

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

УДК 629.056.8:629.366

Лабазанов
Руслан Михайлович

Исследование алгоритмов спутниковой навигации с высокой точностью

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 03 «Информационные радиотехнологии»

Научный руководитель

Воронов Александр Юрьевич

начальник сектора НПООО «ОКБ ТСП»

Минск 2020

Работа выполнена на кафедре информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ВОРОНОВ Александр Юрьевич**,
начальник сектора НПООО «ОКБ ТСП», стаж
работы по специальности более 10 лет

Рецензент: **ХОМЕНОК Михаил Юлианович**,
кандидат технических наук, доцент, преподаватель
кафедры инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «23» июня 2020 г. года в 13⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Глобальные навигационные спутниковые системы, такие как GPS и ГЛОНАСС, обеспечивают ошибку определения координат на уровне 5-15 метров, что многократно превышает требуемую для многих прикладных задач. К примеру, параллельное вождение сельскохозяйственной техники в рамках систем точного земледелия требует точность порядка 10 см «от прохода к проходу».

Основными источниками ошибки, приводящими к ухудшению точности, являются искажения сигнала от спутника в результате его прохождения через атмосферу, а также погрешности определения координат спутников, вычисляемых по принимаемым от них эфемеридам. Данные ошибки можно уменьшить с помощью постобработки навигационных данных, используя более точные модели атмосферы и точные значения эфемерид для интервала измерения, однако в реальном времени единственным возможным вариантом являются системы дифференциальной коррекции. В общем случае они состоят из одной или нескольких наземных базовых станций, координаты которых известны с большой точностью, и канала передачи поправок от них к потребителю.

По принципу действия дифференциальные поправки можно разделить на две группы – DGPS (поправки к кодовым псевдодальностям) и RTK (поправки к фазе несущей сигналов). Сантиметровая точность может быть обеспечена только использованием фазовых поправок RTK, имеющих, однако, ряд недостатков – необходимость наличия базовой станции не далее 10-20 км от приёмника (с увеличением расстояния до базовой станции получение точного решения сильно затрудняется), необходимость дополнительных временных затрат на сходимость решения (от нескольких секунд до нескольких десятков минут, в зависимости условий приема, расстояния до базовой станции и много другого), большая чувствительность к условиям приема (изменение группировки используемых спутников может привести к срыву точного решения и необходимости повторения длительного периода сходимости). Кроме того, алгоритм применения RTK поправок связан с разрешением неопределенности, возникающей при определении фазы навигационного сигнала, и поэтому имеет два возможных состояния, соответствующих разрешенной и неразрешенной неоднозначности.

На основании полученных результатов моделирования возможно провести оценку работоспособности систем точного земледелия в условиях различной точности определения координат.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящее время во всех сферах деятельности человека происходят значительные перемены: в производство и повседневную жизнь широко внедряются интеллектуальные системы и машины, способные самостоятельно выполнять на высоком уровне качества операции и действия, которые недавно были немыслимы без человека.

Производство продукции сельского хозяйства не является исключением. Сельское хозяйство вступает в эру умного земледелия. Данное понятие существенно шире точного земледелия и включает использование интеллектуальных систем не только для продуктивного возделывания земель, но и применение методов интеллектуального сбора и анализа информации, автоматизации операций, применение технологий, не требующих вмешательства человека.

Степень разработанности проблемы

Исследование алгоритмов точной спутниковой навигации с высокой точностью осуществлялось на основе построения теоретических моделей с использованием работ белорусских и зарубежных ученых.

В данный момент наибольший вклад был внесен исследовательским центром компании «Trimble», которая является фактическим **монополистом** в области производства интеллектуальных систем параллельного вождения.

Отсутствие конкурентного отечественного аналога (в области исследований, а также реализации) обуславливает актуальность диссертации.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является исследование алгоритмов спутниковой навигации с высокой точностью за счет выявления влияния характеристик приема координат на модель системы параллельного вождения.

