

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

вычислительной техники

Кафедра

«Вычислительная техника»

Направление подготовки: 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Профиль подготовки: «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

**Разработка специализированной
бесплатформенной навигационной системы для
наземных подвижных объектов**

Студент

Ю - 25.06.19
(подпись, дата)

Волкова Юлия Сергеевна

Руководитель

К.В. Попов 25.06.19
(подпись, дата)

К.В. Попов

Нормоконтролёр

А.В. Кучин 28.06.19
(подпись, дата)

А.В. Кучин

Работа допущена к защите (протокол зас. кафедры от 31.05.2019 г. № 38-09-14)

Заведующий кафедрой

М.А. Митрохин
(подпись)

М.А. Митрохин

Работа защищена с отметкой Отлично (протокол заседания ГЭК от
04.07.2019 г. № 24)

Секретарь ГЭК

Е.И. Гурин
(подпись)

Е.И. Гурин

Пенза 2019

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
вычислительной техники

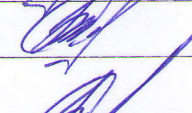
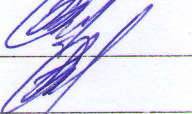
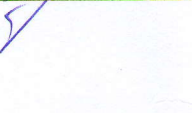
Кафедра
«Вычислительная техника»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
 М.А. Митрохин
«23» апреля 2019г.

**ЗАДАНИЕ
НА БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ**

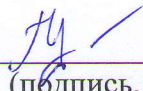
1. Студентка Волкова Юлия Сергеевна гр. 15BV1 факультета Вычислительной техники
2. Тема работы: «Разработка специализированной бесплатформенной навигационной системы для наземных подвижных объектов»
Тема утверждена приказом ПГУ № 554 от " 29 " апреля 2019 г.
3. Руководитель бакалаврской работы к.т.н. Попов К. В.
4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.)
Назначение разработки – система предназначена для отображения геоинформационных данных. Система должна в реальном масштабе времени определять и отображать координаты и высоту местоположения, дирекционные углы ориентирных направлений объекта, а также автоматическую прокладку маршрута по заданным точкам с учетом рельефа местности.
5. Перечень подлежащих разработке вопросов.
Требуется произвести анализ предметной области, выбрать функциональный состав и элементную базу, разработать принципиальную и структурную схемы. Произвести отладку и тестирование, оформить выпускную квалификационную работу.

6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1	Анализ предметной области	10	29.04.19	
2	Выбор компонентов для реализации принципиальной схемы	10	03.05.19	
3	Составление принципиальной схемы устройства	20	07.05.19	
4	Написание программы прошивки для устройства	10	13.05.19	
5	Отладка системы	10	13.05.19	
6	Моделирование и поиск уязвимостей, исправление ошибок в работе системы	10	20.05.19	
7	Оформление выпускной работы	30	31.05.19	

Дата выдачи задания " 29 " апреля 2019г.

Руководитель бакалаврской работы _____  Попов К. В.
(подпись, дата)

Задание к исполнению принял студент _____  Волкова Ю. С.
(подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета _____  28.06.2019
(подпись, дата)

Реферат

Бакалаврская работа содержит 73 листа, 32 рисунка, 7 источников, 5 приложений.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ. БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ

Цель работы – разработать навигационную систему для наземных подвижных объектов.

Объектом разработки является бесплатформенная навигационная система, обеспечивающая в реальном масштабе времени определение и отображение координат и высоты местоположения, дирекционных углов ориентирных направлений объекта в движении и на стоянке, в том числе вводить с электронных носителей картографическую информацию в полевых условиях.

В результате проведенной работы создан проект, удовлетворяющий поставленной задаче, а именно, навигационная система для наземных подвижных объектов, в состав которой вошел контроллер на базе микроконтроллера фирмы Миландр.

Данную систему рекомендуется использовать в составе подвижных наземных объектов в интересах решения задач топографической привязки, ориентирования наземных подвижных объектов на позиции и на марше с высокой точностью, в том числе, при недоступности информации радионавигационных систем.

