

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 629.05

ДЕНСКЕВИЧ  
Сергей Владимирович

**СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ТРАНСПОРТА С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ И  
СОТОВОЙ СВЯЗИ**

Автореферат  
на соискание степени магистра  
по специальности 1–45 80 01 Системы и сети инфокоммуникаций  
(информационные и коммуникационные технологии)

Научный руководитель  
канд.техн.наук, доцент  
МИЩЕНКО Валерий Николаевич

Минск 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Спутниковые радионавигационные системы изначально разрабатывались для военных целей – определение места различных мобильных объектов. Но при совершенствовании данной системы и методов работы с ней росла и сфера ее применения: от навигации гражданских (не относящихся военным ведомствам) судов до составления высокоточных геодезических карт [1].

Система в состоянии обеспечить глобальность, точность, непрерывность, высокую доступность и ряд других требований. Точное определение координаты и времени – актуальнейшая задача для самого широкого спектра научно – технических приложений. Это и высшая геодезия, геодинамика, картография, геодезическая и аэрофотосъемка, воздушная навигация, навигация морских и речных судов, навигация наземного транспорта и другие области [28]. К концу прошлого века созданы две такие системы. Это американская Global Positioning System (GPS) – Глобальная Система Позиционирования и российская Глобальная Навигационная Спутниковая Система (ГЛОНАСС) [15].

Прогресс в области телекоммуникаций, вычислительной техники, сенсорных технологий, навигационных систем привел к развитию и мониторинговых систем быстрого реагирования. Мониторинговая система экстренного реагирования представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для установки на автомобиль в качестве охранно-сервисной системы. Основной задачей мониторинговой системы экстренного реагирования является дистанционный контроль автомобиля и своевременное обнаружение возникшей нештатной ситуации [17].

Особенности и преимущества этой системы:

- ускорение оперативного реагирования и улучшение межведомственного взаимодействия экстренных оперативных служб на аварии, ДТП на автомобильных дорогах Республики Беларусь;

- создание дополнительного источника доведения до оперативных экстренных служб сообщений о чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и антропогенного характера, ускорение реагирования на них, минимизация последствий;

- повышение общего уровня безопасности на автомобильных дорогах Республики Беларусь;

- применение новых форм и методов профилактики ДТП: раннее предупреждение об опасностях на автомобильных дорогах, контроль за соблюдением водителями правил дорожного движения.

Определение координат транспортного средства (ТС) – это одна из самых востребованных услуг в современной автотранспортной сфере, предоставление которой стало возможным с появлением спутниковых радионавигационных систем (СРНС).

Данные системы построены таким образом, чтобы в любой точке местности в любое время с заданной вероятностью пользователь мог осуществить прием спутниковых радионавигационных сигналов и на основе их обработки получить координаты точки местонахождения. Спрос на данную услугу определяется тем кругом задач, которые выполняются с применением автотранспортной техники.

Помимо системы ГЛОНАСС и GPS, работы по развертыванию глобальных навигационных спутниковых систем проводят Китай - система БЕЙДОУ, и страны Европейского союза - система ГАЛИЛЕО. Япония и Индия разворачивают региональные навигационные спутниковые системы QZSS и NavIC соответственно [32].

Постоянное развитие навигационных систем является трендом развития современной радиотехники. Частью развития навигационных систем является разработка новых устройств. Таким образом, стали популярны так называемые GPS-трекеры. GPS-трекеры нашли очень глубокое применение в таких отраслях, как логистика, навигация, картография, геодезия, машиностроение. Активно используются при грузоперевозках, пассажироперевозках и даже нашли свое применение в сельском хозяйстве, зоологии и среди любителей домашних животных. GPS-трекеры устанавливаются на объект наблюдения и в режиме реального времени отправляет актуальные данные о его реальном местоположении [2].

Это все обуславливает актуальность данной диссертации.

Цель диссертации:

- исследование построения и функционирования системы контроля и учета транспорта с использованием технологии спутниковой навигации и сотовой связи.

Задачи:

- анализ оборудования спутниковых навигационных систем и сотовой связи;

- реализация и функционирование системы учета и контроля транспорта;

- исследование особенностей построения и функционирования системы контроля и учета транспорта с использованием технологии спутниковой навигации и сотовой связи;

- выполнить моделирование энергетических параметров устройств навигации.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с крупными научными программами**

Тема диссертационной работы соответствует пункту 5 приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 190 от 12 марта 2015 г. «Информатика и космические исследования».

### **Цель и задачи исследования**

Цель диссертации:

- исследование построения и функционирования системы контроля и учета транспорта с использованием технологии спутниковой навигации и сотовой связи.

Задачи:

- анализ оборудования спутниковых навигационных систем и сотовой связи;
- реализация и функционирование системы учета и контроля транспорта;
- исследование особенностей построения и функционирования система контроля и учета транспорта с использованием технологии спутниковой навигации и сотовой связи;
- выполнить моделирование энергетических параметров устройств навигации.

### **Личный вклад соискателя ученой степени**

Содержание диссертации отображает личный вклад автора. Он заключается в научном обосновании функционирования системы контроля и учета транспорта с использованием технологии спутниковой навигации и сотовой связи.

Определение целей и задач, интерпретация и обобщение полученных результатов, проводились совместно с научным руководителем к.т.н. В. Н. Мищенко.

### **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР «Инфокоммуникации» (Минск, 2020).

## **Опубликование результатов диссертации**

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликован тезис в сборниках и материалах конференций.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, списка используемых источников.

Общий объем диссертационной работы составляет 67 страницы, из них 19 рисунков, 2 таблицы, список использованных источников (35 наименований на 2 страницах).

## **Проверка на плагиат**

Проведена экспертиза диссертации Денскевича Сергея Владимировича «Система контроля и учета транспорта с использованием технологии спутниковой навигации и сотовой связи» на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <http://nlb.antiplagiat.ru>) в on-line режиме 18.04.2021 г. В результате проверки установлена корректность использования заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 91,38 %). Итоговый протокол работы сетевого ресурса «Антиплагиат» прилагается.

Таблица 1 Проверка диссертации на сетевом ресурсе «Антиплагиат»

Модуль поиска	Заимствования	Самоцитирования	Цитирования	Оригинальность
Интернет	8,62%	0%	0%	91,38%

Рубрикатор ГРНТИ документа:

- 50 автоматика. Вычислительная техника: 43.66%;
- 28 кибернетика: 43.12%;
- 55 машиностроение: 13.22%.

Рубрикатор УДК документа:

- 00 наука в целом: 73.84%;
- 62 инженерное дело. Техника в целом: 26.16%;
- оценка связности текста: 89.61111111111111;
- наличие описания результатов исследования: да;
- доля научной лексики: 100;
- символов в тексте: 94115, слов в тексте: 11502, число предложений: 645.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** дано краткое обоснование актуальности работы, сформулированы цель работы и задачи исследования.

В **первой главе** дан анализ спутниковых навигационных систем и сотовой связи.

Спутниковая система навигации - система, предназначенная для определения местоположения (географических координат) наземных, водных и воздушных объектов. Спутниковые системы навигации также позволяют получить скорости и направления движения приемника сигнала. Кроме того, могут использоваться для получения точного времени. Такие системы состоят из космического оборудования и наземного сегмента (систем управления). В настоящее время только две спутниковые системы обеспечивают полное покрытие и бесперебойную работу для всего земного шара - GPS и ГЛОНАСС.

Основными достоинствами СРНС GPS и ГЛОНАСС являются глобальность обслуживания, высокая точность и непрерывность определения координат и скорости движения объекта, простота и широкая номенклатура аппаратуры потребителей. Кроме того, обе системы обладают возможностями повышения точности и надежности навигационных измерений в результате применения дифференциального режима.

Результатом решения навигационных задач в таком случае является определение собственных координат, т.е. той точки, где находится приемник и получатель информации.

Покрытие сигналом СРНС GPS, представлено на рисунке 1, составляет весь земной шар, при этом покрытие системы ГЛОНАСС - до 90% территории РФ и до 60% земного шара, представлено на рисунке 2.

Основное сообщение, передаваемое с каждого навигационного спутника GPS, формируется в виде кадра. Поток навигационных данных передается со скоростью 50 бит/сек. Длительность информационного символа 0 или 1 равна 20 мсек. Кадр состоит из пяти подкадров. Подкадры с 1 по 3 содержат по 300 информационных символов. Триста информационных символов разделяются на 10 слов по 30 символов в слове.

Стандарты сотовой связи: GSM, 3G, 4g.

GSM - глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи с разделением каналов по времени (TDMA) и частоте (FDMA). Разработан под эгидой Европейского института стандартизации электросвязи (ETSI) в конце 1980-х годов.

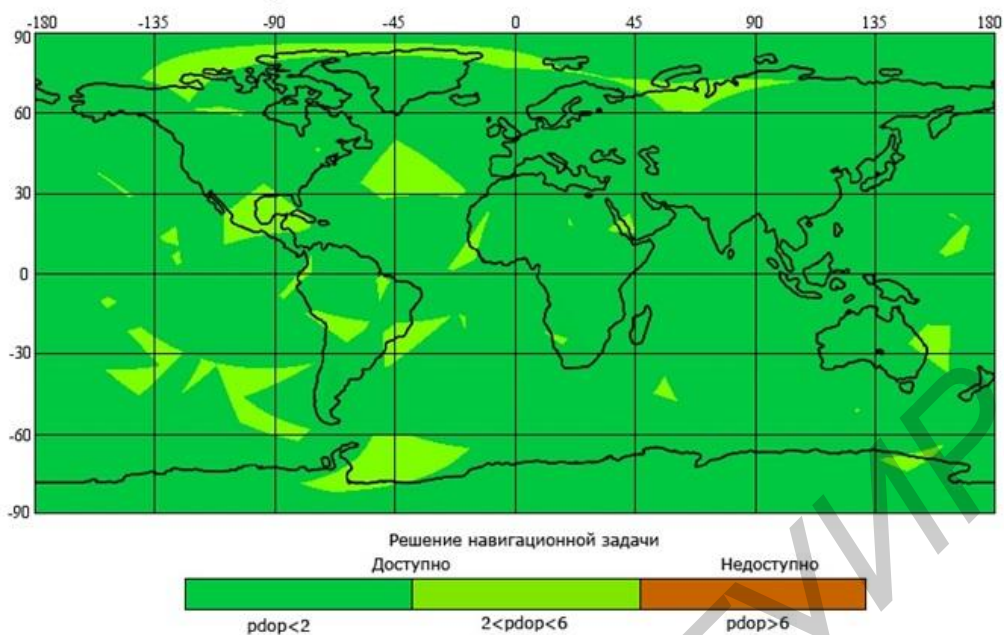


Рисунок 1– Доступность покрытия GPS

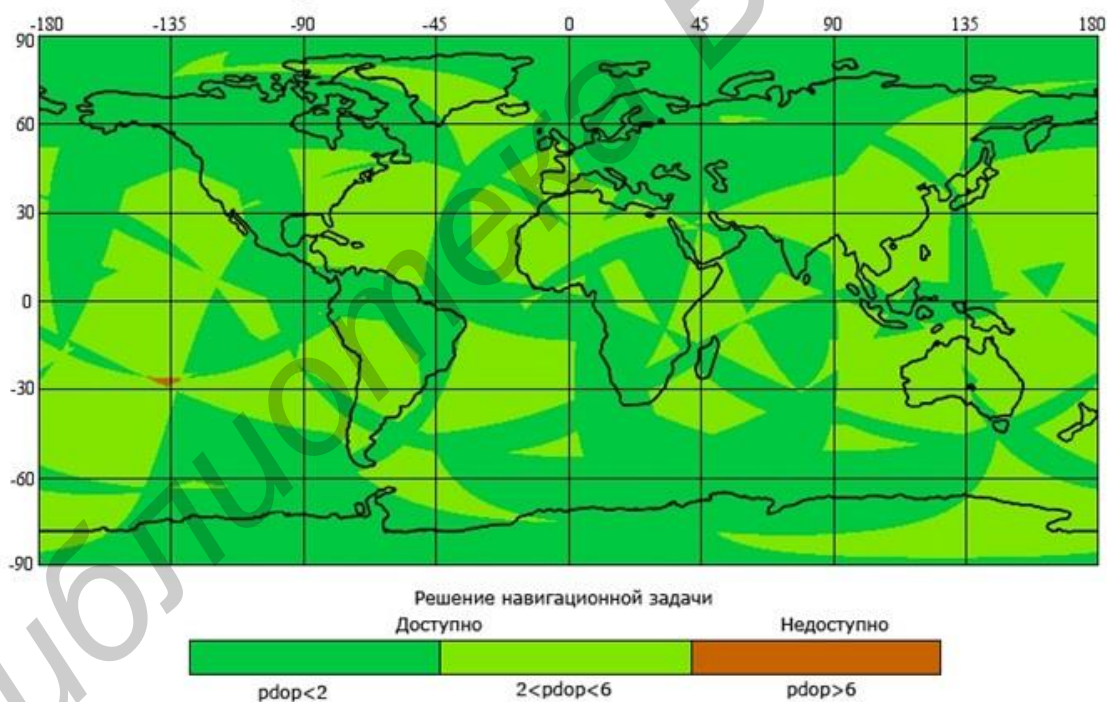


Рисунок 2 – Доступность покрытия ГЛОННАС

Стандарт 3G был разработан Международным союзом электросвязи (International Telecommunication Union, ITU) и носит название IMT 2000 (International Mobile Telecommunications 2000). Под этой аббревиатурой объединены пять стандартов, и только некоторые из них обеспечивают полное

покрытие в различных диапазонах, поэтому фактически только они могут рассматриваться в качестве полноценных 3G решений/

К связи четвертого поколения (4G), как правило, относят технологии, которые позволяют передавать данные в сотовых сетях со скоростью выше 100 Мбит/сек.

Технология LTE (Long-Term Evolution) – это основное направление эволюции сетей сотовой связи третьего поколения (3G). В январе 2008 года международное объединение Third Generation Partnership Project (3GPP), разрабатывающее перспективные стандарты мобильной связи, утвердило LTE в качестве следующего после UMTS стандарта широкополосной сети мобильной связи.

Во **второй главе** представлена реализация и функционирование системы учета и контроля транспорта.

Принцип работы заключается в отслеживании и анализе пространственных и временных координат транспортного средства. Существует два варианта мониторинга: online - с дистанционной передачей координатной информации и offline - информация считывается по прибытии на диспетчерский пункт.

На транспортном средстве устанавливается мобильный модуль, состоящий из следующих частей: приемник спутниковых сигналов, модули хранения и передачи координатных данных. Программное обеспечение мобильного модуля получает координатные данные от приемника сигналов, записывает их в модуль хранения и по возможности передает посредством модуля передачи.

Модуль передачи позволяет передавать данные, используя беспроводные сети операторов мобильной связи. Полученные данные анализируются и выдаются диспетчеру в текстовом виде или с использованием картографической информации.

В системах навигации GPS/ГЛОНАСС, используются автомобильные контроллеры, для получения информации из бортового компьютера.

Контроллеры и трекеры имеют схожие функциональные возможности:

- вычислять собственное местоположение, скорость и направление движения на основании сигналов спутников Систем глобального позиционирования GPS или ГЛОНАСС;

- подключать внешние датчики через аналоговые или цифровые входы;

- считывать данные с бортового оборудования, имеющего последовательный порт или более специализированный интерфейс CAN [10];

- хранить некоторый объем данных во внутренней памяти на период отсутствия связи;



- передавать полученные данные на серверный центр, где происходит их обработка.