Поставленная цель работы определяет **следующие основные задачи:**

1. Провести обзор и анализ литературы по направлению спутниковой навигации.
2. Разработать методику моделирования процесса параллельного вождения на основе математического моделирования эквивалентной физической схемы системы.
3. Сделать выводы по результатам проведённого моделирования.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 03 «Информационные радиотехнологии».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных ученых в области спутниковой навигации с высокой точностью.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 55-ой и 56-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2019 и 2020 годы).

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка.

В первой главе приведен обзор литературы по направлению спутниковой навигации.

Во второй главе приведено описание методов измерения координат для различных задач.

В третьей главе представлено моделирование работы системы параллельного вождения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние и указаны основные направления исследований, проводимых по тематике работы.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований.

В **первой главе** приведен обзор литературы по направлению спутниковой навигации.

Во **второй главе** приведено описание методов измерения координат для различных задач и разработана методика моделирования процесса параллельного вождения на основе математического моделирования эквивалентной физической схемы системы.

В результате была разработана методика и подобрана подходящая для исследования математическая модель:

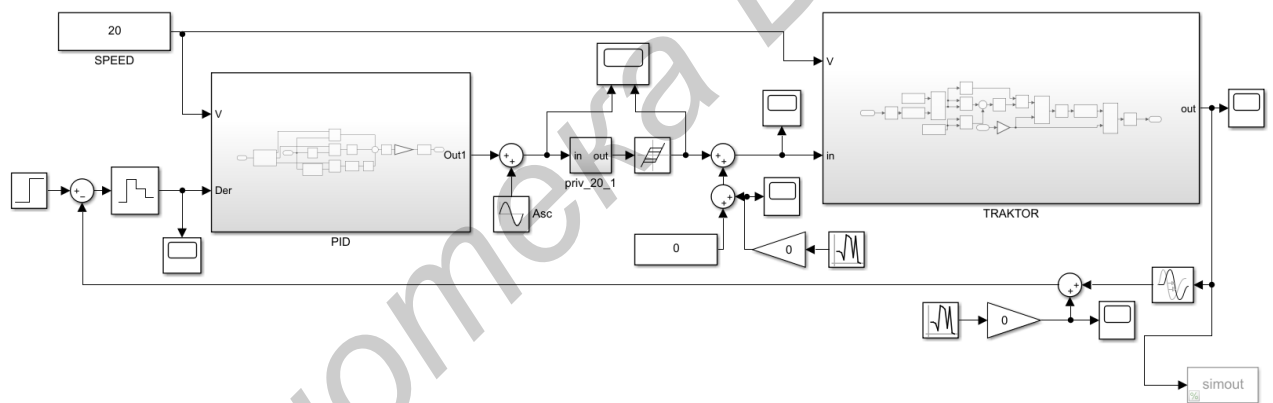


Рисунок 3.1 – Модель параллельное вождение сельскохозяйственной техники

В **третьей главе** представлено моделирование работы системы параллельного вождения.

В результате был сделан вывод, что работа систем точного земледелия возможна только при сантиметровой точности приема координат, что может быть обеспечено только использованием фазовых поправок RTK.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен обзор и анализ литературы по направлению спутниковой навигации. Выявлено что в настоящее время в отечественных работах недостаточно освещен вопрос диссертации.

2. Разработана методика моделирования процесса параллельного вождения на основе математического моделирования эквивалентной физической схемы системы, позволяющая оценить работоспособность системы в условиях различной точности приема координат.

3. Сделаны выводы по результатам проведенного моделирования. Работа систем точного земледелия возможна только при сантиметровой точности приема координат, что может быть обеспечено только использованием фазовых поправок RTK.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Тезисы конференций

1. DGPS как элемент автоматизации работ точного земледелия/ 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов.

2. DGPS как элемент системы автоматического управления автомобилем/ 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов.