеятельности – это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Основной задачей охраны труда является сведение к минимуму вероятности поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда. Опасный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях, приводит к травме или другому резкому внезапному ухудшению здоровья. Вредный фактор - производственный фактор, приводящий к заболеванию, снижению работоспособности или летальному исходу. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным. Любой производственный процесс, в том числе работа с ЭМИ, сопряжен с появлением опасных и вредных факторов.

Разрабатывая новую технику, инженер обязан обеспечить не только её функциональное совершенство, технологичность и приемлемые экономические показатели, но и достичь требуемых уровней её экологичности и безопасности. На этапе проектирования и подготовки производства инженер должен уметь выявить все негативные факторы, установить их значимость, разработать и применить в конструкции машин средства снижения негативных факторов до допустимых значений, а также средства предупреждения аварий и катастроф. Исходя из этих требований,

инженер должен четко понимать реализованную конструкцию и возможность нанести вред человеку этой конструкцией.

В данной дипломной работе рассматривается санитарно-защитная зона для контрольно-корректирующей станции ГНСС. Определена напряженность электрического поля в расчетной точке, произведен расчет электрической напряженности ЭМИ, определен размер санитарно-защитной зоны.

Сведения об объекте

1. Наименование объекта: контрольно-корректирующая станция ГНСС.
2. Время и режим работы на излучение: круглосуточно, круглогодично.
3. Режим работы ПРТО: режим автоматический эпизодически, постоянные рабочие места операторов.
4. Две приемо-передающие антенны
5. Оборудование базовой станции размещается в климатическом шкафу рядом с опорой (на земле).

Сведения по антеннам

Технические характеристики оборудования ККС:

Антенны 1, 2 - зонтичного типа АЗМ-20

Диапазон рабочих частот – от 190 до 1750 кГц

Минимальная статистическая ёмкость антенны – не менее 400 пФ

Активное сопротивление – от 2 до 10 Ом

Допустимая проводимая мощность – 500 Вт

Габаритные размеры:

- Высота – 20 м
- Диаметр зонта – 5,1 м
- Диаметр противовеса – 40 м
- Диаметр площадки для анкеров – 20 м

Масса антенны (без комплекта монтажных частей) – 487 кг

Допустимые ветровые нагрузки:

– Без обледенения – 50 м/с

– С обледенением – 25 м/с

Количество заградительных огней ЗОМ – 2

Напряжение питания блока развязки заградительных огней от однофазной сети частотой 45-60 Гц – 220 ±22 В

Максимальная мощность ламп ЗОМ – 2×100 Вт

Диапазон рабочих температур – от -50 до 70 °С

Нормируемые параметры и предельно-допустимые уровни воздействия на человека ЭМИ радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)

Оценка воздействия ЭМИ РЧ на население осуществляется:

- в диапазоне частот **30 кГц - 300 МГц** – по значениям напряженности электрического поля, Е (В/м)

- в диапазоне частот **300 МГц - 300 ГГц** – по значениям плотности потока энергии, ППЭ (мкВт/кв.см.)

Оценка воздействия ЭМИ РЧ на персонал, обслуживающий передающий радиотехнический объект осуществляется:

- в диапазоне частот **30 кГц - 300 МГц** – по энергетической экспозиции электрического поля $ЭЭ_E = E^2 \cdot T$ $(В/м)^2 \cdot ч$

- в диапазоне частот **300 МГц - 300 ГГц** – по энергетической экспозиции плотности потока энергии $ЭЭ_{ППЭ} = ППЭ \cdot T$ ($мкВт/см^2$) · ч

Предельно-допустимые уровни ЭМИ РЧ предоставлены в таблице 1.

Таблица 5.1.1 - Предельно-допустимые уровни ЭМИ, создаваемые радиостанциями

Частота, МГц	ПДУ, в/м
30-60	5

60-120	4
120-240	3
240-300	2,5

Вокруг радиостанций создают санитарно-защитные зоны, размеры которых должны обеспечивать предельно-допустимый уровень ЭМИ в населенных местах (табл.2).

Таблица 5.1.2 - Размеры санитарных зон

Суммарная мощность передатчика, кВт	Размеры санитарной зоны, м
до 10	в пределах технической территории
10-75	200-300
75-160	400-500
более 160	500-1000

Санитарная зона делится на зону строгого режима (50-100 м) и зону ограниченного использования в зависимости от мощности передатчика. В зоне строгого режима допускается лишь присутствие сотрудников передающей станции, и ограниченное время.

В зоне ограниченного пользования можно располагать объекты, в которых граждане могли бы находиться менее 8 час (гаражи, хозяйственно-бытовые помещения и др.)

Методика расчета

Исходные данные для расчета:

h, м	1 канал		2 канал		3 канал	
	f_1	P_1	f_2	P_2	f_3	P_3
20	190	200	220	350	280	500

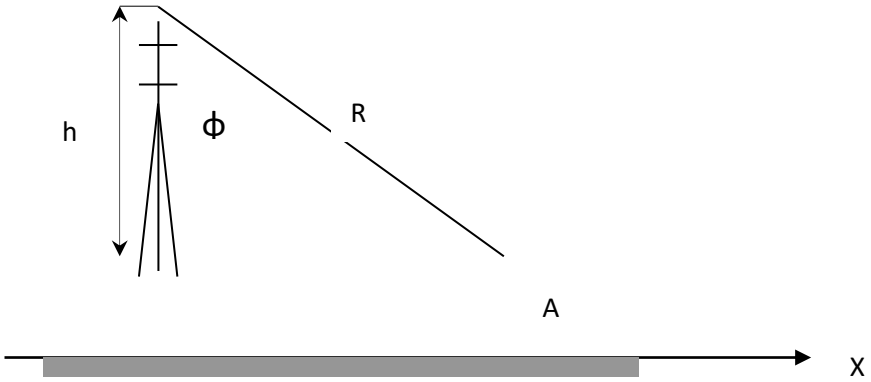
где:

h- высота антенны;

f_i- частота, МГц;

p_i- мощность передатчика, Вт

5.1 Определение напряженности электрического поля в расчетной точке



Рисунок

Электрическая напряженность ЭМИ в расчетной точке А определяется по формуле:

$$W = \overline{E} * \overline{H} = \frac{E^2}{377} = \frac{\mathrm{P} * \varphi}{4 * \pi * R^2} \quad (5.1.1)$$

$$E = \sqrt{\frac{30 * \mathrm{P} * \varphi}{h^2 + x^2}} \quad (5.1.2)$$

где: P - мощность источника, Вт

φ - коэффициент направленности антенны, рад.

$$\varphi = \text{arctg}\ \frac{x}{h} \qquad (5.1.3),$$

где: R - расстояние от антенны до расчетной точки, м

h - высота антенны, м

x - расстояние от основания антенны до расчетной точки, м.

Электрическая напряженность ЭМИ в жилом помещении определяется по формуле:

$$E^* = к * E \qquad (5.1.4)$$

где: к - ослабление ЭМИ стенами здания,

к=1 для кирпичных стен;

к=0,2 для панельных стен.

5.2 Расчет электрической напряженности ЭМИ

Расчет электрической напряженности ЭМИ, создаваемого передающими антеннами, по мере удаления от ККС (X=0, X=50, X=70, X=100, X=150, X=200, X=250, X=300).

Определим ПДУ для каждого канала по табл. 1 и занесем в табл.4.

Определим электрическую напряженность в расчетных точках по формуле 3 и результаты расчета сведем в табл. 3 и рис.2.

x=50

$$E_1 = \sqrt{\frac{30 \times P \times arctg\frac{x}{h}}{h^2 + x^2}} = \sqrt{\frac{30 \times 200 \times arctg\frac{50}{20}}{20^2 + 50^2}} = 1{,}57\ \text{в/м}$$

$$E_1 = \sqrt{\frac{30 \times 350 \times arctg\frac{50}{20}}{20^2 + 50^2}} = 2{,}08 \text{ в/м}$$

$$E_1 = \sqrt{\frac{30 \times 500 \times arctg\frac{50}{20}}{20^2 + 50^2}} = 2{,}48 \text{ в/м}$$

Таблица 5.2.1

X	arctg $\frac{x}{h}$	E_1	E_2	E_3	α
0	0	0	0	0	0
50	1,19	1,57	2,08	2,48	1,74
70	1,29	1,21	1,6	1,91	1,03
100	1,37	0,89	1,18	1,41	0,56
150	1,44	0,61	0,81	0,97	0,27
200	1,47	0,47	0,62	0,74	0,15
250	1,49	0,38	0,49	0,59	0,1
300	1,5	0,32	0,42	0,49	0,07
ПДУ	-	3	3	2,5	1

Построить график α=f(x). Определить на каком расстоянии электрическая напряженность уменьшается до ПДУ.

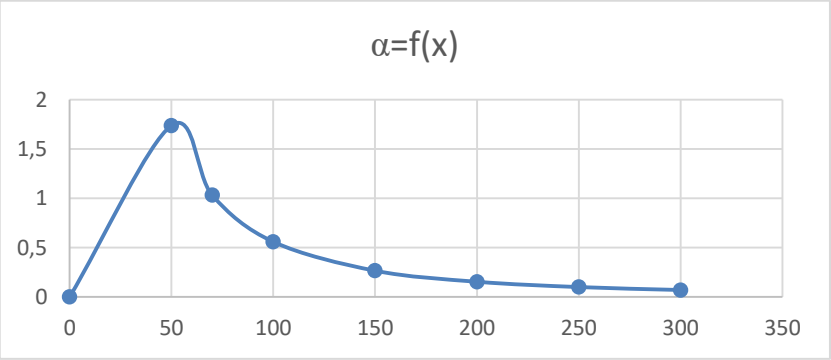


Рисунок 5.2.1

Суммарная мощность передатчиков

200+350+500=1050 Вт=1,05кВт

5.3 Определить размер санитарной зоны

Определение размера санитарной зоны по табл. 2 и определить напряженность электрического поля внутри жилого дома, расположенного на границе санитарной зоны и сравнить с ПДУ.

Из результатов суммарной мощности передатчиков по табл.2 определяем размер санитарной зоны – в пределах технической территории.

Предел технической территории достигает 100 м.

Находим по табл.4 величину Е для Х=100 м и рассчитываем напряженность электрического поля в кирпичном и панельном домах.

Таблица 5.3.1

	E_1	E_2	E_3	α
Х=100	0,89	1,18	1,41	0,56
Кирпичный дом	0,89	1,18	1,41	0,56
Панельный дом	0,178	0,236	0,282	0,0224
ПДУ	3	3	2,5	1

На границе санитарной зоны ЭМИ в кирпичных и панельных домах не превышает допустимые значения.

Заключение

1. Наибольшие уровни ЭМИ у ближайших зданий меньше ПДУ не представляют опасность для населения

2. Оборудование базовой станции размещается в климатическом шкафу на земле, работает в автоматическом режиме и не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала.

3. Строительные материалы, применяемые при строительных и ремонтных работах, разрешены к применению и имеют гигиенические сертификаты.

4. Климатический шкаф не имеет системы водоснабжения и канализации, загрязнение стоками окружающей среды исключается.

5. По данным расчета размещение базовой станции контрольно-корректирующей станции, принадлежащей АО «Национальная компания «Қазақстан Ғарыш Сапары» по адресу: республика Казахстан, г. Нур-Султан, р-н Есиль, пр. Туран 89, соответствует требованиям СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов», СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи».

6. Дополнительных мероприятий по защите населения и технического персонала, обслуживающего станцию, от электромагнитного поля не требуется.

7. Размер прогнозируемой зоны ограничения застройки приемо-передающего устройства базовой станции определен:

8. На высоте от 20 м над уровнем земли на расстоянии от 0 м до 100м

Заключение

В Республике Казахстан создано 60 контрольно-корректирующих станций, которые активно обеспечивают высокоточную информацию местонахождения потребителя.

Контроль работы контрольно-корректирующей станции и спутниковой информации проводится в контрольных пунктах. Операции могут выполняться на месте от каждой станции или из центра управления. Помимо этого, у ККС имеются компьютерные приложения, для автоматической записи данных. Проектирование ККС разработаны так, что избыточная конфигурация гарантирует ее надежность и автономность при сбоях и нарушениях.

Общие и технические требования к ККС должны быть приближены или соответствовать государственным стандартам. Перспективность создания диктуется актуальностью проблемы прогноза, а также снижением ущерба в экономической отрасли.

В результате работы был проведен сравнительный анализ характеристик качества, рассмотрены задачи и методы коррекции сигналов, а также разработаны рекомендации по пространственному размещению контрольно-корректирующих станции ГНСС.

На данном этапе развиваются новые методы и техники вычисления, расширяются и развертываются системы глобальной навигации, а с развитием науки сигналы становятся точнее и корректнее.

Список литературы

1. Шепель В.И., Ергалиев Д.С., Тулегулов А.Д. Сравнительный анализ глобальных навигационных спутниковых систем
2. Из презентации проекта «создание наземной инфраструктуры системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан»
3. http://ggs72.ru/question/34/
4. В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС
5. ГОСТ Р 55108-2016 Глобальная навигационная спутниковая система. Морская дифференциальная подсистема. Контрольно-корректирующая станция. Общие требования, методы и требуемые результаты испытаний
6. Абламейко, С. В. Глобальные навигационные спутниковые системы: пособие для студентов фак. радиофизики и компьютерных технологий / С. В. Абламейко, В. А. Саечников, А. А. Спиридонов. – Минск : БГУ, 2011. –147 с.
7. Бессонов А.А., Мамаев В.Я. Спутниковые навигационные системы: учебное пособие/ Бессонов А.А., Мамаев В.Я.; ГУАП.-СПб., 2006.- 36 с.
8. Яценков В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
9. Власов И.Б. Глобальные навигационные спутниковые системы: Учеб. пособие. - И.Б. Власов. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Рудомино, 2010.
10. Загретдинов Р.В. Спутниковые системы позиционирования. Конспект лекций / Р.В. Загретдинов, Каз. федер. ун-т. – Казань, 2014. – 148 с.
11. Михайлов С., Кульнев В. Анализ направлений и состояний разработок функциональных дополнений к спутниковым радионавигационным системам//Беспроводные технологии 2006, №3 (№4).- с. 61-69 (с. 64-71)

12. ГОСТ Р 56055-2014 Глобальная навигационная спутниковая система. Морская дифференциальная подсистема. Проектирование контрольно-корректирующих станций. Общие требования
13. ГОСТ 32449-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Станция контрольно-корректирующая локальная гражданского назначения. Технические требования
14. Новогородцев А.Б. «Расчет электрических и магнитных полей». – Л. 1975г.
15. Кубатов П.А. «Численный расчет электромагнитных полей» – М. 1984г.