Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа экономики и управления
Кафедра «Информационные технологии в экономике»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН
Рецензент,
доцент кафедры «Экономическая безопасность», к.э.н.

_____(Е.Б. Голованов)
«____» _____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, д.т.н., с.н.с.

_____(Б.М.Суховилов)
«____» _____ 2017 г.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ ПРОБЕГА ПРИ МОНИТОРИНГЕ АВТОТРАНСПОРТА ГЛОБАЛЬНЫМИ НАВИГАЦИОННЫМИ СПУТНИКОВЫМИ СИСТЕМАМИ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
(МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)
ЮУрГУ–38.04.05.2017.420.ПЗ ВКР

Консультант

_____(В.В. Костерин)
«____» _____ 2017 г.

Руководитель проекта, д.т.н., с.н.с., профессор
_____(В.В. Мокеев)
«____» _____ 2017 г.

Автор проекта,
студент группы ЭУ–351
_____(А.Н. Савельев)
«____» _____ 2017 г.

Нормоконтролер, к.т.н., доцент
_____(Е.В. Бунова)
«____» _____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Савельев А.Н. Повышение точности оценки пробега при мониторинге автотранспорта глобальными навигационными спутниковыми системами. – Челябинск: ЮУрГУ, ЭУ-351, 84 с., 7 илл., 10 табл., 7 формул, библиогр. список – 31 наим., 23 слайда.

Работа посвящена тому, как повысить точность оценки пробега автотранспорта.

Объектом исследования являются глобальные навигационные спутниковые системы: ГЛОНАСС, GPS, Galileo и Beidou.

Целью данной работы является повышение точности оценки пробега автотранспорта.

В дипломной работе было произведено рассмотрение и сравнение глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo и Beidou.

Рассмотрены конструкции одометров и погрешности их измерения.

Выделены общие факторы, влияющие на точность показания одометров и глобальных навигационных спутниковых систем.

Рассчитан оптимальный вариант решения проблемы ошибок при расчете пробега автотранспорта.

Результатом работы стал проект по установке сети опорных станций, которые помогут увеличить точность оценки пробега автотранспорта в зоне их покрытия и принесут компании грузовых перевозок существенную экономию при расчете затрат на бензин.

Новизна данной работы заключается в наилучшем определении координат в режиме реального времени. Предложенный проект, с учетом индивидуальных пе-

ерасчетов, может быть внедрен в любую компанию междугородних грузоперевозок.

Практическая значимость работы определяется тем, что предложенный проект по установке сети опорных станций повышает точность измерения пробега автотранспорта, при его мониторинге глобальными навигационными спутниковыми системами, а также помогает компаниям, использующим эти станции, экономить значительны суммы при учете затрат на бензин.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ РАСХОДОВ 8
1.1 Структура расходов 8
1.2 Весовые коэффициенты 15
ГЛАВА 2 ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНСС 22
2.1 Сравнение глобальных навигационных спутниковых систем 22
2.2 Способы оценки пробега 27
2.3 Структура погрешности измерения с помощью ГНСС 39
ГЛАВА 3 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРОБЕГА АВТОТРАНСПОРТА 43
3.1 Нормативная модель расхода топлива грузовых автомобилей 43
3.2 Примерный расчет затрат на бензин 45
3.3 Возможности повышения точности позиционирования 49
3.4 Положение дел с коррекцией данных ГНСС в России 57
3.5 Региональные сети спутниковых опорных станций 62
ГЛАВА 4 КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА 67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 78

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГГС – Государственная геодезическая система

ГИС – Географическая информационная система

ГНСС – Глобальные навигационные спутниковые системы

ЕО – Ежедневное обслуживание

КВНО – Координатно-временное и навигационное обеспечение

КПНИ – Конечный потребитель навигационной информации

РС – Референцные станции

СРС – Сеть референцных станций

ССМЗ – Система спутникового межевания земли

СТО – Сезонное техническое обслуживание

СТП – Система точного позиционирования

ТО – Техническое обслуживание

ТР – Транспортные расходы

УКВ – Ультракороткие волоны

ФСДКМ – Федеральная система дифференциальной коррекции и мониторинга

ЦУ – Центр управления

RTK – Кинематика реального времени

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом GPS мониторинг автотранспорта получает все большее распространение в мире. Во многих развитых странах, включая государства Евросоюза, США, Канаду, Японию, его внедрение входит в перечень обязательных требований к компаниям, осуществляющим деятельность в сфере ЖКХ, железнодорожных и грузопассажирских перевозок. Но также GPS мониторинг широко востребован и в других областях, таких как строительный бизнес, сельское хозяйство, грузовые перевозки, добыча полезных ископаемых и т.д.

Современные системы GPS мониторинга транспорта позволяют в режиме реального времени отслеживать местонахождение транспортного средства, на борту которого установлен навигационный модуль. Благодаря этому, диспетчер может контролировать маршрут его движения, следить за пробегом, скоростным режимом, остановками и стоянками. Большинство грузовых компаний сейчас используют систему мониторинга своего автотранспорта.

И хотя спутниковые системы контроля транспорта GPS лишены погрешностей, обусловленных конструктивными особенностями транспортного средства, и никак от них не зависят, на них влияют другие факторы, увеличивающие погрешность определения местонахождения машины. Повышение точности GPS мониторинга позволит компании уменьшить расходы на обслуживание грузового автомобиля и более уверенно работать круглый год.

Объект исследования: Глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС, GPS, Galileo и Beidou.

Предмет исследования: Источники погрешности измерения пробега посредством глобальных навигационных спутниковых систем.

Целью данной работы является повышение точности оценки пробега автотранспорта.

Данная цель обуславливает постановку и решение следующих основных задач:

1. Рассмотреть и сравнить глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС, GPS, Galileo и Beidou;
2. Рассмотреть конструкции одометров и погрешности их измерения;
3. Выделить общие факторы, влияющие на точность показания одометров и глобальных навигационных спутниковых систем;
4. Рассчитать оптимальный вариант решения проблемы ошибок при расчете пробега автотранспорта.

Научная значимость: Совершенствование методов постобработки.

Практическая значимость: Повышение точности измерения пробега.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ РАСХОДОВ

1.1 Структура расходов

Транспортные расходы в общей сумме издержек обращения достигают 20%. К транспортным расходам относятся затраты на железнодорожные, водные, воздушные и автомобильные перевозки. Размер транспортных расходов во многом зависит от поставщиков, но особенно от самих торговых предприятий. Сократить ТР можно посредством полной загрузки машин, сокращения пробега порожняком, уплотнения машино-дня, увеличения использования прицепов и тягачей, расширения практики централизованной и кольцевой доставки товаров в торговую сеть, продажи товаров по образцам.

На уровень ТР оказывают влияние ряд факторов, влияние которых можно измерить способом цепных подстановок или абсолютных единиц. К таким факторам относятся:

– изменение объема и структуры товарооборота;

– изменение удельного веса перевозок, произведенных при помощи различных транспортных средств;

– изменение дальности пробега;

– изменение тарифа.

Результат влияния объема товарооборота несет на себе и действие изменения его структуры. По транспортным расходам колебание сумм в зависимости от характера перевозимого товара весьма существенно. Вес, объем, частота завоза и другие особенности товара влияют на расходы по его перевозке. Влияние структуры товарооборота на сумму и уровень транспортных расходов можно измерить в том случае, если в торговой организации ведется их учет по товарным группам. Однако это встречается весьма редко. Поэтому такой расчет выполнить практически невозможно.

Взаимосвязь транспортных расходов и указанных выше факторов можно представить в виде следующей формулы:

$$ТР = Т \times П \times ТС, \quad (1)$$

где ТР – транспортные расходы;

Т – количество грузов;

П – средний пробег транспорта;

ТС – тарифная ставка [1].

Стоит отметить, что любое транспортное средство нуждается в регулярном проведении технического обслуживания – комплекса мероприятий, направленных на поддержание работоспособности и эксплуатационных характеристик всех узлов и агрегатов ТС. Регулярное техническое обслуживание очень важно для грузовых автомобилей, так как они постоянно подвергаются серьезным нагрузкам, и если вовремя не произвести обслуживание, то ресурс грузовика резко сократится. Так что ТО – это важное мероприятие, которое влияет на эффективность применения автомобиля, затраты на его эксплуатацию и ремонт.

ТО грузовых автомобилей отличается от обслуживания других типов транспортных средств, оно имеет свои особенности. Причем здесь не имеет значение марка, модель и производитель автомобиля – в ТО одинаково нуждаются и отечественные, и зарубежные грузовики всех классов.

Периодичность регламентного технического обслуживания это мера, регламентированная государственным стандартом, в частности ГОСТ 21624-81 «Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности и ремонтопригодности изделий», который устанавливает сроки проведения ТО, а также прописывает ряд требований к конструкции автомобилей и проведению их технического обслуживания. Хотя никто не мешает производителям автомобилей устанавливать свои сроки и требования по ТО, данный стандарт вполне соответствует срокам и требованиям автопроизводителей.

Стандарт ГОСТ 21624-81 устанавливает три вида технического обслуживания транспортных средств:

– ежедневное обслуживание (ЕО);
– первое ТО (ТО-1);
– второе ТО (ТО-2).

Также стандарт устанавливает и периодичность регламентного технического обслуживания (или межсервисный интервал), она измеряется в километрах пробега транспортного средства. Если говорить конкретно о грузовых автомобилях, то периодичность различных видов ТО следующая:

– ЕО – каждый день (раз в сутки);
– ТО-1 – не менее 4 000 км;
– ТО-2 – не менее 16 000 км.

Нужно учитывать, что стандарт не обговаривает периодичность обслуживания, которое должно проводиться в период обкатки автомобиля – здесь за все отвечает производитель. Однако для грузовых автомобилей обкатка длится в среднем 1 000 км, причем многие производители при достижении такого пробега рекомендуют произвести замену моторного, а иногда и трансмиссионного масла. Ряд производителей рекомендует выполнять первое ТО только при пробеге 4 000 км, однако так поступать рекомендуется только тем водителям, которые полностью соблюдали рекомендации по обкатке автомобиля, в противном случае ресурс двигателя и трансмиссии резко сократится, что чревато серьезными затратами в будущем. Так что для большей надежности и безопасности лучше произвести некоторые работы по обслуживанию при пробеге в 1 000 – 1 500 км.

Также стандартом не устанавливается и еще один вид ТО, которое по факту присутствует в России – сезонное техническое обслуживание (или СТО). Оно проводится раз в полгода весной и летом, и необходимо для подготовки автомобиля к предстоящим сезонным изменениям климатических условий.

Однако из любого правила есть исключения. Например, многие актуальные модели европейских и американских грузовых автомобилей, обладают увеличенным межсервисным интервалом, который может достигать 40-60 тысяч км. Речь идет о ТО-2, при котором производится замена моторного масла и другие мероприятия. И важно то, что это не идет вразрез с требованиями стандарта, так как в нем указан минимальный пробег между ТО-2, а про максимальный ничего не сказано.

Хотя и это – не предел. Многие грузовики и магистральные тягачи имеют межсервисный интервал 80 000 – 100 000 км, однако здесь есть одно «но» – такой интервал установлен только для автомобилей, эксплуатируемых в Европе, для России это совершенно неприемлемо. В нашей стране грузовики сталкиваются с рядом негативных факторов, которые приводят к увеличенному износу двигателя и других агрегатов – низкокачественное топливо, плохое состояние дорог, наконец, некачественный сервис и т.д. И если для машины руководствоваться европейскими нормами на периодичность обслуживания, то грузовик просто не «доживет» до следующего ТО, а если и «доживет», то потребует больших затрат на ремонт.

Примерный состав работ при ЕО, ТО-1, ТО-2 и СТО

Ежедневное обслуживание. При ЕО проводится осмотр автомобиля на предмет целостности отдельных механизмов и на наличие поломок, проверяется работоспособность тормозной системы, осветительных приборов и других механизмов, измеряется давление в шинах, а также осуществляется мойка автомобиля и его заправка (при необходимости). То есть, ЕО направлено на то, чтобы автомобиль без каких-либо проблем вышел в рейс и выполнил поставленные задачи.

Первое ТО. При ТО-1 проводится проверка уровня всех технических жидкостей (масел, охлаждающей жидкости и т.д.), а также регулировка различных механизмов – рулевого управления, привода сцепления, свободного хода педали тормоза и других. Наконец, при ТО-1 осуществляется смазка требующих того уз-

лов, агрегатов и механизмов. Смазочные работы проводятся согласно карте, которая должна иметься в автомобиле или в сервисе официального дилера.

Второе ТО. При ТО-2 проводятся те же работы, что и при ТО-1, а также и ряд иных мероприятий. В первую очередь – замена моторного масла. Нередко именно во время ТО-2 производится разборка и ремонт некоторых узлов, которые при ТО-1 просто подвергались регулировкам и смазке. Обычно указанный для данного конкретного автомобиля межсервисный интервал соответствует времени между проведением ТО-2.

Сезонное ТО. Мероприятия по СТО зависят от времени его проведения. Так, осенью во время СТО необходимо подготовить автомобиль к эксплуатации в холодное время года (то есть, при отрицательных температурах воздуха). Для этого в систему охлаждения заливается антифриз (хотя в большинстве современных автомобилей вода уже практически не используется), в бачок омывателя – незамерзающая жидкость, а в двигатель – масло пониженной вязкости (хотя это требуется далеко не всегда). Также обязательно проверяется и при необходимости корректируется плотность электролита аккумуляторов. Наконец, осенью необходимо слить конденсат из ресиверов пневмосистемы и заменить осушители (в дальнейшем, при наступлении мороза, слив конденсата рекомендуется проводить не реже раза в неделю). Весной объем работ по техническому обслуживанию меньше, так как к эксплуатации в теплое время года грузовики приспособлены гораздо лучше, чем в холодное.

Таким образом, в течение года владелец грузового автомобиля проводит несколько различных видов ТО. Среднегодовой пробег грузовиков в России колеблется от 40 000 км (при умеренной эксплуатации) до 250 000 км (при активной эксплуатации без простоев), а в среднем годовой пробег составляет порядка 100 000 км. Значит, в среднем грузовик два, а иногда и три раза за год проходит ТО-2, что требует соответствующих затрат. Однако избежать этого нельзя – без обслу-

живания автомобиль быстро выработает ресурс и потребует еще более крупных расходов [2].

Отдельное внимание заостряется на эксплуатации аккумуляторов, ведь при его неисправности, груз может застрять на полпути и вызвать значительные задержки, в том числе сбить весь график работы компании-перевозчика, что, в свою очередь, увеличит ее расходы. Согласно «РД-3112199-1089-02 Нормы сроков службы стартерных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей автотранспортных средств и автопогрузчиков», срок службы аккумуляторных батарей для грузовых автомобилей составляет 2,5 года со дня введения АКБ в эксплуатацию. При этом устанавливается минимальная наработка (пробег), при выполнении перевозок: 87 000 км (для городских), 150 000 км (для пригородных), 250 000 км (для междугородных) и 225 000 км (для сельскохозяйственных). Это типовые нормы сроков службы АКБ для 1-й категории условий эксплуатации автотранспортных и автопогрузчиков в умеренном климате, при невысокой интенсивности их эксплуатации, в предусмотренных изготовителем нормальных нагрузочно-временных условиях работы батареи. При этом интенсивность эксплуатации автотранспортных средств определяется средним годовым пробегом, а автопогрузчиков – средней годовой наработкой в моточасах.

Сроки службы стартерных АКБ, эксплуатируемых на автотранспортных средствах в более жестких условиях эксплуатации, или в более суровых природно-климатических условиях, либо в особо жестких нагрузочных режимах с повышенной нагрузкой по току разряда, с более глубоким разрядом и (или) с большей повторяемостью цикла заряд-разряд, следует устанавливать путем индивидуального корректирования типовых норм в сторону смягчения.

Для назначения таких смягченных норм, индивидуальных для конкретных автотранспортных средств и автопогрузчиков, предусматривается следующая процедура корректирования.

Владельцы или должностные лица, ответственные за эксплуатацию автотранспортных средств и автопогрузчиков, в зависимости от условий эксплуатации автотранспортных средств, автопогрузчиков и установленных на них стартерных АКБ, принимают решение о допустимости применения типовых норм или необходимости их индивидуального корректирования.

Величины среднего годового пробега грузовых автомобилей, при превышении которых рекомендуется корректирование типовых норм пробега стартерных АКБ, устанавливаются: не менее 35 000 км (для городских), 60 000 км (для пригородных) , 100 000 км (для междугородных) и 90 000 км (для сельскохозяйственных).

Для получения индивидуальных норм владельцам или должностным лицам, ответственным за эксплуатацию автотранспортных средств и автопогрузчиков, работающих в жестких природно-климатических условиях и нагрузочных режимах, следует обращаться к Министерству транспорта России (НИИАТу). Предусмотрено выполнение такого корректирования на договорной основе для каждого владельца транспортных средств индивидуально.

В частности, проведение индивидуальной корректировки типовых норм сроков службы АКБ для определенных автотранспортных средств и автопогрузчиков целесообразно в следующих случаях:

– при эксплуатации в районах с холодным, очень холодным, жарким и очень жарким климатом;

– при эксплуатации автотранспортных средств и автопогрузчиков с повышенной интенсивностью в течение суток или года;

– при эксплуатации автотранспортных средств и автопогрузчиков с повышенной частотой остановок или долей времени работы в режиме холостого хода двигателя;

– при оборудовании автотранспортного средства (автопогрузчика) изготовителем или при эксплуатации уже после его регистрации в ГИБДД дополни-

тельными мощными потребителями электроэнергии, суммарная потребляемая мощность которых на любом из непрерывных или периодических режимов функционирования сопоставима со средней мощностью потребителей базовой комплектации [3].

1.2 Весовые коэффициенты

Весовой коэффициент – числовой коэффициент, параметр, отражающий значимость, относительную важность, «вес» данного фактора, показателя в сравнении с другими факторами, оказывающими влияние на изучаемый процесс.

При использовании грузовых автомобилей можно выделить ряд основных факторов, которые сильнее всего влияют на показатели пробега. Штатный одометр автомобиля считает пробег, умножая количество оборотов колеса на длину его окружности. Диаметр этой окружности закладывается на стадии проектирования автомобиля и одометра, но не является постоянной величиной. Он зависит от многих факторов:

– температура (когда воздух расширяется, диаметр колеса увеличивается и наоборот);
– износ покрышки;
– давление в шинах;
– нестандартная покрышка;
– несовместимость самого одометра с автомобилем (например, если была заменена панель приборов).

На шины грузового автомобиля постоянно идет большая нагрузка, которая, в зависимости от качества дорожного покрытия, более или менее сильно влияет на износ протектора шины. Как будет рассмотрено дальше, износ протектора шины может значительно увеличить расхождение показателей одометра и GPS-навигатора при сравнении пробега автомобиля. Согласно «РД 3112199-1085-02 Временные нормы эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств» среднестатистический пробег шин грузовых автомобилей категории N2 (грузовые

автомобили полной массой свыше 3,5-12 т включительно), в зависимости от производителя, варьируется от 45 000 до 90 000 км. А среднестатистический пробег шин грузовых автомобилей категории N3 (грузовые автомобили полной массой свыше 12 т включительно), в зависимости от производителя, варьируется от 50 000 до 100 000 км. Эти цифры берутся с учетом правильного давления в шинах, которое необходимо постоянно проверять.

Существующие поправочные коэффициенты в зависимости от категории условий эксплуатации автотранспортных средств прописаны в таблице 1.

Таблица 1 – Поправочные коэффициенты в зависимости от категории условий эксплуатации автотранспортных средств

Категория условий эксплуатации	Коэффициент 1 (К1)
I	1.0
II	1.0
III	0.95
IV	0.90
V	0.90

Есть также поправочные коэффициенты в зависимости от условий работы автотранспортных средств, они представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Поправочные коэффициенты в зависимости от условий работы автотранспортных средств

Условия работы автотранспортных средств	Коэффициент 2 (К2)
Постоянная работа в каменных карьерах	0.85
Постоянная работа на разработках угля и руды при добыче открытым способом, а также вывозе металлолома и стеклобоя	0.85

Окончание таблицы 2

Постоянная работа на загрузке из бункеров или экскаватором, а также на лесоразработках, на стройках, на строительстве и ремонте дорог	0.85
Работа на вывозке нефтепродуктов и химикатов в условиях, разрушающих автомобильные шины	0.85
Постоянная работа с прицепами, полуприцепами	0.90
Постоянная работа автобусов в условиях международных и междугородних перевозок	0.90
Работа скорой и неотложной медицинской помощи	0.90
Работа в условиях частых технологических остановок, связанных с погрузкой и выгрузкой, посадкой и высадкой пассажиров	0.95
Почасовая работа при обслуживании предприятий	1.10

Для других условий работы автотранспортных средств К2 = 1

Классификация условий эксплуатации представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация условий эксплуатации

Категория условий эксплуатации	За пределами пригородной зоны (более 50 км от границы города)	В малых городах (до 100 тыс. жителей) и в пригородной зоне	В больших городах (более 100 тыс. жителей)	Народнохозяйственное и административное значение автомобильной дороги
I	Д1 - Р1, Р2, Р3	-	-	Iа - магистральные автомобильные дороги общегосударственного значения, в том числе для международного сообщения
				Iб - автомобильные дороги общегосударственного (не отнесенные к категории Iа), республиканского, областного (краевого) значения
II	Д1 - Р4 Д2 - Р1, Р2, Р3, Р4 Д3 - Р1, Р2, Р3	Д1 - Р1, Р2, Р3, Р4 Д2 - Р1	-	Автомобильные дороги общегосударственного (не отнесенные к категории Iа, Iб), республиканского, областного (краевого) значения

Окончание таблицы 3

III	Д1 - Р5 Д2 - Р5 Д3 - Р4, Р5 Д4 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5	Д1 - Р5 Д2 - Р2, Р3, Р4, Р5 Д3 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5 Д4 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5	Д1 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5 Д2 - Р1, Р2, Р3, Р4 Д3 - Р1, Р2, Р3 Д4 - Р1	Автомобильные дороги общегосударственного, республиканского (краевого) (не отнесенные к категории Iа и II), дороги местного значения
IV	Д5 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5	Д5 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5	Д2 - Р5 Д3 - Р4, Р5 Д4 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5 Д5 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5	Автомобильные дороги республиканского, областного (краевого) и местного значения (не отнесенные к категориям Iб, II, III)
V	Д6 - Р1, Р2, Р3, Р4, Р5			Автомобильные дороги местного значения (кроме отнесенных к категориям III, IV)

Дорожные покрытия:

– Д1 – цементобетон, асфальтобетон, брусчатка, мозаика;

– Д2 – битумоминеральные смеси (щебень или гравий, обработанные битумом);

– Д3 – щебень (гравий) без обработки, дегтебетон;

– Д4 – булыжник, колотый камень, грунт и малопрочный камень, обработанные вяжущими материалами, зимники;

– Д5 – грунт, укрепленный или улучшенный местными материалами; лежневое и бревенчатое покрытия;

– Д6 – естественные грунтовые дороги; временные внутрикарьерные и отвальные дороги; подъездные пути, не имеющие твердого покрытия.

Тип рельефа местности (определяется высотой над уровнем моря):

– Р1 – равнинный (до 200 м);

– Р2 – слабохолмистый (свыше 200 до 300 м);

– Р3 – холмистый (свыше 300 до 1000 м);

– Р4 – гористый (свыше 1000 м до 2000 м);

– Р5 – горный (свыше 2000 м) [4].

Вывод по главе 1

Любое транспортное средство нуждается в регулярном проведении технического обслуживания – комплекса мероприятий, направленных на поддержание работоспособности и эксплуатационных характеристик всех узлов и агрегатов ТС. Регулярное техническое обслуживание очень важно для грузовых автомобилей, так как они постоянно подвергаются серьезным нагрузкам, и если вовремя не произвести обслуживание, то ресурс грузовика резко сократится. Так что ТО – это важное мероприятие, которое влияет на эффективность применения автомобиля, затраты на его эксплуатацию и ремонт.

Отдельное внимание заостряется на эксплуатации аккумуляторов, ведь при его неисправности, груз может застрять на полпути и вызвать значительные за-

держки, в том числе сбить весь график работы компании-перевозчика, что, в свою очередь, увеличит ее расходы. Поэтому очень важно совершать своевременную замену аккумулятора.

На правильную работу одометра влияет состояние колеса, длина окружности которого напрямую связана с такими факторами, как: температура окружающей среды, износ покрышки, давление в шинах и т.д.

ГЛАВА 2 ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНСС

2.1 Сравнение глобальных навигационных спутниковых систем

Рассматриваются четыре глобальных навигационных спутниковых системы: российская ГЛОНАСС, американская GPS, европейская Galileo и китайская Beidou.

Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) – советская/российская спутниковая система навигации, разработана по заказу Министерства обороны СССР. ГЛОНАСС предназначена для оперативного навигационно-временного обеспечения неограниченного числа пользователей наземного, морского, воздушного и космического базирования.

Всего на 16 июня 2016 года в составе группы космической навигационной системы ГЛОНАСС 27 КА, из них: используются по целевому назначению 24 КА, на этапе ввода в систему 0 КА; временно выведены на техобслуживание 0 КА, на исследовании главного конструктора 1 КА, орбитальный резерв 1 КА, на этапе летных испытаний 1 КА.

Спутники ГЛОНАСС находятся на средневысотной круговой орбите на высоте 19400 км с наклонением 64,8° и периодом 11 часов 15 минут. Такая орбита оптимальна для использования в высоких широтах (северных и южных полярных регионах), где сигнал GPS ловится плохо. Спутниковая группировка развернута в трех орбитальных плоскостях, с 8 равномерно распределенными спутниками в каждой. Для обеспечения глобального покрытия необходимы 24 спутника, в то время как для покрытия территории России необходимы 18 спутников. Сигналы передаются с направленностью 38° с использованием правой круговой поляризации, мощностью 316 – 500 Вт (EIRP 25-27 dBW).

Для определения координат приемник должен принимать сигнал как минимум четырех спутников и вычислить расстояния до них. При использовании трех

спутников определение координат затруднено из-за ошибок, вызванных неточностью часов приемника.

Сейчас система работает на всей территории России, внедряется и успешно применяется на транспорте, в том числе и пассажирском, для мониторинга и оптимизации графика движения автотранспорта и повышения эффективности грузоперевозок диспетчером автохозяйства. Системами навигации оснащается транспорт оперативных служб - полиции, МЧС, скорой помощи.

GPS (Global Positioning System) – спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение объектов. Проект был реализован и принадлежит военному ведомству США. Основной задачей проекта является определение текущих координат пользователя на поверхности Земли или в околоземном пространстве.

Двадцать четыре спутника обеспечивают полную работоспособность системы в любой точке земного шара, но не всегда могут обеспечить уверенный прием и хороший расчет позиции. Поэтому, для увеличения точности позиционирования и резерва на случай сбоев, общее число спутников на орбите поддерживается в большем количестве (31 аппарат в марте 2010 года).

GPS состоит из трех основных сегментов: космического, управляющего и пользовательского. Спутники GPS транслируют сигнал из космоса, и все приемники GPS используют этот сигнал для вычисления своего положения в пространстве по трем координатам в режиме реального времени.

Космический сегмент состоит из 32 спутников, вращающихся на средней орбите Земли. По состоянию на февраль 2016 года используются по целевому назначению 31 космический аппарат. На этапе ввода в систему 0 КА, выведен на техобслуживание 1 КА.

Управляющий сегмент представляет собой главную управляющую станцию и несколько дополнительных станций, а также наземные антенны и станции мониторинга, ресурсы некоторых являются общими с другими проектами.

Пользовательский сегмент представлен приемниками GPS, находящихся в ведении государственных институтов, и сотнями миллионов устройств, владельцами которых являются обычные пользователи.

Спутниковая группировка системы GPS обращается вокруг Земли по круговым орбитам с одной высотой и периодом обращения для всех спутников. Круговая орбита с высотой порядка 20 200 км является орбитой суточной кратности с периодом обращения 11 часов 58 минут; таким образом, спутник совершает два витка вокруг Земли за одни звездные сутки (23 часа 56 минут). Наклонение орбиты (55°) является также общим для всех спутников системы. Единственным отличием орбит спутников является долгота восходящего узла, или точка, в которой плоскость орбиты спутника пересекает экватор: данные точки отстоят друг от друга приблизительно на 60°. Таким образом, несмотря на одинаковые (кроме долготы восходящего узла) параметры орбит, спутники обращаются вокруг Земли в шести различных плоскостях, по 4 аппарата в каждой.

Слежение за орбитальной группировкой осуществляется с главной контрольной станции, расположенной на авиабазе ВВС США Schriever, штат Колорадо, США и с помощью 10 станций слежения, из них три станции способны посылать на спутники корректировочные данные в виде радиосигналов с частотой 2 000 — 4 000 МГц. Спутники последнего поколения распределяют полученные данные среди других спутников.

Сегодня GPS широко используется в гражданских целях. GPS-приемники продают во многих магазинах, торгующих электроникой, их встраивают в мобильные телефоны, смартфоны, наручные электронные часы и КПК. Потребителям также предлагаются различные устройства и программные продукты, позволяющие видеть свое местонахождение на электронной карте; имеющие возможность прокладывать маршруты с учетом дорожных знаков, разрешенных поворотов и даже пробок; искать на карте конкретные дома и улицы, достопримечательности, кафе, больницы, автозаправки и прочие объекты инфраструктуры.

Galileo (Галилео) – совместный проект спутниковой системы навигации Европейского союза и Европейского космического агентства, является частью транспортного проекта Трансевропейские сети. Система предназначена для решения геодезических и навигационных задач. В последнее время все больше производителей GNSS-оборудования интегрируют в свои спутниковые приемники и антенны возможность принимать и обрабатывать сигналы со спутников Галилео, этому способствует достигнутая договоренность о совместимости и взаимодополнении с системой GPS третьего поколения.

В отличие от американской GPS и российской ГЛОНАСС, система Галилео не контролируется национальными военными ведомствами. Однако в 2008 году парламент ЕС принял резолюцию «Значение космоса для безопасности Европы», согласно которой допускается использование спутниковых сигналов для военных операций, проводимых в рамках европейской безопасности.

На май 2016 года на орбите находятся 14 спутников – 12 КА основных и 2 КА резервных. К 2020 году планируется вывести на орбиту еще 16 спутников.

Орбитальная группировка – КА на круговых орбитах высотой 23 222 км в трех плоскостях с наклонением 56°, что обеспечивает одновременную видимость из любой точки земного шара по крайней мере четырех аппаратов. Один виток совершается за 14 часов 4 минуты 42 секунды. Временная погрешность атомных часов, установленных на спутниках, составляет одну миллиардную долю секунды, что обеспечивает точность определения места приемника до 30 см на низких широтах. За счет более высокой, чем у GPS орбиты, на широте Полярного круга обеспечена точность до одного метра.

Система Galileo использует 10 навигационных сигналов с правой круговой поляризацией в диапазоне частот 1164-1215 МГц (диапазоны E5a и E5b), 1260-1300 МГц (диапазон E6) и 1559-1592 МГц (диапазоны E2-L1-E1).

Galileo имеет пять различных служб, предоставляемых пользователям:

– открытая общая служба (Open Service) – Бесплатный сигнал, сопоставимый по точности с ныне существующими системами (благодаря большему количеству спутников – 27 против 24 в NAVSTAR GPS – покрытие сигналом в городских условиях должно быть доведено до 95 %). Гарантии его получения предоставляться не будут. Благодаря найденному компромиссу с правительством США будет применяться формат данных BOC1.1, используемый в сигналах модернизированного GPS, что позволит взаимодополнять системы GPS и Галилео;

– олужба повышенной надежности (Safety-of-Life Service, SoL) – С гарантиями получения сигнала и системой предупреждения в случае понижения точности определения, предусмотрена прежде всего для использования в авиации и судовой навигации. Надёжность будет повышена за счёт применения двухдиапазонного приёмника (L1: 1559—1591 и E5: 1164—1215 МГц) и повышенной скорости передачи данных (500 бит/с);

– коммерческая служба (Commercial Service) – Кодированный сигнал, позволяющий обеспечить повышенную точность позиционирования, будет предоставляться заинтересованным пользователям за отдельную плату. Точность позиционирования увеличивается за счёт использования двух дополнительных сигналов (в диапазоне E6 1260—1300 МГц). Права на использование сигнала планируется перепродавать через провайдеров. Предполагается гибкая система оплаты в зависимости от времени использования и вида абонемента;

– правительственная служба (Public Regulated Service, PRS) – Особо надежная и высокоточная служба с использованием кодированного сигнала и строго контролируемым кругом абонентов. Сигнал будет защищён от попыток его симулировать, и предназначен, прежде всего, для использования спецслужбами (полиция, береговая охрана и т. д.), военными и антикризисными штабами в случае чрезвычайных ситуаций;

– поисково-спасательная служба (Search and Rescue, SAR) – Система для обеспечения приёма сигналов бедствия и позиционирования места бедствия с

возможностью получения на месте бедствия ответа от спасательного центра. Система должна дополнить, а затем и заменить ныне существующую КОСПАС-САРСАТ. Преимуществом системы над последней является более уверенный приём сигнала бедствия вследствие большей близости спутников Галилео к земле по сравнению с геостационарным положением спутников КОСПАС-САРСАТ. Система разработана в соответствии с директивами Международной морской организации (IMO) и должна быть включена в Глобальную морскую систему связи при бедствиях и для обеспечения безопасности мореплавания (ГМССБ).

Beiduo (Бэйдоу) – китайская спутниковая система навигации.

Планируется, что космический сегмент навигационной спутниковой системы Beidou к 2020 году будет состоять из 5 спутников на геостационарной орбите, 3 спутников на геосинхронной орбите (с наклонением 55°) и 27 спутников на средней околоземной орбите (на высоте около 22 000 км). Сейчас на орбите находится 21 спутник. После завершения вывода всех спутников в космос, они будут размещаться на 3 орбитальных плоскостях по 9 аппаратов в каждой.

В данный момент спутники покрывают большую часть Азиатско-Тихоокеанского региона. Региональная погрешность составляет до 20 метров, погрешность по КНР 5 метров, а к 2020 году, когда система станет глобальной, обещают погрешность 10 метров.

Китаю еще предстоит урегулировать вопросы, касающиеся частотных диапазонов, с российской, европейской и американской сторонами, которые также владеют спутниковыми навигационными группировками. Пока что китайская система работает на частоте сигнала B1, также отмеченный Евросоюзом как E2, с частотой 1559,052-1591,788 МГц. Помимо этого, системой используются сигналы B2 с частотой 1166,22-1217,37 МГц и B3 с частотой 1250,618-1286,423 МГц.

2.2 Способы оценки пробега

Глобальные Навигационные Спутниковые Системы (GNSS) используются во всем мире для решения как военных, так и гражданских навигационных задач.

Навигационные спутники служат для точного определения географических координат объектов. С их помощью контролируются транспортные и грузовые перевозки, отслеживается местонахождение потерянных или угнанных транспортных средств, ведется поиск людей в чрезвычайных ситуациях, проводятся исследования миграции животных и др.

Принцип работы

Для определения широты и долготы приемнику необходимо принимать сигналы как минимум от трех спутников, прием сигнала от четвертого спутника позволяет определить высоту объекта над поверхностью.

Если расстояние от одного спутника известно можно описать сферу заданного радиуса вокруг него (рисунок 1). Если известно расстояние до второго спутника, то определяемое местоположение будет расположено где-то в круге, задаваемом пересечением двух сфер (рисунок 2). Третий спутник определяет две точки на окружности (рисунок 3).

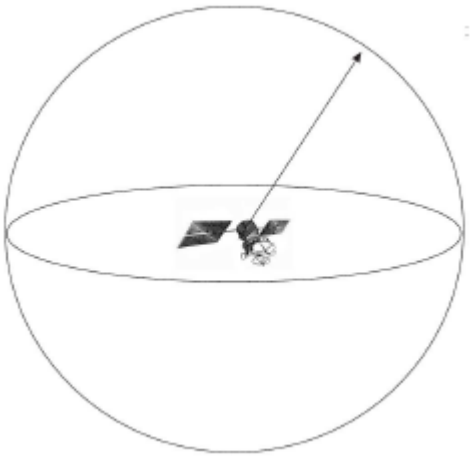

Рисунок 1

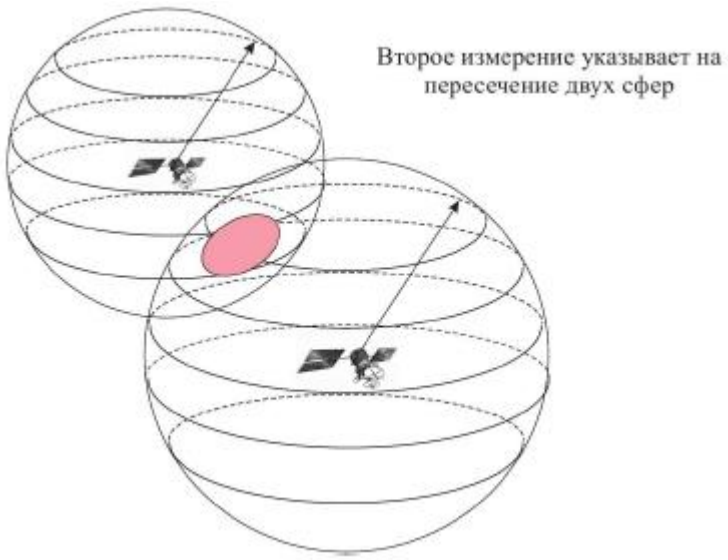

Рисунок 2

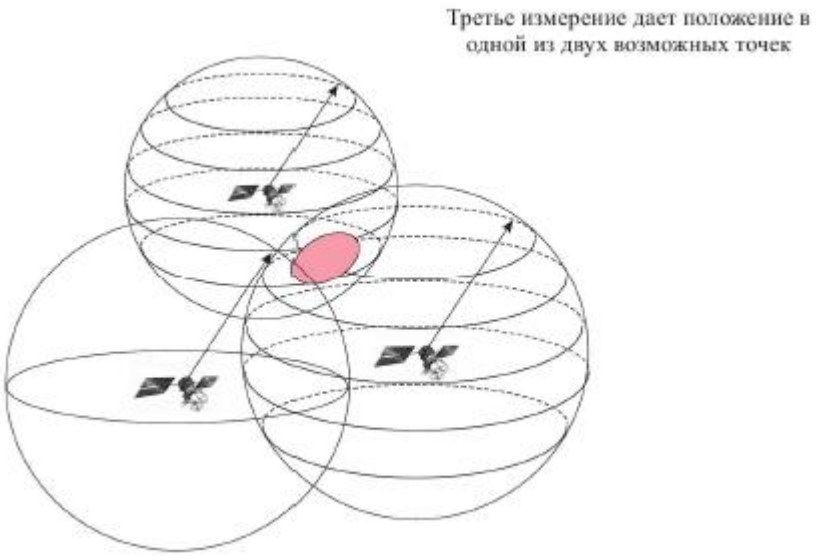

Рисунок 3

Однако одна из точек всегда может быть отброшена, так как она имеет высокую скорость перемещения или находится на или под поверхностью Земли. Все способы измерения дальностей основаны на определениях времени прохождения радиоволны от спутника до приемника, то есть спутниковая навигационная система имеет жесткую привязку по пространственно-временным параметрам. Для осуществления синхронизации в наземных командно-измерительных станциях и на борту космических аппаратов установлены квантовые эталоны времени и ча-

стоты «атомные часы». Существуют два метода 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.

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 часа. 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 до 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.

Современные GPS-устройства обычно оснащены 6-8 приемниками, позволяющими отслеживать, практически, все навигационные спутники, находящиеся в зоне радиовидимости объекта. Если каналов меньше, чем «наблюдаемых» спутников, автоматически выбирается наиболее оптимальное сочетание спутников. Скорость обновления навигационных данных — 1 с. Время обнаружения зависит от числа одновременно наблюдаемых спутников и режима определения местоположения. Определение навигационных параметров может производиться в двух режимах — 2D (двумерном) и 3D (пространственном). Гарантируются время обнаружения не более 3-4 мин и погрешность вычисления координат – не более 10 м.

Период обращения для ГЛОНАСС больше отличается от 12 часов. Такая орбита более выгодна с точки зрения поддержания орбитальной группировки:

намного реже приходится корректировать положения космического аппарата. Зоны радиовидимости повторяются через 17 витков, примерно через 8 суток.

Навигационное сообщение каждого GPS состоит из 25 блоков по 1500 бит. Каждый блок разбит на 5 подблоков по 300 бит. Трансляция подблока - 6 с., блока – 30 с., сообщения – 12,5 мин. В ГЛОНАСС навигационное сообщение формируется в виде непрерывно следующих строк. Длительность строки 2 с. В первой строке (1,7 с.) передаются навигационные данные, во второй (0,3 с.) – метка времени. Группа из 15 строк объединена в кадр длительностью 30 с. Пять кадров образуют суперкадр длительностью 2,5 мин. Обновление информации происходит быстро – за 2,5 мин., против 12,5 мин. в GPS.

Системе ГЛОНАСС присущи уникальные свойства, которыми не обладают конкуренты: в частности, система лучше работает в условиях близости географических и магнитных полюсов Земли. Однако пока российская техника сильно уступает западным конкурентам и по стоимости, и по характеристикам, и по удобству. На малом времени жизни космических аппаратов на орбите – сказывается недостаток отечественной элементной базы, способной противостоять космической радиации. Не менее важным является тот факт, что географическая информация, используемая в приемниках ГЛОНАСС, основана на географических базах данных, предоставляемых израильской компанией TelmapLtd., которая не несет ответственности за точность, полноту и пригодность предоставляемой информации [5-10; 13].

Общие сравнительные данные рассматриваемых глобальных навигационных спутниковых систем представлены в таблице 4.

Таблица – 4 Сравнительные характеристики ГНСС

Характеристика	ГЛОНАСС	GPS	Galileo	Beidou
Число спутников в системе	24 основных + 3 резервных	24 основных + 7 резервных	12 основных + 2 резервных	35 основных + 1-3 резервных
Масса	935 кг-1.41 т	2 т - 2.17 т	700 кг	1 т. 14 кг
Длина	8 м	5 м	14.5 м	
Срок активного существования КА	7-10 лет	10-15 лет	Больше 12 лет	-
Число орбитальных плоскостей	3	6	3	3
Наклонение орбиты	64,8°	55°	56°	55°
Высота орбиты	19 140 км	20 200 км	23 222 км	21 500 км
Период обращения	11 ч 16 мин	11ч 57 мин	14 ч 4 мин 42 сек	-
Система координат	ПЗ-90	WGS-84	ITRF	-
Длительность посылки данных	2.5 мин	12.5 мин	-	-
Сервисы	2	2	5	-

Окончание таблицы 4

Диапазон частот	1598,06-1065,38 МГц	1575,42 МГц	1164-1215 МГц; 1260-1300 МГц; 1559-1592 МГц	1559,052-1591,788 МГц; 1166,22-1217,37 МГц; 1250,618-1286,423 МГц
Селективный доступ	Отсутствует	Имеется	-	-
Одновременное нахождение НКА в зоне радиовидимости	От 4	От 4 до 8 или от 6 до 11	От 4	От 4
Предельная погрешность определения места (P = 0.95)	3-6 м при 7-8 КА	2-4 м при 6-11 КА	6 м	Регионально до 20 м; по КНР 5 м; глобально 10 м (к 2020 году)
Зона действия	глобально	глобально	глобально	Большая часть Азиатско-Тихоокеанского региона
Зона действия	глобально	глобально	глобально	Большая часть Азиатско-Тихоокеанского региона

Одометры

Для измерения пройденного пути на транспортном средстве используют специальный прибор – одометр. Бортовые одометры всех видов не относятся к классу точных приборов. Для каждого вида данных устройств установлены допустимые погрешности. Нужно иметь в виду следующее:

1. Данные погрешности установлены только для самих приборов. Все конструктивные изменения, а так же физический износ некоторых узлов и агрегатов автомобиля в эту погрешность не включены;

2. По техническим требованиям ЕЭК ООН №39 спидометры не могут занижать показания. Средняя погрешность спидометра по этим правилам (ГОСТ Р 41.39-99) может быть только положительной и не превышать истинную скорость движения более чем на 10%+6 км/ч. Поэтому и одометр, конструктивно связанный со спидометром, так же дает завышенные показания.

Заводы-изготовители завышают показания скорости и пробега на 5-10%. Об этом ведется множество разговоров и бурные обсуждения на форумах автолюбителей. Возможно, что автопроизводители заботятся не только о безопасности водителей, но и вполне законно (опираясь на правила ЕЭК ООН №39) уменьшают реальный гарантийный пробег на неизвестную величину, потому что отсутствуют требования к точности измерения пробега.

Одометры бывают различных конструкций: механические, электромеханические или электронные.

Механический одометр – весьма оценочное устройство, имеет собственную погрешность до 5%. В зависимости от условий эксплуатации, износа деталей и агрегатов и использовании неоригинальных запчастей суммарная погрешность прибора может достигать 15%.

Электромеханические одометры – основаны на показаниях электронного измерителя числа импульсов от датчика скорости, расположенного обычно на коробке передач. Эти приборы несколько точней механических, ведь они избави-

лись лишь от нескольких слабых мест механической части. Погрешность большинства из них находится в пределах 5-7%.

Электронные одометры – дальнейшее эволюционное развитие. Избавились от механического индикатора, который заменили жидкокристаллическим экраном. В тоже время сам принцип контроля пройденного пути (обороты колеса) остается неизменным, и даже точная электроника находится в зависимости от технического состояния ходовой части автомобиля. Если провести дополнительную калибровку на тестовом участке пути (на заводе-изготовителе эта процедура не происходит), погрешность данных устройств редко превышает 5%.

Существенный минус электронных одометров – возможность изменения его микропрограммы. Для популярных автомобилей существует услуга по «модификации» бортового одометра, для завышения его показаний на любую величину (например: +20% к пробегу). Для выявления подобного вмешательства нужен контрольный заезд или обращение в службу ремонта.

Общие факторы, влияющие на любые одометры:

1. Радиус колеса может внести существенную погрешность в показания одометра. К примеру, у нас есть разница в высоте протектора шины 1 см. Чтобы вычислить длину окружности, воспользуемся формулой:

$$P = 2\pi \times R, \qquad (2)$$

где, R – радиус окружности, в м;

π – число пи;

P – длина окружности, в м.

Разница в высоте протектора в 1 см , то есть мы имеем диаметр первого колеса D_1=1 м, второго D_2= 1, 01 м. Так как радиус, это половина диаметра, мы можем посчитать длину окружности каждой шины по формуле 2. Получаем, P_1 – первая шина имеет длину окружности 3,1416 м, P_2 – вторая 3,1730 м.

Посчитаем количество оборотов колеса на 100 км. Для этого нам нужна формула:

$$K = \frac{S}{P}, \quad (3)$$

где, S – длина маршрута, в км;

P – длина окружности колеса, в м;

K – количество оборотов колеса.

Получаем K1 – первое колесо совершит 31 830 оборотов, K2 – второе колесо совершит 31 515 оборотов. Чтобы узнать разницу пробега, нужно воспользоваться формулой 4:

$$S_{разн} = (K_1 - K_2) \times D_2, \quad (4)$$

где, K_1 и K_2 – количество оборотов первого и второго колеса;

D_2 – диаметр второго колеса, в м;

$S_{разн}$ – разница в пробеге, в м.