Ранее по причине слабого охвата территорий сетями мобильной связи GSM/3G широко использовались контроллеры, которые накапливали данные во внутренней памяти. По возвращению объекта в место основной дислокации (автопарк), данные переносились на сервер по проводным каналам либо через Bluetooth или Wi-Fi. Многие из существующих GPS-трекеров и контроллеров имеют открытый протокол взаимодействия с сервером, а также позволяют выполнять настройку режимов работы при помощи SMS, CSD или при помощи GPRS соединения.

В **третьей главе** обозначены особенности функционирования системы мониторинга.

Система мониторинга состоит из GPS/ГЛОНАСС оборудования и Web-Интерфейса. Оборудование (прибор мониторинга) устанавливается на машину или другой подвижной объект. Прибор получает сигналы со спутников, расшифровывает их и преобразует в координаты текущего местоположения. Эти данные, а также дополнительные сведения о работе транспортного средства передаются по интернет-каналу сотового оператора на компьютер пользователя. Функционирование системы контроля транспорта представлено на рисунке 3.

Весь автопарк отображается на карте, с защищенным доступом в режиме реального времени. Для входа в систему достаточно набрать зарегистрированные персональные данные.

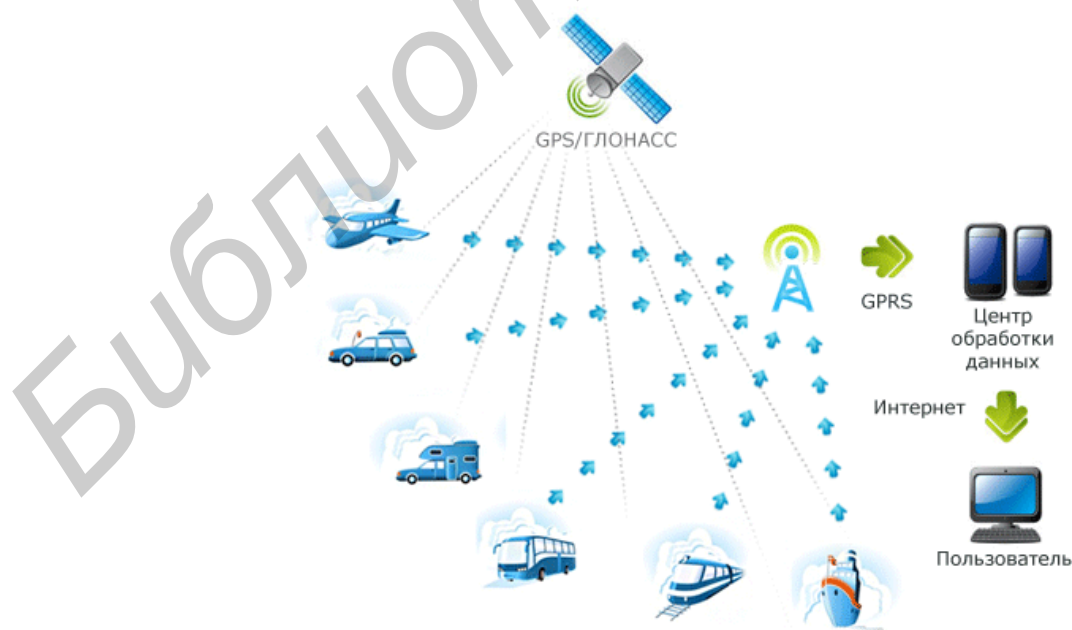


Рисунок 3 – Схема функционирования системы контроля транспорта

Оборудование мониторинга представляет собой устройство, предназначенное для мониторинга автотранспорта и других подвижных или стационарных объектов в режиме реального времени. В зависимости от встроенного модуля GPS или ГЛОНАСС, устройство может определять местоположение объекта с помощью сигналов группировки спутников GPS или ГЛОНАСС.

Центральным элементом системы является автомобильный контроллер, который сочетает в себе элементы системы навигации, такие как GPS-приемник, антенна GPS, а также элементы и подсистемы сети сотовой подвижной радиосвязи. Схема автомобильного устройства имеет вид, представленный на рисунке 3.2.

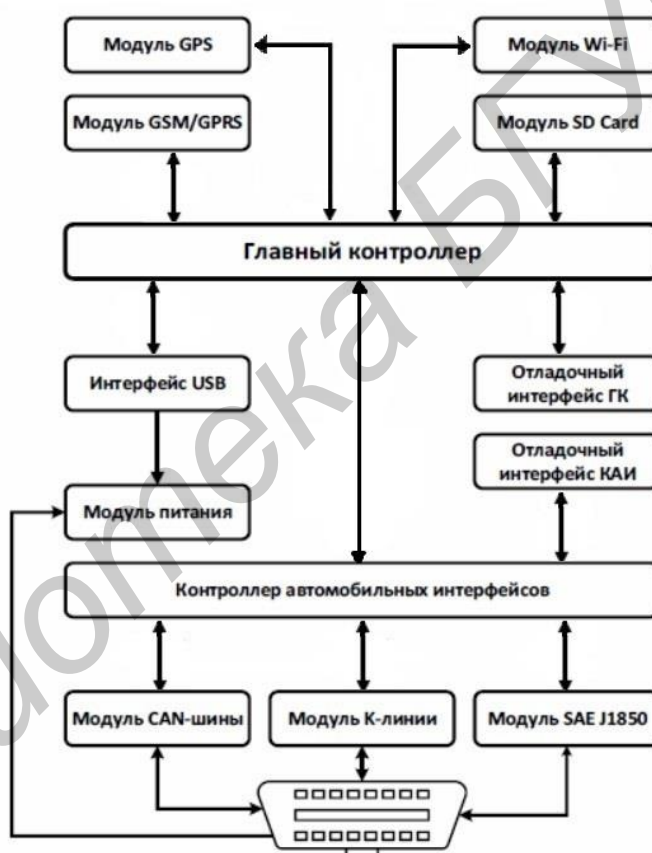


Рис.3.2 – Структурная схема автомобильного контроллера

Адаптер получает питание от бортовой сети автомобиля и осуществляет сбор диагностических данных, которые могут быть обработаны локально (через беспроводное соединение Wi-Fi на смартфоне или ноутбуке) либо переданы на удаленный сервер по каналу GSM.

В **четвертой** главе рассчитаны показатели качества программного продукта и его быстродействия, а также энергетические потери при распространении спутниковых радионавигационных сигналов.

Запросы базы данных выполняются достаточно быстро, при количестве записей до 100, время выполнения запроса составляет единицы миллисекунд. При большем количестве записей тестирование не проводилось. В случае возникновения проблем с выполнением запросов, необходимо будет разделять их на табличные пространства.

Сигналы НКА применяются для определения координат местоположения транспортных средств, поэтому к условиям их формирования и распространения предъявляются жесткие требования. Спутниковые группировки созданы таким образом, чтобы в любой момент времени в любой точке земного шара пользователю были доступны сигналы как минимум четырех спутниковых навигационных аппаратов. Это является необходимым условием для обеспечения точного определения координат и высоты над уровнем моря объекта. Особенностью системы GPS является то, что радиус орбиты ее НКА оставляет 20200 км. Спутниковые орбиты распределены равномерно по долготе через  $60^\circ$ , при этом на одной орбите находится 4 спутника, расположенных равномерно через  $90^\circ$ .