Данная система была разработана для отображения целевой обстановки, как часть проекта, разрабатываемого на предприятии.

					ПГУ 1.09.03.01.10.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка специализированной бесплатформенной навигационной системы для наземных подвижных объектов Пояснительная записка	Литер.	Лист	Листов
Разработ.		Волкова Ю.					4	73
Проверил		Попов К. В.				ФВТ, каф. ВТ гр. 15ВВ1		
Н. контр.		Кучин А.В.						
Утвердил		Митрохин М.А						

Содержание

Обозначения и сокращения.....	7
Введение.....	8
1. Постановка задачи	10
2. Обоснование структуры построения СБИНС для систем управления огневыми средствами	11
2.1 Идеология функционирования СБИНС	14
2.2 Анализ функционального программного обеспечения СБИНС	17
3. Разработка структурной схемы	20
3.1 Определение функционального состава системы	21
3.2 Разработка принципиальной схемы.....	23
3.3. Выбор микроконтроллера	25
4. Разработка алгоритма	29
5. Руководство пользователя	33
5.1. Запуск системы.....	33
5.2. Главное меню системы.....	33
5.3. Выбор режима работы	35
5.4. Ввод начальных данных для проведения ориентирования	39
5.5. Меню «Карта»	41
5.6. Меню «Матрица высот».....	42
5.7. Меню «Расчеты»	44
5.8. Меню «Маршрут»	46
5.9. Меню «Настройки».....	51

					ПГУ 1.09.03.01.10.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка специализированной бесплатформенной навигационной системы для наземных подвижных объектов Пояснительная записка	Литер.	Лист	Листов
Разработ.		Волкова Ю.					5	73
Проверил		Попов К. В.				ФВТ, каф. ВТ гр. 15ВВ1		
Н. контр.		Кучин А.В.						
Утвердил		Митрохин М.А						

5.10. Завершение работы	61
Заключение	62
Список использованных источников	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А СХЕМЫ.....	64
Приложение А.1 Схема электрическая структурная.....	65
Приложение А.2 Схема электрическая принципиальная	66
Приложение А.3 Блок схема алгоритма	67
Приложение А.4 Перечень элементов	68
ПРИЛОЖЕНИЕ В ПРЕЗЕНТАЦИЯ	69

					ПГУ 1.09.03.01.10.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка специализированной бесплатформенной навигационной системы для наземных подвижных объектов Пояснительная записка	Литер.	Лист	Листов
Разработ.		Волкова Ю.					6	73
Проверил		Попов К. В.				ФВТ, каф. ВТ гр. 15ВВ1		
Н. контр.		Кучин А.В.						
Утвердил		Митрохин М.А						

Обозначения и сокращения

АРМ – автоматизированное рабочее место

АС – автономная система

АСН – аппаратура спутниковой навигации

БИНС – бесплатформенная инерциальная навигационная система

БИС – большая интегральная схема

ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система

ИНС – инерциальная навигационная система

КНС – космическая навигационная система

КС – комплексированная система

МСВС – мобильная система вооруженных сил

МТКУ – миниатюрный транспортный курсоуказатель

НКА – навигационный космический аппарат

ОС – операционная система

ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

СБИНС – специализированная бесплатформенная инерциальная навигационная система

СНС – спутниковая навигационная система

ФПО – функциональное программное обеспечение

GPS – (англ. Global Positioning System) — система глобального позиционирования

Введение

Современный мир трудно представить без использования систем навигации. На сегодняшний день они являются неотъемлемой частью жизни человека, используются во многих устройствах современной техники. Имея в руках смартфон с доступом в интернет, находясь в любой точке мира, можно легко ориентироваться в пространстве. Навигационные системы применяются в широком спектре различных сфер, включая использование и в бытовых целях, и в научных, и в производственных.

Инерциальные навигационные системы (ИНС) стали основой для навигационных комплексов современных подвижных объектов. Обоснованием этого является то, что они предоставляют полную информацию о навигационных параметрах движения - углах курса, тангажа (дифферента), крена; ускорении, скорости движения и координатах места объекта. Особенность системы заключается в полной автономности, т.е. не требуется какой-либо дополнительной информации извне. Также есть возможность определять угловое положение объекта с высокой точностью в любом диапазоне углов и с высокой частотой выдачи информации, поэтому ИНС в настоящее время не имеют альтернативы.