Итого, разница в высоте протектора в 1 см, даст на 100 км пробега автомобиля разницу в пробеге в 999,5 м. И эту разницу мы получаем только при одном сантиметре! К примеру, разные шины 325/70 и 325/75 дадут сразу разницу в диаметре в 3,2 см. Поэтому одометр на автомобиле со стертым протектором покажет большее значение по сравнению с таким же автомобилем, но на новых шинах. Еще важно знать, на какой радиус колес рассчитан одометр: если поставить другой размер колес, то будут совсем другие данные по скорости и пройденному пути;

2. Вес груза – при полной или чрезмерной загрузке автомобиля, шина проминается по-разному, поэтому изменяется диаметр колеса;

3. Давление в шинах – шина проминается по-разному при штатном и нештатном давлении. На давление влияет температура, при прогретых или перегретых шинах оно выше;

4. Скольжение колес – при пробуксовках, скольжениях, или же наоборот – торможении на льду, автомобиль или находится на месте при вращении колес, либо наоборот – движется при блокировке колес.

Измерение пробега системой GPS/ГЛОНАСС мониторинга

Система мониторинга транспорта на основе спутниковой навигации может определять пройденное расстояние тремя основными способами:

– подключение к штатному датчику: данные о пробеге рассчитываются на основе данных получаемых с датчика скорости, установленного в автомобиле. Данный способ позволяет добиться полного соответствия данных измерений с одометром или тахографом. Иногда такой способ более предпочтителен даже более высокоточного навигационного способа, когда необходимо бухгалтерское соответствие путевых листов, являющихся первичным документом, и программы мониторинга;

– по координатам точек маршрута: данные о пробеге рассчитываются как расстояние по прямой между координатами точек (долгота и широта), которые присылает прибор. Причем временной интервал между присланными точками может быть разный. Обычный интервал: 10-30 сек. Также для повышения точности многие регистраторы присылают точки в случае изменения угла движения. Использование данного способа в современных системах мониторинга не рекомендуется из-за ограниченной точности;

– рассчитывается «Вояджером»: данные о пробеге рассчитываются на основе дополнительной информации получаемой с GPS-приемника. В данном способе терминал сам определяет моментальное значение скорости каждую секунду. Данный способ является максимально точным по отношению к двум предыдущим.

Общая погрешность систем мониторинга транспорта ГЛОНАСС/GPS, при нормальных условиях, составляет менее 3,5%.

Одна из причин расхождения данных километража – изменение толщины протектора шины. Стандартный диаметр грузовой шины 1 070 мм с толщиной протектора 25 мм, при износе шины допускается износ до 1 мм протектора (в наших буднях протектор могут и вовсе стирать). Рассмотрим вариант износа ши-

ны, учитывая допустимые нормы: исходный диаметр шины 1 070 мм, значит шина, изношенная в пределах нормы будет иметь диаметр 1 022 мм. То есть процентное соотношение изменения длины окружности (колеса) от изменения диаметра круга (колеса) будет равно 4.5%.

В результате мы получаем, что при износе шины автомобиля расхождение по одометру на одном и том же расстоянии, может изменятся в пределах 0% - 5%.

Вывод: Расхождение данных между показаниями GPS навигации и одометром транспортного средства может быть вызвано – износом шин грузового транспорта, либо использованием шин, диаметр которых отличается от стандарта шин используемого на данном виде транспортного средства, а также неправильным давлением внутри шин и из-за температурного фактора.

Тип одометра установленного на транспортное средство и его погрешность:

– спортивный одометр без какой-либо калибровки завышает скорость и расстояние на 3,5%, что и требуется согласно международной конвенции о дорожном движении и ГОСТ 12936-82, ГОСТ 1578-76, ГОСТ 8.262-77. На обычные одометры таких стандартов не существует;

– механический одометр имеет собственную погрешность до 5%. В зависимости от условий эксплуатации транспортного средства, износа узлов и агрегатов, использования нештатных запчастей суммарная погрешность прибора может достигать 12-15%;

– электромеханические одометры несколько точней механических, но все же погрешность 5-7% у них случается, ведь они избавились лишь от слабых мест самой механики (люфтов, капризов троса, катушки, возвратной пружинки и т.п.);

– электронные одометры совершенней электромеханических, за счет улучшенного механизма контроля вращения ведущего колеса. В то же время сам принцип контроля пройденного пути остается неизменным, и даже точная электроника находится в зависимости от состояния ходовой части автомобиля.

Суммарная погрешность данных приборов редко превышает 5% в случае, если проводится дополнительная тарировка на тестовом участке пути.

2.3 Структура погрешности измерения с помощью ГНСС

Откуда берутся погрешности:

- допустимые погрешности одометра;
- использование изношенной или нештатной резины;
- наличие погрешности измерений ГЛОНАСС/GPS систем.

Одометры всех видов, установленные на транспортные средства, не относятся к классу точных приборов. Так же на одометры может воздействовать водитель, «накручивая» их.

Спутниковые системы контроля транспорта ГЛОНАСС/GPS лишены погрешностей, обусловленных конструктивными особенностями транспортного средства, и никак от них не зависят. На определение координат не влияют практически никакие внешние факторы.

Источники ошибок

Неточное определение времени. Типичное значение погрешности составляет около 0,6 м.

Ошибки вычисления орбит. Ошибка измерения координат около 0,6 м.

Инструментальная ошибка приемника. Обусловлена наличием шумов в электронном тракте приемника. Отношение сигнал/шум приемника определяет точность процедуры сравнения принятого со спутника и опорного сигналов, т.е. погрешность вычисления расстояний. Координатная ошибка 1,2 м.

Отражения сигнала. Появляется в результате вторичных отражений сигнала спутника от крупных препятствий, расположенных в непосредственной близости от приемника. При этом возникает явление интерференции, и измеренное расстояние оказывается больше действительного. Аналитически данную погрешность оценить достаточно трудно, а наилучшим способом борьбы с нею считается рациональное размещение антенны приемника относительно препятствий.

Ионосферные и атмосферные задержки сигнала. Задержки распространения сигналов при их прохождении через верхние слои атмосферы приводят к ошибкам порядка 20-30 м днем и 3-6 м ночью. Несмотря на то, что навигационное сообщение, передаваемое с борта GPS-спутника, содержит параметры модели ионосферы, компенсация фактической задержки, в лучшем случае, составляет 50%.

Тропосферные задержки сигнала. Возникают при прохождении радиоволн через нижние слои атмосферы. Значения погрешностей этого вида при использовании сигналов с C/A-кодом не превышают 30 м.

Эфемеридная погрешность. Расхождение между расчетным положением GPS-спутника, которое устанавливается по данным навигационного сигнала, передаваемого с борта спутника, и его фактическим положением также вносит ошибки. Ведется постоянное уточнение орбит станциями слежения за всеми спутниками ГЛОНАСС/GPS и передача их в центр управления, где вычисляются уточненные элементы траекторий и поправки спутниковых часов. Указанные параметры вносятся в "альманах" и передаются на спутники, а те, в свою очередь, отсылают эту информацию ГЛОНАСС/GPS-приемникам.

Геометрическое расположение спутников. Величина коэффициента геометрического ухудшения точности PDOP (Position Dilution Of Precision) зависит от взаимного расположения спутников и приемника. Она обратно пропорциональна объему фигуры, которая будет образована, если провести единичные векторы от приемника к спутникам. Самым неблагоприятным будет считаться такое расположение, когда спутники выстраиваются в одну линию или расположены очень близко друг к другу. Это бывает исключительно редко и, учитывая их орбитальную скорость, длится не более 15-30 минут. Наилучшим считается такое расположение, когда спутники расположены равномерно по всей видимой небесной сфере [11; 12].

Сравнительные характеристики погрешностей в системах ГЛОНАСС и GPS представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительные характеристики погрешностей в системах ГЛОНАСС и GPS

Фактор	Погрешность GPS, м	Погрешность ГЛОНАСС, м
Ионосфера	4,3	7
Тропосфера	0,7	2
Шумы приемника	1,5	6
Переотражение	1,2	3

Кроме всего прочего существует эффект так называемого «неподвижного» GPS приемника. Часто его можно встретить при использовании бюджетных кодовых приемников ГНСС. Такие приемники имеют, как правило, скромные вычислительные возможности, поэтому отдают в интегрированную систему географические координаты «сырыми», не внося в них каких-либо коррекций. А эти коррекции необходимы, ведь, как мы рассматривали выше, ГНСС не может работать без погрешностей – слишком много неуправляемых потребителем навигационной информации факторов, влияющих на точность.

При реальной погрешности «сырых» данных от 10 до 50 м (для каждого отсчета) мы получаем значительные искажения при вычислении и скорости, и пробега. И что обидно, при увеличении частоты дискретизации (частоты поступления географических координат, как правило, 5-10 секунд – эти цифры тема отдельного обсуждения), когда, казалось бы, можно увеличить точность, мы получаем только ухудшение содержательной информации. Так, например, за время погрузки/разгрузки грузового автомобиля с таким приемником за 30-40 минут он может уехать на 5-10 км со средней скоростью от 10 до 15 км/час, что, естественно, недопустимо при решении задач транспортного мониторинга. Например, для КАМАЗа десяток таких остановок за 8 рабочих часов – это 1 500 «бензиновых» рублей, улетевших в никуда.

Погрешности наиболее заметны в момент покоя автомобиля, когда на экране монитора он начинает хаотично «дергаться» на значительные (15-20 м) расстояния [14].

Вывод по главе 2

При измерении пробега автотранспорта более точным способом окажется использование глобальных навигационных спутниковых систем, при этом показания одометра всегда будут выше их результата. Однако спутник принимает от машины сигнал через определенные интервалы времени, что в сумме с другими факторами, не связанными с конструктивными особенностями транспортного средства, такие как: эфемеридная погрешность; ионосферные и атмосферные задержки сигнала; шумы приемника; переотражение сигнала, все же делает общую погрешность измерения достаточно заметной.

Полагаясь только на измерение одометра, компания рискует тратить значительно больше денег на транспортировочные расходы, поскольку погрешность измерения ими расстояния в разы выше, чем у ГНСС приемников. Учитывая такие факторы, как износ протектора шины, который еще больше увеличивает расхождение сравниваемых показателей ГНСС приемника и одометра, а так же заводское «положительное» завышение значений одометра, выбор в пользу альтернативного способа измерения становится очевидным.

ГЛАВА 3 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРОБЕГА АВТОТРАНСПОРТА

3.1 Нормативная модель расхода топлива грузовых автомобилей

Расход топлива является одной из наиболее важных характеристик автомобиля, особенно грузового, наряду с его грузоподъемностью и надёжностью. При этом данные по расходу топлива активно используются на транспортных предприятиях, для прогнозирования и контроля расхода топлива, применительно к конкретным моделям грузовиков.

Исходим из того, что самой распространенной маркой грузовых автомобилей для междугородних перевозок в России является КАМАЗ, поэтому будем учитывать только эту марку бортовых автомобилей. Нормы расхода топлива для КАМАЗов, взяты с официальных источников автомобильного завода и предназначены для работы автотранспортных предприятий, а так же предприятий по их управлению и контролю. Норма расхода топлива подразумевает установленное значение меры потребления топлива применительно к работе конкретной модели, марки и модификации грузовика КАМАЗ. В таблице 6 указаны нормы расхода топлива бортовых КАМАЗов в зимний и летний период на 100 км [21; 22].

Таблица – 6 Нормы расхода топлива бортовых КАМАЗов (на 100 км)

Марка	Зимний период (л)	Летний период (л)
Камаз-43118	36,3	33
Камаз-43114	34,3	31,2
Камаз-4326	29,4	26,7
Камаз-65117	28,7	26,1
Камаз-53215	27,1	24,5
Камаз-53605	26	23,6
Камаз-43253	24,5	22,3

Камаз-4308	20,8	19

Рассчитав по данной таблице средний расход для зимнего и летнего периода получим: 28,4 литра на 100 км для зимнего периода и 25,8 литра на 100 км для летнего периода.

Если нужно, то можно рассчитать норму расхода для своего грузового КАМАЗа индивидуально. Для этого понадобится формула:

$$\boldsymbol{Q_н = 0,01 \times (H_{san} \times S + H_w \times W) \times (1 + 0,01 \times D)}, \quad (5)$$

где H_{san} – норма расхода топлива при груженом состоянии, в литрах;

S – пробег автомобиля, в км;

H_w – расход топлива на транспортировку, в литрах;

W – объем транспортной работы, в тоннах;

D – коэффициент погрешности;

$Q_н$ – норма расхода топлива, в литрах.

Стоит учитывать, что грузовики всегда работают с отягощением из-за перевозимого груза, поэтому к получившимся итоговым цифрам расхода топлива для грузового автомобиля стоит также прибавить дополнительные литры. В зависимости от двигателя, коэффициент D равен: +2 для бензинового; +1,3 для дизельного и +2,6 для газового.

Но все же, рассматривая показатели расхода топлива КАМАЗ, стоит учитывать, что формулы и стандарты рассчитаны на самые обычные условия использования грузовых автомобилей. Любые экстренные ситуации на дороге добавляют к счетчику топлива дополнительные литры. Поэтому, если реальные цифры немного не совпадают с данными в таблицах, это не значит, что водитель обязательно недобросовестный. Дорога – вещь непредсказуемая и ее не так легко просчитать формулой. Однако нормы расхода топлива – это ориентир, который может помочь узнать, рационально ли расходуются финансы в компании [23].

3.2 Примерный расчет затрат на бензин

Для расчета примерного количества затрат и проверки их окупаемости будем учитывать определенные условия. А именно, исходить из того, что в компании 10 машин ежедневно, в течение 350 дней в году, совершают рейс туда-обратно из Челябинска в Магнитогорск.

Средняя цена бензина А-95 в Челябинской области на 2 января 2017 года, согласно сайту, установилась на отметке 36 рублей 18 копеек за литр [23].

Возьмем два варианта маршрута из Челябинска в Магнитогорск: первый будет через Южноуральск (308.5 км), второй обычный маршрут (304.83 км). Таким образом, первый маршрут в обе стороны составит 617 км, а второй 609,66 км. Точками отсчета расстояния являются: Аллея Славы в Челябинске и Гостиный Двор в Магнитогорске. Данные о длине маршрутов и их представление взяты с ресурса Dlinaputi.ru. На рисунках 4а и 4б показаны соответствующие маршруты [24].

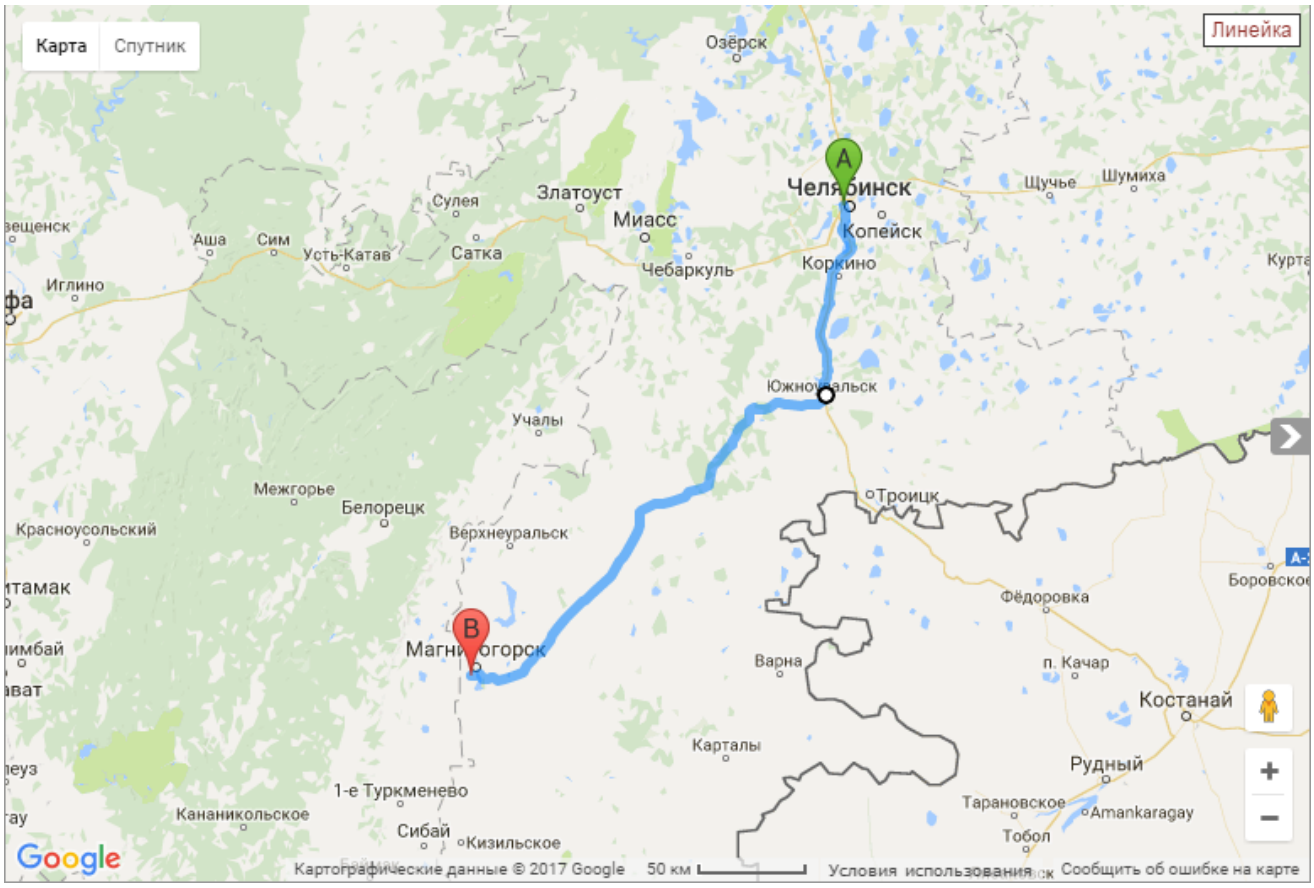

Рисунок 4а Маршрут Челябинск-Магнитогорск (через Южноуральск)

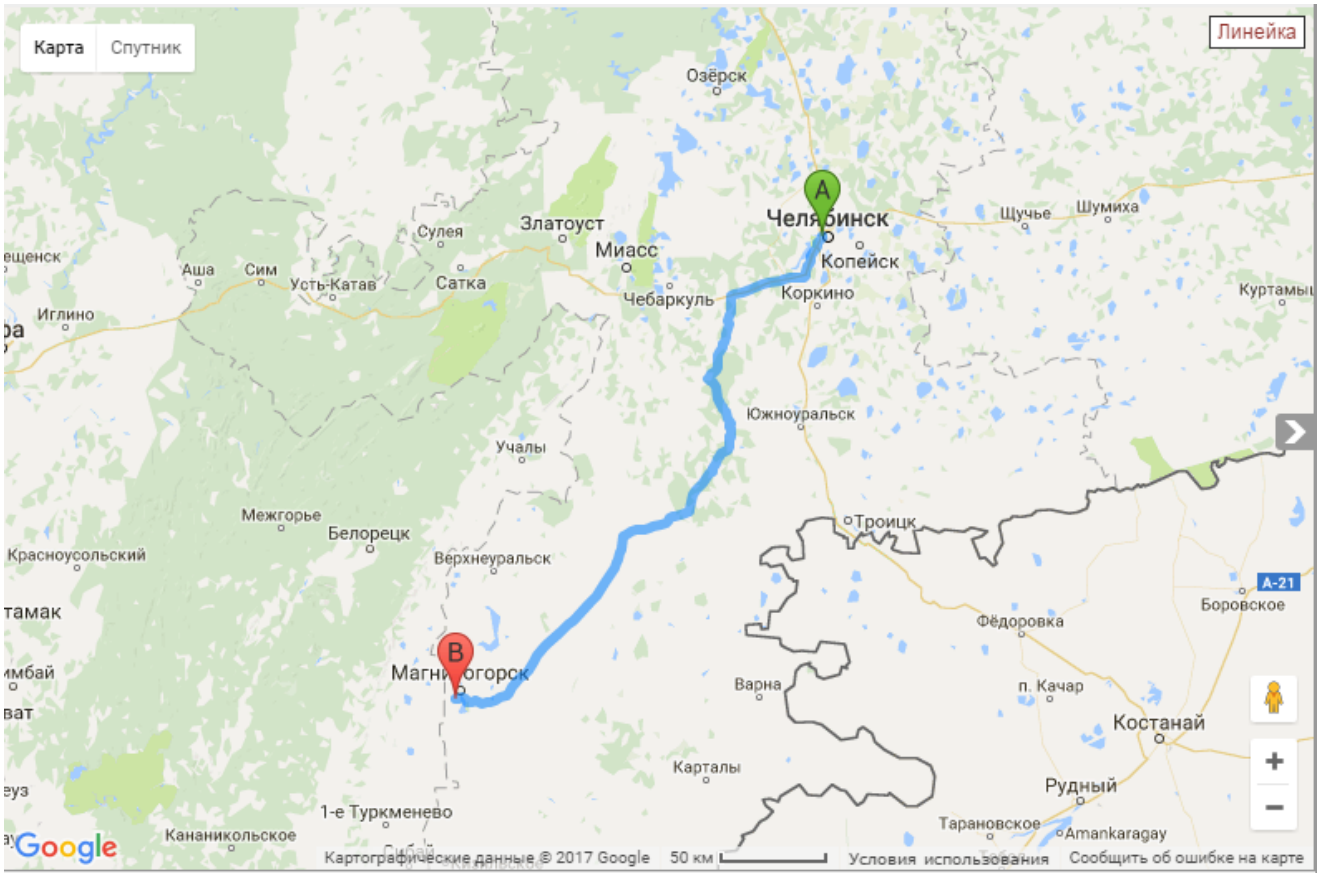

Рисунок 4б Маршрут Челябинск-Магнитогорск

Рассчитаем затраты на бензин для обоих маршрутов.

Протяженность маршрута А в обе стороны составляет 617 км. Средний расход топлива на 100 км в зимний период 28,4 литра, в летний период 25,8 литра. Общие затраты в зимний период получаются 175,23 литра, в летний период 159,19 литра за одну поездку одной машины. При цене на бензин А-95 36 рублей 18 копеек, поездка одной машины в зимний период обойдется в 6 339 рублей 82 копейки, в летний период 5 759 рублей 49 копеек. При условии, что каждый день 10 машин совершают одну такую поездку на протяжении 350 дней в году, то в сумме будет совершено 3 500 поездок. Считаем, что количество в летний и зимний период одинаково, т.е. по 1 750 поездок в каждый период. Таким образом, общие затраты на бензин для перевозок составят 11 094 685 рублей в зимний пе-

риод и 10 079 107 рублей 50 копеек в летний период. Или 21 173 792 рубля 50 копеек за год.

Протяженность маршрута Б в обе стороны составляет 609,66 км. Средний расход топлива на 100 км в зимний период 28,4 литра, в летний период 25,8 литра. Общие затраты в зимний период получаются 173,143 литра, в летний период 157,292 литра. При цене на бензин А-95 36 рублей 18 копеек, поездка одной машины в зимний период обойдется в 6 264 рубля 20 копеек, в летний период 5 690 рублей 75 копеек. При условии, что 10 машин совершают ежедневно одну такую поездку на протяжении 350 дней в году, то в оба периода машины совершат 1 750 перевозок. Таким образом, общие затраты на бензин для перевозок составят 10 962 350 рублей в зимний период и 9 958 812 рублей 50 копеек в летний период. Или 20 921 162 рубля 50 копеек за год.

Разница в 252 630 рублей 50 копеек в год при различии маршрута всего на 3.7 км. Графическое сравнение затрат на бензин представлено на рисунке 5.

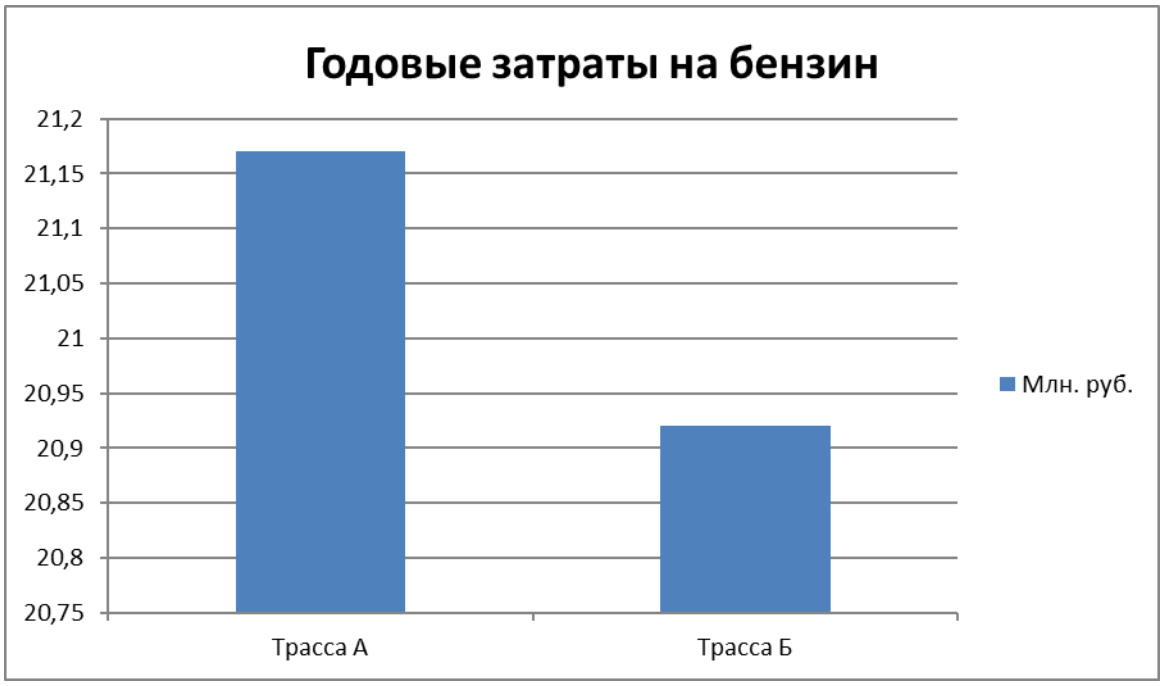

Рисунок 5 – Сравнение затрат на бензин

Отсутствие региональных составляющих наземного сегмента Глобальных навигационных спутниковых систем в значительной степени определяет неуверенность и ограниченность целей и задач при их реальном использовании. Прежде всего, это связано с практическим отсутствием системы Единого координатно-временного и навигационного обслуживания в России, неподготовленностью конечных потребителей к использованию современных международных стандартов, моральным и физическим старением Государственной геодезической системы.

Наличие аппаратуры, математического и программного обеспечения, высококвалифицированных кадров диктует необходимость безотлагательных региональных решений, обеспечивающих точность позиционирования приёмников сигналов ГНСС для решения широкого спектра задач, таких как, создание автоматизированной региональной системы межевания земель, проектно-изыскательские работы при строительстве зданий, дорог, объектов региональной инфраструктуры, мониторинг состояния сложных инженерных сооружений – мостов, транспортных сетей, ответственных здания, высотных сооружений, газо-, нефте- и водопроводов.

Погрешности спутникового позиционирования – основной сдерживающий фактор интеграции систем мониторинга автотранспорта в корпоративные системы предприятий.

Преимущества спутниковой геодезии неоспоримы, однако, принцип работы Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) – NAVSTAR (GPS, США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (Европейское сообщество), Beidou (Китай) предполагает неизбежность ошибок определения местоположения приёмников при прямых измерениях. В 95% измерений местоположения точность составляет порядка 13-15 м, что явно недостаточно для практического использования. Сегодня наибольшее распространение получили лишь системы спутникового мониторинга автотранспорта, бытовые навигационные приемники для охотников, рыба-

ков и туристов, где точность такого порядка вполне устраивает конечного потребителя навигационной информации (КПНИ).

В реальных задачах спутникового мониторинга автотранспорта невысокая точность навигационных данных является основным сдерживающим фактором интеграции этих систем в корпоративные информационные системы предприятий. Например, погрешность вычисления пробега автомобиля на участках длиной 700 км может составлять до 20 км; во время погрузочно-разгрузочных работ, т.е. в режиме остановки на 30-40 мин, по показаниям спутниковых GPS приемников неподвижный автомобиль «уезжает» на 5-10 км. Такие отклонения вызывают недоверие финансовых служб предприятий. Методики определения эксплуатационные расходов на автотранспорт предполагают, что они являются функцией пробега и высокие погрешности при назначении планового обслуживания техники недопустимы, так как в значительной степени определяют финансовые показатели предприятий.

Сейчас действующие системы спутникового мониторинга автотранспорта играют в большей степени психологическую роль и способствуют лишь повышению исполнительской дисциплины водителей, а не являются в полной мере объективными средствами инструментального контроля, позволяющего влиять на финансовые показатели предприятий. Дисциплина и безопасность на трассе, конечно, важны, но потенциал спутниковых систем используется недостаточно.

3.3 Возможности повышения точности позиционирования

Существует несколько способов повышения точности при вычислении расстояний до используемых спутников ГНСС (псевдодиапазона измерений), которые на практике, как правило, комбинируют. Наибольшее распространение получили:

1. Измерение фазы двух частот: L1/L2 сигналы ГНСС используются для компенсации влияния ионосферы. За счет того, что скорость прохождения радиосигнала через ионосферу пропорциональна частоте, а их две – 1,575/1,215 ГГц

(ГНСС NAVSTAR), возможно вычисление замедления, которое и является корректирующей поправкой к Δt1, Δt2, Δt3, Δt4 – временам прохождения сигналов от 4-х спутников. Времена Δt1, Δt2, Δt3, Δt4 служат основой вектора транзитивного времени сигнала в системе уравнений для расчета координат местоположения приёмника. Необходимо отметить то, что это нетривиальная задача, заключающаяся в разрешении фазовых противоречий. Количество полных циклов волн радиосигнала N (рисунок 6) от разных спутников довольно сложно определить. Решение задачи, как правило, сводится к дискретной оптимизации. Известно, что такого класса задачи требуют значительных вычислительных мощностей или сложных технических решений на уровне архитектуры приёмника ГНСС. Поэтому работа в режиме реального времени (RTK – Real Time Kinematic) затруднена. Стоимость таких приёмников очень значительна, и они практически недоступны массовым КПНИ.

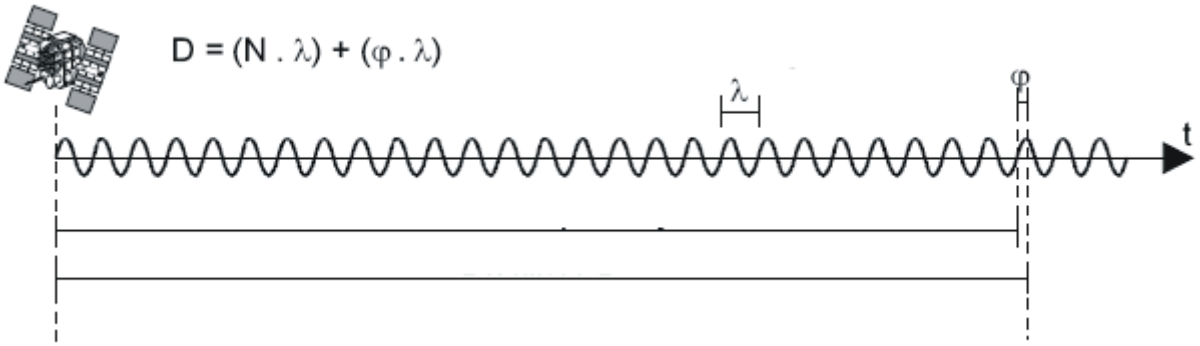

Рисунок 6 – Принцип измерения фазы

где D – расстояние;

N – число полных циклов;

λ – длина волны;

φ – фаза;

t – время.

2. Геофизические корректирующие модели: Такие модели используются для первичной коррекции эффектов ионо- и тропосферы. Построение таких моде-

лей представляет собой сложную задачу, требующую наличия статистической информации за продолжительные интервалы времени. Получение таких данных требует наличия нескольких базовых «точек отсчета» с заранее определёнными координатами. Сложность и трудоёмкость, значительные финансовые затраты определяют узкий круг специальных областей для их применения.

3. Дифференциальный ГНСС (ДГНСС): наиболее распространённый способ повышения точности, основанный на одной или нескольких референцных (опорных) станциях для региона. Опорная или «базовая» станция – это высокоточный приёмник ГНСС, обязательно фазовый, координаты антенны которого заранее определены доступными способами, либо на основе статистики, либо на основе привязки к известной системе (например, Государственная геодезическая система – ГГС). Работа такой станции возможна в двух режимах: 1) реального времени и 2) постобработки. В режиме реального времени необходимо доставлять корректирующий сигнал к приёмникам КПНИ. Возможные варианты передачи этой информации от опорной станции к КПНИ представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Процесс передачи различных сигналов (для измерения кода и фазы)

Трансляционная система	**Диапазон частоты**	**Преимущества**	**Недостатки**	**Передача корректционных данных**
На длинных и средних волнах (LW, MW)	100 – 600 КГц	Широкий диапазон передачи (1 000 км)	Низкая скорость	RTCM SC104
Морской радиомаяк	283 – 315 КГц	Широкий диапазон передачи (1 000 км)	Низкая скорость	RTCM SC104
Авиационный маяк	255 – 415 КГц	Широкий диапазон передачи (1 000 км)	Низкая скорость	RTCM SC104
Коротковолновая система (KW)	3 – 30 МГц	Широкий диапазон передачи	Низкая скорость, качество зависит от времени и частоты	RTCM SC104

Окончание таблицы 7

VHF и UKW	30 – 300 МГц	Высокая скорость, использование существующей инфраструктуры	Диапазон передачи ограничен квазиоптическими условиями	RTCM SC104
Мобильная связь/телефонные сети (GSM, GPRS)	450, 900, 1 800 МГц	Использование существующих сетей	Ограниченный диапазон передачи, проблемы с синхронизацией	RTCM SC104
GEO спутниковая система	1.2 – 1.5 МГц	Широкая область покрытия	Высокая стоимость	RTCM SC104 (для MSAT, Omnistar, Landstar, Starfire), RTCA DO-229C (для SBAS систем такие как WAAS, EGNOS и MSAS)

Все способы повышения точности позиционирования – задачи, прежде всего, требующие значительных вычислений. Если принять во внимание, что приёмник КПНИ удален от опорной станции и для точки его местоположения необходим итерационный процесс достижения требуемой точности от полученного первого приближения, то становится понятной вся сложность проблемы. И эти расчеты нужно делать для каждого измерения с учетом смещения спутников [10].

Особое внимание следует обратить на технологию коррекции с помощью виртуальных опорных станций (Virtual Reference Station – VRS), которая позволяет создавать поля высокой точности в широких зонах ограниченным количеством таких станций, включённых в единую вычислительную сеть (разряженная сеть опорных станций). Суть VRS заключается в совместной обработке данных не только сети корректирующих (опорных) приемников, но и информации приёмников КПНИ, которые при расчёте координат и поправок принимают за «псевдобазовые», виртуальные станции. Эффект такого подхода иллюстрируют рисуноки 7а и 7б, на примере Бургенланда, Австрия.

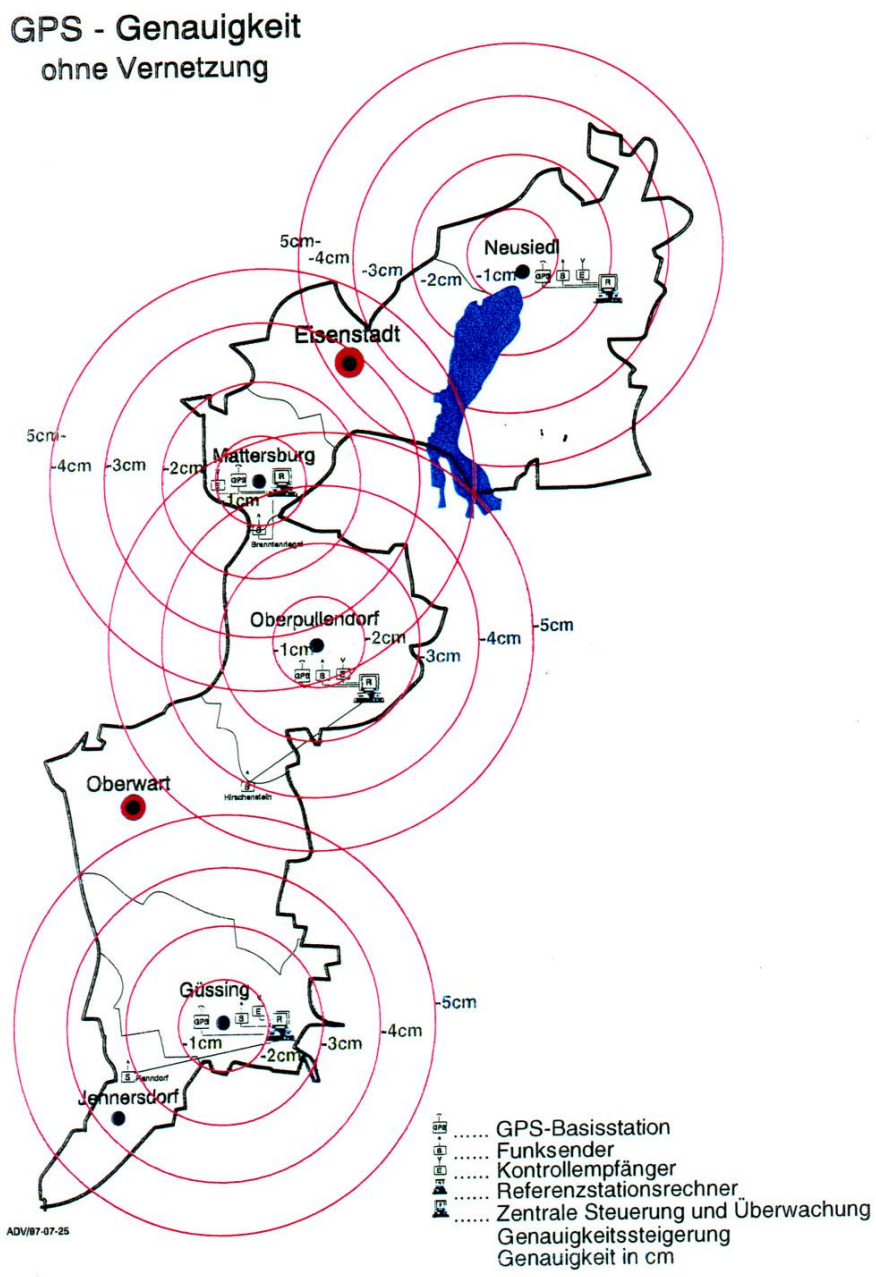

Рисунок 7а – Стандартное ДГНСС решение для четырех опорных базовых станций

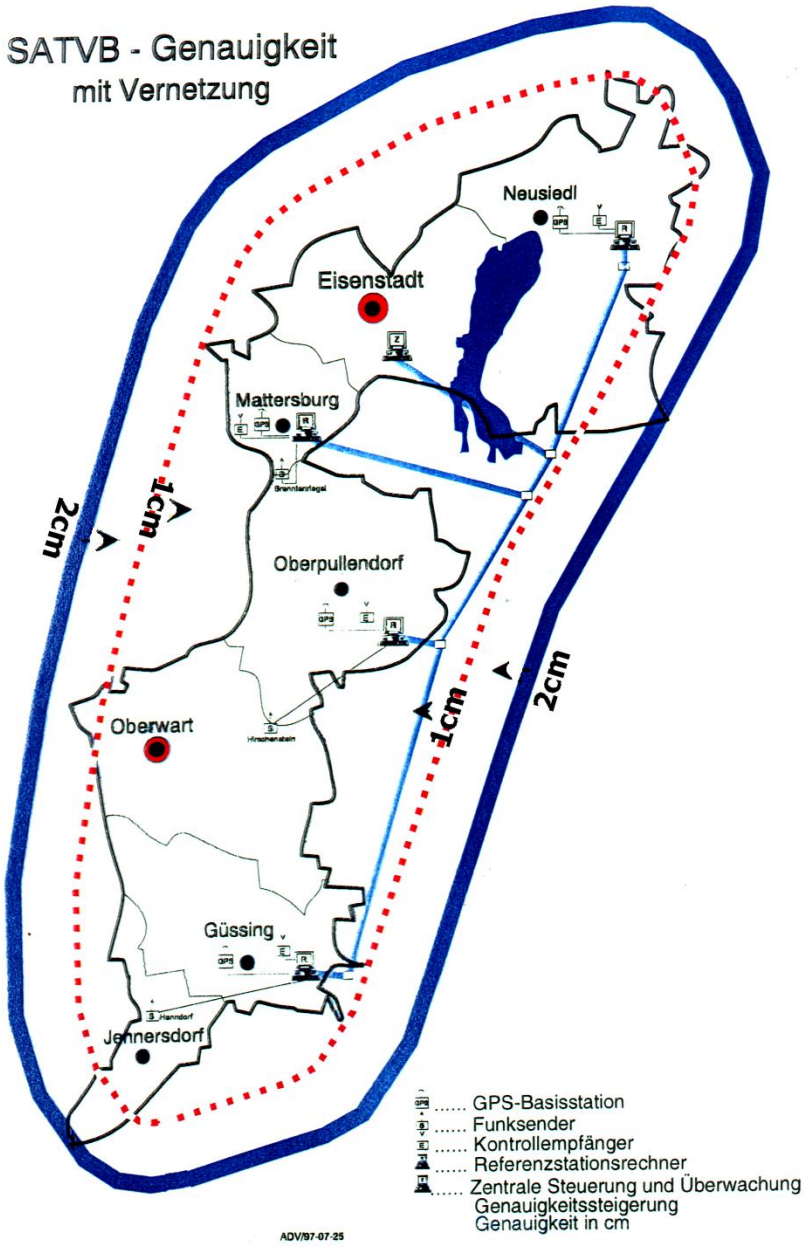

Рисунок 7б – Сетевое ДГНСС решение с дополнительной центральной станцией управления

Мировая практика использования ДГНСС для самой развитой ГНСС NAVSTAR (GPS) де-факто доказала необходимость и эффективность наземного сектора, обеспечивающего обслуживание КПНИ для повышения точности позиционирования. Все коррекционные данные передаются в область приемника КПНИ через соответствующие трансляторы, сейчас это принято называть – транспорт (радиотрансляция в длинноволновом, коротковолновом и УКВ диапазонах, GSM/GPRS, Интернет, спутниковая связь, и т.д.). В Северной Америке и

Европе коррекционные сигналы можно получить от множества доступных систем ДГНСС. В зависимости от сервиса может потребоваться годовая оплата или разовая при покупке дифференциального приемника. За последнее десятилетие роль систем координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО) значительно возросла и стала значимым фактором повышения качества жизни [15].

3.4 Положение дел с коррекцией данных ГНСС в России

Комплекс средств функциональных дополнений, к которым относится ЕС КВНО, является неотъемлемой частью ГНСС. Именно он обеспечивает полное и широкомасштабное массовое использование системы конечными потребителями навигационной информации, именно он определяет экономическую эффективность и темпы развития народнохозяйственных отраслей.

Еще в январе 2008 года ФГУП НИИР была представлена «Концепция создания Федеральной единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения», одобренная расширенным бюро Научного совета Российской академии наук по этой проблеме, а также согласована со всеми заинтересованными органами исполнительной власти. Базисом концепции являлись три положения:

1) интеграция всех комплексов и средств, участвующих в решении задач координатно-временного и навигационного обеспечения в единую систему;

2) комплексное использование всех навигационных и не только спутниковых технологий;

3) создание ЕС КВНО для предоставления массовых услуг, которые предполагают большое число потребителей, высокую надежность и широкую номенклатуру, что определяет особо высокие требования не только к надёжности, но и к интерфейсу с клиентом.

ЕС КВНО предназначена для создания единого поля координатно-временной информации, потребителями которой являются как государственные учреждения, так и частные компании, в задачи которых входит информационное обеспечение Государственной автоматизированной системы земельного кадастра и обеспечение ряда коммерческих задач и проектов, в том числе:

1) установление границ административно-территориальных образований;

2) геодезическое обеспечение геолого-геофизических работ, связанных с освоением полезных ископаемых;

4) геодезическое обеспечение строительства дорог и трубопроводов;

5) решение задач лесоустройства;

6) решение задач высокоточной навигации и диспетчеризации наземных, речных и воздушных транспортных средств;

7) координатно-временное обеспечение поисково-спасательных работ;

8) определение координат пунктов ГГС, центров фотографирования аэрофотоснимков, опорных межевых сетей, поворотных точек границ земельных участков;

9) геодезическое обеспечение сельскохозяйственных работ (вплоть до управления машинами и агрегатами сельскохозяйственного назначения);

10) мониторинг состояния сложных и ответственных инженерных сооружений.

Необходимость и неизбежность создания и эксплуатации региональных сетей опорных (референцных) станций (СРС) продиктованы системным подходом к вопросам геодезического обеспечения кадастра объектов недвижимости, мониторинга земель и землеустройства. Выполняя топографо-геодезические работы, КПНИ часто сталкиваются с проблемой использования «нужной» системы координат. На одном объекте это СК-63, на другом СК-42, на третьем – местная система координат и свести их в единую картографическую проекцию невероятно сложно.

В этой ситуации наиболее правильное решение – сети постоянно действующих опорных спутниковых станций, создающих единое координатно-временное пространство на обслуживаемой территории. Кадастр и мониторинг создаётся и производится в локальной (местной) системе координат, распространенной на территорию одного административного района или на территорию площадью до

5000 км. При этом, средняя квадратичная погрешность (СКП – RMS) взаимного положения пунктов опорной межевой сети, поворотных точек границ земельных участков на этой территории не должны превышать единиц сантиметров (субсантиметровая точность), а однородность межевой сети по точности должна выдерживаться на территории всего субъекта Федерации, а в идеале – и на всей территории страны.

Хотя сегодня и имеется государственное решения данной проблемы, однако не во всех регионах страны, многие руководители организаций и ведомств выполняют задачу на местном уровне, создавая «локальные» (региональные) сети опорных станций, обеспечивающие единство пространственно-временных данных только для своего региона. Такой подход нисколько не противоречит решению общегосударственной задачи, так как «пересчет» спутниковых сетей из системы в систему решается на программном уровне.

ФСДКМ базируется не только на отечественной ГНСС ГЛОНАСС, но и на американской NAVSTAR и Европейской Galileo. И это не случайно. Уже имеется положительный опыт создания и эффективного использования сети опорных станций на территории Москвы и Московской области, ориентированной на общемировые стандарты и системы геодезических координат. На базе СРС создана эффективная система спутникового межевания земли (ССМЗ) [16; 17].

При создании координатной основы локальной системы координат на территории Московской области и привязке её к мировой системе координат WGS-84 были определены координаты более 600 пунктов Государственной геодезической сети 1-3 классов, каталожные данные которых представлены в системе координат СК-63. Это позволило экспериментально определить параметры перехода от WGS-84 к СК-63 в регионе, а также сравнить реальные и каталожные данные ГГС. Результаты этой работы подтверждают следующие утверждения:

«Существующая геодезическая основа, созданная с помощью традиционных методов геодезических измерений, не обеспечивает на должном уровне воз-

можности эффективного использования современных высокоэффективных спутниковых технологий по следующим основным причинам [10; 18]:

– точность существующих геодезических сетей не отвечает современных требованиям экономики и обороны страны;

– пункты опорных геодезических сетей, как правило, располагаются в труднодоступных местах, неблагоприятных для их последующего использования в системе геодезического обеспечения с аппаратурой ГЛОНАСС/GPS;

– большой объем геодезических пунктов, существующих опорных геодезических сетей, и места их расположения делают задачу их поддержания в рабочем состоянии практически трудно выполнимой в современных условиях».