В диссертации предполагается осуществить прием сигнала в городе Минске, в точке с координатами  $\psi_3 = 53,914^\circ$  с.ш., и  $\varphi_3 = 27,599^\circ$  в.д., с НКА, находящегося в данный момент в месте с координатами подспутниковой точки  $\psi_C = 58^\circ$  с.ш.,  $\varphi_C = 65^\circ$  в.д., на фиксированную линейно поляризованную антенну с коэффициентом усиления плюс 3 дБ. Максимально допустимый процент времени снижения качества сигналов на радиолинии  $T = 1\%$ .

Для допустимого процента времени ухудшения качественных показателей на спутниковой радиолинии определим потери сигнала в осадках. Потери мощности радиосигнала в осадках обусловлены рассеянием и поглощением электромагнитной энергии гидрометеорами. Основной вклад в величину потерь вносят жидкие гидрометеоры (дождь, туман, мокрый снег) и гораздо меньший – твердые структуры (град, сухой снег). Уровень потерь зависит от интенсивности и продолжительности осадков, размеров зон их выпадения, распределения интенсивности осадков по зоне.

Величина потерь зависит от параметров антенны, нестабильности положения ИСЗ на орбите ветровой нагрузки и др.

Если прием осуществляется линейно поляризованной антенной с коэффициентом усиления 3 дБ, то уровень сигнала на входе высокочастотной части приемника будет составлять минус 156,08 дБВт.

Приведем все полученные результаты при расчетах спутниковой линии системы GPS для диапазона  $L1$  с частотой 1575,42 МГц в виде таблицы 1.

Таблица 2 – Энергетический потенциал спутниковой линии

Параметр	Значение для частоты 1575,42 МГц
Мощность передатчика, Вт(дБВт)	30(14,77)
Коэффициент усиления передающей антенны, дБ	13,5
Потери мощности при распространении от НКА к НАП, дБ	183,146
Потери мощности при распространении в спокойной атмосфере, дБ	0,045
Потери мощности при распространении в осадках, дБ	0,0035
Потери мощности из-за неточного наведения антенн НКА и НАП, дБ	0,65
Потери из-за смещения плоскостей поляризации НКА и НАП, дБ	3
Суммарные потери на радиолинии, дБ	186,85
Эквивалентная изотропно излучаемая мощность бортового ретранслятора, дБВт	27,77
Мощность сигнала у поверхности Земли, дБВт	-159,08
Уровень сигнала на входе высокочастотной части приемника, дБВт	-156,08

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации проработаны теоретические и структурные особенности построения и функционирования системы контроля и учета транспорта с использованием системы навигации и сотовой связи. Приведен подробный анализ построения аналогичных устройств. Обоснована актуальность данной разработки для промышленных предприятий автотранспортной отрасли нашей республики. В процессе написания диссертации было проведено обоснование структурной схемы автомобильного устройства для определения местоположения, контроля за всеми узлами автомобиля, за которые отвечают датчики, установленные в транспортном средстве и связи с ним. Также была проанализирована функциональная схема приемника спутниковых сигналов, входящих в состав данного устройства.

Рассмотрены особенности построения и функционирования системы навигации и сотовой связи, центрального элемента системы – автомобильного контроллера и анализированы блоки навигационного приемника.

Рассчитаны показатели качества программного обеспечения и его быстродействия, а также энергетические характеристики всей системы. Также рассчитаны энергетические потери, при распространении спутниковых радионавигационных сигналов. В результате расчета потерь была составлена таблица с вычислениями, по которой видно, что потери не значительные.

Несмотря на то, что на территории нашей страны существуют организации, предоставляющие услуги мониторинга транспортных средств, направление проектирования автомобильных контроллеров остается актуальным.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

1 – А. Денскевич С.В. Система контроля и учета транспорта с использованием технологии спутниковой навигации и сотовой связи / С.В. Денскевич // Инфокоммуникации: сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – 2020. – С. 72 - 73.

2 – А. Денскевич С.В. Анализ сглаживающего фильтра SavitzkyGolay с использованием сигнала ЭКГ/ С.В. Денскевич // Инфокоммуникации: сборник «Информационные радиосистемы и радиотехнологии 2020». – 2020. – С. 187 – 191.