Главным чувствительным элементом ИНС является акселерометр – прибор для измерения ускорения движения объекта. Так как акселерометр, а также и используемые в ИНС гироскопы являются инерциальными чувствительными элементами (основаны на использовании инерции массы), поэтому системы называют инерциальными.

В основе построения ИНС заложен метод счисления пути. Суть заключается в том, что сигналы измерителей скорости или ускорения, а также оси чувствительности удерживаются в заданной системе координат, интегрируются. Интегралы ускорений соответствуют приращениям скорости, интегралы скорости соответствуют приращениям пути. Складывая значения приращений с начальными значениями скорости или пути, получают текущие значения скорости и пройденного пути. В системах, где первичными

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

измерителями являются акселерометры, для получения скорости сигнал акселерометра интегрируют один раз, а для получения пройденного пути этот интеграл (скорость) интегрируют второй раз. Имея информацию о направлении проекций пройденного пути на оси системы координат, определяют координаты подвижного объекта.

Активная разработка бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) началась около 60-х годов прошлого века. Востребованность таких систем состоит в том, что в них не потребуется гиростабилизированная платформа, которая является наиболее сложной, таким образом, узел ИНС становится наиболее дорогостоящий. В БИНС акселерометры и гироскопы жёстко фиксируют на борту объекта, а электромеханическую модель системы координат заменяют математической моделью.

В БИНС вместо гиростабилизированной платформы используют блок гироскопов и акселерометров с вычислителем. Гироскопы с акселерометрами (блок инерциальных чувствительных элементов) при этом фиксируют жестко на борту объекта.

Данная система является очень актуальной на сегодняшний день и продолжает развиваться, находя применение во множестве разных сфер.

В данной работе будет рассмотрена специализированная бесплатформенная навигационная система для наземных подвижных объектов.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Постановка задачи

Необходимо разработать систему отображения геоинформационных данных, которая должна в реальном масштабе времени определять и отображать координаты и высоту местоположения, дирекционные углы ориентирных направлений объекта, а также автоматическую прокладку маршрута по заданным точкам с учетом рельефа местности.

Система должна выполнять следующие функции:

- определение и отображение координат и высоты местоположения, дирекционных углов ориентирных направлений, углов крена и тангажа объекта на марше и стоянке;
- ввод, хранение и отображение картографической и оперативно-тактической информации;
- ввод с электронных носителей картографической информации в полевых условиях;
- автоматизированную коррекцию координат объекта на стоянке и в движении;
- автоматическую прокладку маршрута по заданным точкам с учетом рельефа местности и данных получаемых от сопряженных систем, а также проведения расчетов;
- выдачи во внешние устройства измеренных значений навигационных параметров, параметров ориентации и точного времени.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Обоснование структуры построения СБИНС для систем управления огневыми средствами

Программируемые логические интегральные схемы находят все больше применение при разработке цифровых устройств самого разного назначения. Интегральные схемы первых поколений имели достаточно простую структуру и содержали программируемую матрицу соединений с триггерами на выходах. Они использовались в основном для разработки несложных устройств управления. В настоящее время разработаны и применяются более сложные микросхемы, которые можно разбить на два больших класса: ПЛИС типа CPLD и программируемые пользователем вентильные матрицы, которые имеют английскую аббревиатуру FPGA.

Следствием бурного развития производства ПЛИС является существенное снижение стоимости при одновременном повышении эксплуатационных характеристик. Использование ПЛИС обеспечивает максимальную гибкость при необходимости модификации аппаратуры. Применение ПЛИС позволяет сократить процесс проектирования и отладки цифровых устройств.

Система навигации в составе подвижных наземных объектов (систем управления огневыми средствами) предназначена для топографической привязки, ориентирования наземных подвижных объектов во время стоянки и на марше с высокой точностью, в том числе, при недоступности информации радионавигационных систем.