Существование опорных пунктов ГГС 1-3 класса с точностью позиционирования на уровне 100 см недопустимо (субметровая точность). Это реальное доказательство того, что точность применяемой сегодня СК-63, не удовлетворяет современным требованиям кадастра земли и объектов недвижимости, а также мониторинга ответственных объектов. Сделано заключение о целесообразности построения на территории Московской области единой, однородной по точности, опорной сети, и ССМЗ позволяет это сделать [19].

Полученный опыт эксплуатации ССМЗ г. Москвы и Московской области можно спроецировать на регионы России, естественно, с учетом региональных особенностей.

Проблемы точности позиционирования, связанные с преобразованием координат

Приняв в качестве основной концепции повышение точности навигационной информации для целей спутникового мониторинга автотранспорта постобработку данных ГНСС вычислительными методами дифференциальной коррекции задача может быть сведена к:

1) построению динамической локальной координатной основы;

2) построению динамического поля дифференциальных поправок вдоль основных маршрутов движения автотранспорта.

Координатная основа создается применительно к используемому эллипсоиду: Красовского, ПЗ-90 (Параметры Земли – 1990 г.), WGS-84 (World Geodetic System-1984) и др. При создании координатной основы выбирается соответствующая система координат: геодезическая G (BLH) с координатами B, L, H; плоская прямоугольная P (xyz) с плановыми координатами x, y и высотами z (обычно z определяются независимо от плановых координат); пространственная прямоугольная S (XYZ) с координатами X, Y, Z и др.

Определение координат опорных пунктов и точек, используемых для построения поля дифференциальных поправок, может быть получено на основании методов виртуальных базовых станций.

В настоящее время отсутствуют алгоритмы, обеспечивающие непосредственное преобразование координатной основы из системы $S(XYZ)$ в систему $P(xyz)$ и обратно с допустимыми ошибками в зоне шириной равной нескольким 6°-градусным зонам. Все разработанные алгоритмы (В.П. Морозов, А.В. Юськевич, В.Ф. Хабаров, М.Я. Брынь и др.) ориентированы на реализацию двухступенчатых программ (1 ступень – преобразование координат из системы S(XYZ) в систему G(BLH), вторая ступень - преобразование координат из системы G(BLH) в систему P(xyz). Предлагаемая технология непосредственного преобразования координат из системы S(XYZ) в систему P(xyz) является оригинальной.

На основе известных в литературе формул (К. Гаусс, Ф. Гельмерт, R. Konig, K. Weise, В.П. Морозов, Л.М. Бугаевский, В.Н. Баландин, В.Ф. Хабаров и др.) выполнены теоретические исследования и получены новые алгоритмы непосредственного преобразования координатной основы из системы S(XYZ) в систему P(xyz) и обратно в трехмерном (пространственном) формате. Переход к трехмерному пространству позволяет значительно повысить точность определения пробега с учетом не только кривизны выбранного эллипсоида, но и неровностей рельефа.

При построении полей трехмерных дифференциальных поправок для постобработки навигационных предлагается использовать полиномиальную аппрок-

симацию. Обнадеживающие результаты получены при использовании сплайн-интерполяции, на участках равниной поверхности.

3.5 Региональные сети спутниковых опорных станций

Устранить погрешность измерения пробега автотранспорта поможет установка базовой станции, являющейся по сути аппаратно-программным комплексом, передающим на мобильные приемники поправки с помощью устройства коммуникации. Это значительно повысит точность измерения пробега. При этом базовые станции можно объединить в сеть, что позволит увеличить зону покрытия.

Сеть референцных (базовых) станций – совокупность постоянно действующих спутниковых (ГНСС) референцных станций, установленных на местности по определенной схеме, относительное положение которых определено в единой системе координат, объединенные каналами коммуникаций для сбора и обработки спутниковых данных в едином центре, так что бы обеспечивать выполнение измерений и определение пространственного местоположения объектов на обширной площади с одинаковой точностью и в единой системе отсчета времени и пространства.

Сеть постоянно действующих спутниковых референцных станций (РС) по сравнению с одиночными базовыми станциями обладает преимуществами в том, что она имеет большую площадь покрытия и обеспечивает единую и высокую точность за счет возможности построения локальной модели ошибок, включающей задержки сигналов ГНСС в ионосфере и тропосфере и формирования сетевых дифференциальных поправок на зону покрытия.

Одна базовая станция обеспечивает определение пространственных координат в режиме реального времени с сантиметровой точностью в радиусе не более 25-30 км, в зависимости от ландшафта. Принципиально удаление ровера от базовой станции может быть большим, например 300 км. Однако при удалении от станции точность позиционирования ухудшается пропорционально расстоянию. Сеть РС может покрыть большую площадь, чем больше станций, тем больше

площадь покрытия. Для устранения проблемы получения точных и надежных результатов на удалении станции устанавливают плотно с перекрытиями рабочих зон.

В целях исключения ошибок, вносимых искажениями в атмосфере, а также нарастающей погрешности от удаления от ближайшей РС создается реально-временная модель ошибок и корректирующих поправок на основе данных нескольких РС и знаний об их точном положении. Такая модель подразумевает совместное уравнивание данных со всех РС и вычисление поля дифференциальных поправок на всю территорию покрытия сети. Благодаря сетевому способу формирования дифференциальных поправок пользователь может надежно получать координаты на удалениях от РС до 50 км, а расстояние между станциями может быть до 80 км. При этом обеспечивается одинаковая точность по всей области покрытия.

Контроль работы нескольких РС, расположенных на обширной территории, эффективней осуществлять с единого центра управления (ЦУ). Таким образом, данная структура представляет собой сеть референцных станций, единообразно управляемая для создания единого поля корректирующих поправок всем пользователям.

Централизованное управление и сбор данных с нескольких РС в центре управления (ЦУ) позволяет с помощью специализированного программного обеспечения одновременно передавать дифференциальные поправки различным пользователям для определения местоположения объектов и навигации в режиме реального времени, организовывать уровни доступа по различным каналам связи, архивировать и предоставлять данные для специализированных предприятий, которым нужна высокая точность, т.е. предоставлять разнообразные сервисы точного позиционирования на основе спутниковых навигационных технологий. Такую систему сейчас называют спутниковой системой точного позиционирования (СТП).

Основные характеристики сети опорных станций:

– назначение (точная навигация, система межевания земель, геодезические, маркшейдерские измерения и топография, мониторинг деформаций - геодинамический полигон и т.д.);

– количество постоянно действующих станций;

– площадь охвата;

– используемые сигналы ГНСС (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Compass и т.д.);

– предоставляемые сервисы (данные для постобработки, позиционирование в режиме реального времени – DGNSS, RTK);

– форматы предоставляемой информации (CMR+, Leica, RTCM и т.д.);

– открытость данных (свободный доступ или платная авторизация);

– обеспечиваемая точность в различных системах координат.

Развитие сетей постоянно действующих спутниковых референцных станций на отдельных объектах, таких как месторождения, карьеры, территориях городов и целых регионов дает возможность эффективней выполнять геодезические и маркшейдерские измерения, топографические съемки, инженерные изыскания и межевание земель. Эффективность достигается за счет сокращения времени при определении точного положения объектов в пространстве, уменьшения транспортных расходов и человеческих ресурсов. Создание региональных сетей для обеспечения кадастровых работ позволяет существенно сократить расходов на создание опорного обоснования (опорной межевой сети) и поддержании ее в рабочем состоянии. Сеть спутниковых референцных станций может быть использована для закрепления единой координатно-временной основы на территории области или государства.

Количество постоянно действующих референцных спутниковых приемников в сети может быть различным. Количество РС зависит от размеров области покрытия (района работ, территории региона), наличия линий связи, рельефа местности и потребностей. Минимально рекомендуемое количество базовых

станций для обеспечения бесперебойной работы сети с гарантированной выдачей сетевых RTK поправок составляет 5 станций.

Преимущества сети РС перед одиночными базовыми станциями:

– большая область покрытия;
– обеспечивает большую надежность;
– возможность определения ионосферных и атмосферных поправок;
– обеспечивает более высокую точность;
– единая система координат для всех пользователей;
– централизованное управление и контроль всеми станциями;
– поддержка различных сервисов;
– постобработка данных пользователя;
– управление пользователями;
– фундаментальная инфраструктура для позиционирования любых объектов.

Недостатки сети РС:

– большие первоначальные затраты на создание единой системы;
– необходимость постоянного технического поддержания (оборудование станций, каналы связи, оборудования центра управления);
– необходимость выделения постоянных средств на непрерывную и стабильную работу каналов связи [20].

Вывод по главе 3

Расход топлива является одной из наиболее важных характеристик автомобиля, особенно грузового, наряду с его грузоподъемностью и надёжностью. При этом данные по расходу топлива активно используются на транспортных предприятиях, для прогнозирования и контроля расхода топлива, применительно к конкретным моделям грузовиков.

Во избежание потери денег, важно максимально точно рассчитывать затраты на бензин, исходя из моделей автомобилей в парке компании, используемых

для перевозки грузов. И хотя при индивидуальном расчете норм расхода невозможно учесть все нюансы, нужно помнить, что нормы расхода топлива – это ориентир, который может помочь узнать, рационально ли расходуются финансы в компании.

Кроме того, погрешности спутникового позиционирования – основной сдерживающий фактор интеграции систем мониторинга автотранспорта в корпоративные системы предприятий. В реальных задачах спутникового мониторинга автотранспорта невысокая точность навигационных данных является основным сдерживающим фактором интеграции этих систем в корпоративные информационные системы предприятий.

Сейчас действующие системы спутникового мониторинга автотранспорта играют в большей степени психологическую роль и способствуют лишь повышению исполнительской дисциплины водителей, а не являются в полной мере объективными средствами инструментального контроля, позволяющего влиять на финансовые показатели предприятий.

Из существующих способов повышения точности при вычислении расстояний до используемых спутников ГНСС наилучшим является ДГНСС, который основан на установке одной или нескольких референцных (опорных) станций в регионе.

ГЛАВА 4 КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

Примерный расчет затрат и окупаемости проекта по установке опорных станций между Челябинском и Магнитогорском

Как было отмечено во второй главе, погрешность ГЛОНАСС составляет около 3%. Расчеты будут вестись для трассы Челябинск-Магнитогорск (609,66 км в обе стороны). Следовательно, погрешность маршрута, от всей его протяженности, составит 18,29 км, всего за одну поездку. Принимая в расчет среднюю норму расхода бензина КАМАЗА на 100 км, вычислим сумму денег, которые можно сэкономить. Для начала нужно узнать, сколько литров бензина за одну поездку уйдут на эти километры. Воспользуемся формулой:

$$\boldsymbol{L} = \boldsymbol{S}_{\text{пог}} \times \left(\frac{\boldsymbol{B}_{\text{норм}}}{\mathbf{100}}\right), \tag{6}$$

где $S_{пог}$ – общая погрешность измерения для всего маршрута (туда-обратно) в км;

$B_{норм}$ – средняя норма расхода бензина для зимнего или летнего периода на 100 км, в литрах;

L – количество сэкономленных литров бензина с одной поездки.

Получаем, что за одну поездку в зимний период мы сэкономим 5,19 литра бензина, в летний период 4,72 литра. Таким образом, экономия денег, из расчета средней стоимости литра бензина А-95 36 рублей 18 копеек, в зимний период составит 187 рублей 77 копеек, а в летний период 170 рублей 77 копеек с одной поездки.

Теперь подсчитаем общую экономию на бензине. Воспользуемся формулой:

$$\boldsymbol{M}_{\text{общ}} = \boldsymbol{M}_{\mathbf{1}} \times \left(\frac{\boldsymbol{P}}{\mathbf{2}}\right) + \boldsymbol{M}_{\mathbf{2}} \times \left(\frac{\boldsymbol{P}}{\mathbf{2}}\right), \tag{7}$$

где M_1 – экономия на бензине за одну поездку в зимний период, в рублях;

M_2 – экономия на бензине за одну поездку в летний период, в рублях;

P – общее количество поездок туда-обратно. Предполагается, что общее количество поездок за год поровну делится на летний и зимний период;

$М_{общ}$ – общая сумма экономии на бензине за год, в рублях.

Так как в нашем случае каждый день совершается 10 поездок, а всего в году рабочих дней выбрано 350, то всего компания совершит 3 500 тысячи поездок, по 1 750 в каждый период. Получаем экономию 328 597 рублей 50 копеек в зимний период и 298 847 рублей 50 копеек в летний. Общая сэкономленная на бензине сумма составит 627 445 рублей за год.

Компания ООО «Геодетика» предлагает разработку и поставку оборудования для сети постоянно действующих опорных станций. В качестве станций предлагаются бюджетные приемники российского производства IGS GR220, IGS GR111 или IGS GR110 от производителя South. Данное оборудование не уступает в работе приемникам ведущих мировых производителей. Сеть из трех таких станций, включая настройку, монтаж и программное обеспечение обойдется от 1 млн. рублей. Отдельно же одну станцию IGS GR110 на сайтах Geodetika и Geosatellit предлагают приобрести за 328 000 рублей. В состав комплекта входят: Базовая станция IGS GR110 (novatel oem615 120 каналов GPS/Глонасс L1/L2); антенна мультичастотная компактная GNSS HX-CSX601A; кабель антенный 30 метров с малым коэффициентом затухания; адаптер питания 220В; кабель интерфейсный; руководство; CD диск с программным обеспечением.

Описание модели

GR110 предназначен для решения геодезических и навигационных задач в качестве датчика координат, вектора скорости, а также текущего времени по сигналам GNSS ГЛОНАСС, GPS, с возможной будущей модификацией для Galileo и Compass, в любой точке земного шара, в любой момент времени и независимо от метеоусловий. Такого рода измерения востребованы при геодезической съемке, строительстве, картографировании, управлении подвижными объектами и любых других задач, решаемых соответствующими средствами.

GR110 выполнен в металлическом корпусе, что защищает его от повреждений при жестких условиях эксплуатации. Слежение по сигналам L2C обеспечива-

ет более качественное решение и кросс-корреляцию при слабых спутниковых сигналах.

Для выполнения функций по назначению к приемнику подключается активная фазовая ГЛОНАСС/GPS антенна, принимающая сигналы со спутников.

Приемник GR110, с подключенной антенной, обеспечивает решение следующих задач:

– прием и обработку сигналов ГНСС ГЛОНАСС и GPS;

– автоматическую непрерывную выработку трех координат (широты, долготы, высоты), времени, курса и скорости;

– выдачу во внешние устройства текущих координат в системе координат WGS-84;

– выдачу во внешние устройства данных спутниковых измерений (псевдодальности и фазы несущей);

– обновление координат с частотой от 10 до 50Гц;

– оценку точности определения координат;

– прием, хранение и обновление альманахов ГНСС ГЛОНАСС и GPS;

– автоматический выбор созвездия из видимых ГНСС ГЛОНАСС и GPS с учетом их положения и технического состояния;

– обмен информацией с внешними устройствами по протоколу NMEA-0183 (IEC 1162) или по протоколу NovAtel;

– прием и учет корректирующей информации в соответствии с рекомендациями RTCM SC-104.

Приемник GR110 имеет 120 программно-переключаемых универсальных канала для приема сигналов ГНСС и принимает сигналы со всех спутников, находящихся в зоне радиовидимости. Для устойчивой работы приемника необходимо, чтобы в работе было не менее 4 спутников одной системы или 2+3 спутников разных систем.

GR110 поддерживает такие функции, как AdVance RTK – алгоритм работы в режиме реального времени для высокоточного позиционирования, AL1GN –

выдача векторной информации между двумя приемниками и данных о направлении подвижного объекта, GL1DE – фильтр сглаживания для высокоточной повторяемости результатов и RAIM – для повышения целостности GNSS данных (псевдодальностей). Встроенный API позволяет разрабатывать и использовать собственные программы на языке C/C++, запускаемые напрямую на приемнике.

GR110 ориентирован на решение задач высокоточного позиционирования, как в реальном времени (RTK), так и в постобработке. Прекрасно подходит для использования в системах мониторинга технических сооружений и природных объектов и как стационарные базовые станции. При незначительных габаритах и массе является прекрасным вариантом для интеграции в различные системы. Обладает возможностью удаленного конфигурирования и сбора данных.

В GR110 установлена современная двухчастотная OEM плата NovAtel OEM615.

Технические характеристики модели

Конфигурация каналов: Количество каналов: 120; Частотность: L1/L2/L5; GPS: L1, L2, L2C, L5; ГЛОНАСС: L1, L2; SBAS: Да; Galileo: E1; GIOVE-A/GIOVE-B: Да; Compass: Да; L-диапазон: Да.

Точность позиционирования: Автономное L1: 1,5 м; Автономное L1/L2: 1,2 м;

SBAS: 0,6 м; DGPS: 0,4 м; RT-20: 0,2 м; RT-2: 1 см + 1 мм/км.

Общие характеристики: Поддержка ГЛОНАСС: Да; Холодный старт меньше 50 с;

Горячий старт меньше 30 с; Частота выдачи данных: до 50 Гц; Точность по времени: 20 нс; Точность по скорости: 0,03 м/с.

Интерфейсные порты: Serial port RS232 – разъем DB9F – порт COM1 OEM модуля; Ethernet port – разъем RJ45 – порт COM2 OEM модуля; USB port – разъем miniUSB – порт USB OEM модуля.

Питание приемника GR110 осуществляется напряжением постоянного тока от любого источника соответствующей мощности. Основные характеристики пи-

тания: Напряжение питания, В: от 10 до 20 В; Энергопотребление, Вт меньше 4; Напряжение питания антенны, В 6; Максимальный ток антенны, А 0,1.

Размеры: 94x119x41 мм.

Масса: 310 г.

Рабочие условия применения GR110 и значения внешних воздействующих факторов:

– нижнее значение температуры окружающего воздуха минус 30 °С;
– верхнее значение температуры окружающего воздуха плюс 70 °С;
– повышенная влажность 98 % при температуре 25 °С;
– средний минимальный срок службы 10 лет;
– синусоидальная вибрация;
– диапазон частот от 1 до 500 Гц;
– амплитуда виброускорения 50 м/с2 (5 g) [25-27].

Референцные станции монтируются стационарно и работают круглосуточно, обеспечивая в зоне своего действия работу неограниченного числа ГНСС приемников.

Следует отметить, что к выбору места расположения постоянно действующих станций предъявляются определенные требования. Прежде всего, антенна базового приемника должна быть расположена в месте, где отсутствуют помехи для распространения спутниковых сигналов – доминирующих зданий, инженерных конструкций, источников сильного электромагнитного излучения, поверхностей, приводящих к переотражениям спутникового сигнала. Другими словами, должен обеспечиваться стабильный прием сигналов от максимально возможного числа спутников над горизонтом. Кроме того, антенна должна быть надежно зафиксирована и занимать неизменное положение в процессе измерений. Собственно приемник должен располагаться в хорошо защищенном месте (в специальном металлическом шкафу, либо внутри охраняемого помещения), где имеется доступ к стабильному источнику питания и линиям связи (Интернет). Чаще всего, для установки таких станций используют капитальные строения, в том числе, адми-

нистративные и офисные здания, поскольку в большинстве случаев они удовлетворяют предъявляемым требованиям. При этом в процессе эксплуатации нужно периодически перепривязывать координаты станции, чтобы учесть возможную просадку или подвижку здания.

Управление работой постоянно действующей базовой станции, как правило, осуществляется дистанционно из центра управления с помощью специального программного обеспечения, то есть постоянного нахождения персонала в месте установки оборудования не требуется. Программное обеспечение для управления работой постоянно действующей базовой станции выполняет следующие функции:

– дистанционная настройка параметров работы базового приемника, обновление версий внутреннего программного обеспечения;

– передача результатов измерений базового приемника (во внутреннем формате) в персональный компьютер центра управления;

– преобразование результатов измерений в международный формат обмена данными RINEX, сохранение файлов данных в этом формате, предоставление RINEX фалов пользователям для их совместной постобработки с файлами данных, полученными собственными приемниками;

– передача RTK поправок пользователям RTK роверов для обеспечения координатных определений на сантиметровом уровне точности, передача поправок может осуществляться различными способами – через сеть Интернет (NTRIP), с использованием УКВ или GSM модемов;

– передача DGPS поправок для обеспечения координатных определений на субметровом уровне точности мобильными приемниками (ГИС приложения, навигация и т.п.).

В случае объединения нескольких базовых станций в сеть управление всеми станциями осуществляется из единого вычислительного центра. Централизованно принимаемые со всех базовых приемников данные совместно обрабатываются для получения «сетевого решения». Под «сетевым решением» понимается процесс

формирования корректирующей информации (RTK поправок), передаваемой всем зарегистрированным пользователям (роверам) на территории покрытия сети [28-30].

Общие затраты на создание сети опорных станций между Челябинском и Магнитогорском

Минимальные затраты на создание сети опорных станций представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Общие затраты на создание сети опорных станций

Наименование оборудования	Цена (руб)	Количество	Общие затраты (руб)
Сеть трех базовых станций	1 000 000	2	2 000 000
Источник бесперебойного питания APS Smart-UPS XL 1000Va	25 000	6	150 000
Защитный шкаф для ГНСС приемника 380x380x310	28 500	6	171 000

Таким образом, на установку потребуется сумма, минимум равная 2 321 000 рублей. При экономии на бензине 627 445 рублей в год такой проект начнет приносить прибыль через 3 года и 8 месяцев.

Базовые станции применяются везде, где используются координатные определения – инженерные изыскания, геодезические работы, картография, кадастровые работы, строительство дорог и сложных инженерных сооружений, системы управления строительной техникой, системы точного земледелия и т.п. Поэтому в дальнейшем компания сможет предоставлять пользовательский доступ к сети своих опорных станций другим компаниям за определенную абонентскую плату. К примеру, такие компании, как SmartNet Russia предлагают несколько тарифов

по предоставлению RTK поправок. Это могут быть как временные подключения, так и постоянные. Подобным вполне заинтересуются компании поставляющие продукцию – Пятерочка, Магнит, Красное и Белое, Ариант.

Тарифы компании SmartNet Russia указаны в таблицах 9 и 10 [31].

Таблица 9 – Безлимитные тарифы на подключение одного ровера к сети SmartNet Russia

Тариф	Срок действия	Цена (руб)
Безлимитный месяц RTK	1 месяц	4 800
Безлимитный квартал RTK	3 месяца	13 452
Безлимитный год RTK	12 месяцев	47 436

Таблица 10 – Тарифы на подключение одного ровера к сети SmartNet Russia, ограниченные по времени

Тариф	Срок действия	Цена (руб)
RTK XS (включено 7 часов, посекундная тарификация)	3 месяца	3 000
RTK XL (включено 30 часов, посекундная тарификация)	6 месяцев	10 000

Отталкиваясь от этих цен, можно составить собственный прайс-лист для потенциальных клиентов и получать дополнительную прибыль, предоставляя им пользовательский доступ к своей сети опорных станций.

Вывод по главе 4

Для любой достаточно крупной компании увеличение точности измерения пробега вопрос стабильной экономии немалых денег, ведь постоянные междугородние перевозки при не правильном расчете бензина выявляют убытки сотен ты-

сяч рублей в год. Как следствие, несвоевременное техобслуживание грузового автомобиля влечет за собой поломки и сопутствующие задержки, а значит дополнительные затраты.

Помочь в этом деле может план по установке постоянно действующих референцных станций, которые будут передавать на мобильные приемники поправки с помощью устройства коммуникации. Так как подобный проект больше актуален для средних и крупных компаний, то затраты на него не должны показаться чересчур большими. По примерным расчетам сеть таких станций вполне спокойно окупится меньше чем за 4 года. Для малых компаний данный проект не будет столь актуальным, хотя бы по причине того, что поток машин в таких предприятиях не так велик, а значит и общие затраты на бензин в разы ниже. Однако при появлении сети подобных станций, компании из разных сфер деятельности вполне могут подключаться к ней за определенную абонентскую плату. Впоследствии можно будет расширить сеть опорных станций, добавив в их состав еще несколько. Таким образом, увеличится общая зона покрытия ими в регионе, что будет сопутствовать привлечению новых клиентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной работы послужило решение ряда задач и формулирование следующих выводов:

1. Рассмотрены глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС, GPS, Galileo и Beidou, а так же проведено их сравнение. Первые две системы наиболее предпочтительны в Российской Федерации, потому как: первая, хоть и действует глобально, ориентирована в первую очередь на территорию России; вторая действует по всему миру, и заслужила репутацию главной системы позиционирования.

2. Рассмотрены конструкции одометров и погрешности их измерения. Любой одометр, вне зависимости от вида, дает значительную, в разы большую, погрешность в определении пробега в сравнении с использованием ГНСС приемников. Сделан вывод о том, что средняя погрешность любого одометра, колеблющаяся в пределах 5-12%, делает необходимым использование в компании по грузоперевозкам ГНСС приемников, с целью понизить затраты на бензин.

3. Выделены общие факторы, влияющие на точность показания одометров и глобальных навигационных спутниковых систем. Среди них главными оказались: температура окружающей среды, давление в шинах и износ покрышки для одометров и атмосферно-ионосферные задержки, шумы приемника и переотражения сигналов для ГНСС.

4. Рассчитан оптимальный вариант решения проблемы ошибок при расчете пробега автотранспорта. В качестве него предложен вариант по установке сети постоянно действующих опорных станций, который полностью устранит проблему неточного расчета пробега и, окупившись менее чем через 4 года, позволит компании стабильно экономить на бензине больше полумиллиона рублей в год.

5. Предложен вариант развития и расширения проекта. Такой проект может заинтересовать достаточно много компаний, а именно: компании, занимающиеся поставкой продуктов и вино-водочных изделий – Магнит, Пятерочка,

Ариант, Красное и Белое; компании, занимающиеся перевозками заказов различных интернет-магазинов – Citilink и т.д. При большом спросе на подобные услуги, компания может добавить в свою сеть дополнительные станции, расширив зону покрытия в своем регионе, тем самым привлекая еще больших клиентов. Отталкиваясь от цен, которые предлагают компании, имеющие еще большие сети опорных станций, можно составить собственный прайс-лист для потенциальных клиентов и получать дополнительную прибыль, предоставляя им пользовательский доступ к своей сети опорных станций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Э.А. Маркарьян Анализ основных издержек обращения в торговле и способы их снижения [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: http://www.elitarium.ru/analiz-izderzhki-obrashhenija-tovarooborot-rashody-struktura-vlijanie-snizhenie-zatrat/ (дата обращения 17.01.2017).
2. ТО грузовых автомобилей: периодичность, состав работ и общие рекомендации [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://service.miass-avto.ru/to-gruzovyh-avtomobilei (дата обращения 17.01.2017).
3. 3. РД-3112199-1089-02 Нормы сроков службы стартерных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей автотранспортных средств и автопогрузчиков [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_138535/d109e644983e7b66c7283d46d37e361ce46a2e77/ (дата обращения 17.01.2017).
4. РД 3112199-1085-02 Временные нормы эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115633/ (дата обращения 17.01.2017).
5. Спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС, GPS - точность, отличия и их совместное использование в навигаторах [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: http://www.kakras.ru/doc/glonass-gps-galileo.html (дата обращения 10.05.2016).
6. Обзор глобальных навигационных систем [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: www.vspcenter.ru/glonass/system/ (дата обращения 10.05.2016).
7. Спутниковая навигация и КВНО обзор по материалам СМИ. – М. : ЦНИИмаш Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения, 2012. – 58 с.

8. Ю. Е. Воронов, А. В. Косолапов Сравнение спутниковых навигационных систем, применяемых на автомобильном транспорте. – М. : Журнал Автомобильный транспорт, 2006. – 80-85 с.

9. Шепель В. И., Ергалиев Д. С., Тулегулов А. Д. Сравнительный анализ глобальных навигационных спутниковых систем. – Астана : Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 2006. – 3 с.

10. Основы спутниковой навигации GPS-X-02007-C. – Швейцария : u-blox Compenduim. – 2007. – 132 с.

11. Почему пробег по одометру не сходится со спутниковой навигацией GPS/ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: logex-pert.ru/info/articles/pochemu-probeg-po-odometru-ne-skhoditsya-so-sputnikovoy-navigatsiey-gps-glonass/ (дата обращения 08.12.2016).

12. Различие в показаниях одометра автомобиля и системы спутникового контроля транспорта ГЛОНАСС/GPS [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: www.sirius.su/support/list_article/article/razlichie-v-pokazaniyax-odometra-avtomobilya-i-sistemy-sputnikovogo-kontrolya-transporta-glonass-gps (дата обращения 08.12.2016).

13. Мониторинг транспорта, тахографы, датчик уровня топлива [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: http://sibsensor.ru/index.php/monitoring/o-monitoringe (дата обращения 10.05.2016).

14. И все-таки оно вертится [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: http://old.computerra.ru/terralab/mobils/366413/ (дата обращения 29.11.2016).

15. RETSCHER, G. Accuracy Performance of Virtual Reference Station (VRS) Networks. – Journal of Global Positioning Systems, 2002, Vol. 1, No. 1: 40-47 c.

16. Урлинич, Ю. ГЛОНАСС – Российская национальная система. Состояние, перспективы развития и применения системы ГЛОНАСС. – М: ООО «Издательский дом Медиа Паблишер», Журнал T Comm. Телекоммникации и транспорт, № 2 – 2008. – 14-18 с.

17. Бутенко, В.В., Назаренко, А.В. Основные положения концепции создания единой системы КВиНО Российской Федерации – М: ООО «Издательский дом Медиа Паблишер», Журнал T Comm. Телекоммникации и транспорт, № 22 – 2008. – 20-24 с.

18. ГОСТ Р 51794-2001 «Аппаратура радионавигационной глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования. Системы координат. Методы преобразования координат определяемых точек» – М: Изд. «Госстандарт», 2001, 34 с.

19. В.В. Бойков, М.А. Монахова. Создание и опытно-производственная эксплуатация спутниковой системы межевания земель Москвы и Московской области. − М.: ФГУП «Госземкадастрсъемка», 2008

20. Региональные сети спутниковых референцных станций [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://www.icentre-gfk.ru/naprd/nard_stp_rssrs.htm (дата обращения 17.01.2017).

21. Расход топлива КамАЗа [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: http://www.expert-servise.ru/norma_rasxodov_topliva_kamaz.php (дата обращения 30.11.2016).

22. Нормы расхода топлива грузовых автомобилей КАМАЗ [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://gruzovoy.ru/news/industry/498_normi_rashoda_topliva_kamaz.html (дата обращения 29.11.2016).

23. Цены на бензин, ДТ, газ в Челябинской области [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: https://www.benzin-price.ru/price.php?region_id=74 (дата обращения 02.01.2017).

24. Расчет расстояний между городами России, Расчет маршрута и определение расстояний [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://www.dlinaputi.ru/Cheljabinsk/Magnitogorsk/?pp=%FE%E6%ED%EE%F3%F0%E0%EB%FC%F1%EA (дата обращения 02.01.2017).

25. Базовая станция IGS GR110 [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://geodetika.ru/product/bazovaya-stantsiya-gr-110/ (дата обращения 12.01.2017).

26. Сети геодезических станций GNSS IGS Stonex ГЕОСалют [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://www.geosalut.ru/bazovye-stancii-gnss/igs-gr110/ (дата обращения 12.01.2017).

27. Приёмник геодезический фазовый IGS GR110 на базе NovAtel OEM615 [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://geosatellit.ru/product/priyomnik-geodezicheskij-fazovyj-igs-gr110-na-baze-novatel-oem615-/ (дата обращения 12.01.2017).

28. Сети базовых станций [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://www.gsi.ru/art.php?id=325 (дата обращения 11.01.2017).

29. Особенности установки и эксплуатации базовых ГНСС станций [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://eps.com.ua/article/base-station/ (дата обращения 11.01.2017).

30. Сети базовых станций RTK [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: http://www.gisa.ru/54690.html (дата обращения 03.12.2016).

31. Предоставление RTK поправок [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://smartnet-ru.com/predostavlenie-rtk-popravok_146.htm (дата обращения 12.01.2017).