Система навигации должна обеспечивать в реальном масштабе времени автоматическое решение следующих задач:

- определение и отображение координат и высоты местоположения, дирекционных углов ориентирных направлений, углов крена и тангажа объекта на марше и стоянке;

- ввод, хранение и отображение картографической и оперативно-тактической информации;
- ввод с электронных носителей картографической информации в полевых условиях;
- автоматизированную коррекцию координат объекта на стоянке и в движении;
- автоматическую прокладку маршрута по заданным точкам с учетом рельефа местности и данных получаемых от сопряженных систем, а также проведения расчетов;
- выдачи во внешние устройства измеренных значений навигационных параметров, параметров ориентации и точного времени.

К системам управления огневыми средствами предъявляются высокие требования к точностным характеристикам развединформации. Исходя из этого вытекают и требования к предельным погрешностям (3σ) систем навигации для систем управления огневыми средствами:

- погрешность начального ориентирования, д.у., не более 3;
- уход дирекционного угла, д.у./час, не более 1,5;
- погрешность определения угла крена, д.у., не более 1,5;
- погрешность определения угла тангажа, д.у., не более 1,5.

Обеспечение данных требований, анализ достоинств инерциальной навигационной системы и необходимость устранения недостатков инерциальной навигационной системы предполагает реализацию системы навигации на основе бесплатформенной инерциальной навигационной системы с дополнением информации от спутниковой навигационной системы и датчика пройденного пути. Назовём данную систему навигации специализированной БИНС (СБИНС).

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

В целом СБИНС является программно-аппаратной системой, состоящей из вычислительного устройства, функционального программного обеспечения (ФПО) и набора датчиков информации. Обобщённая структура СБИНС приведена на рисунке 1. Основным элементом СБИНС является вычислитель БВК или отдельный планшет. Информация блока датчиков с цифровым информационным выходом по курсу, крену, тангажу служит для решения задач ориентирования наземных объектов. Информация от Спутниковой Навигационной Системы служит для топопривязки наземных объектов в реальном времени. Информация от датчика пути необходима для расчёта (уточнения) координат подвижных объектов в отсутствие информации от Спутниковой Навигационной Системы.

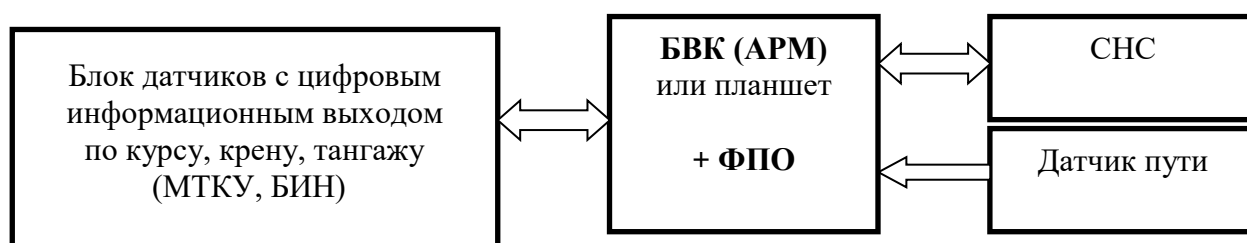


Рисунок 1 – Структура СБИНС

Данная структура СБИНС позволяет реализовать следующие режимы навигации:

- режим навигации СНС - режим навигации от спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и (или) GPS;
- режим навигации ИНС - режим навигации от бесплатформенной инерциальной навигационной системы и датчика пути;
- режим комплексированный - интегрированный режим навигации от спутниковых радионавигационных систем, бесплатформенной инерциальной навигационной системы и датчика пути.

2.1 Идеология функционирования СБИНС

Основной режим работы СБИНС - комплексированный режим. Совокупный аппаратный состав СБИНС и исходной информации от датчиков при этом избыточен, что позволяет анализировать состав и качество имеющейся в распоряжении информации и применять оптимальные, в некотором смысле, алгоритмы расчёта навигационной информации:

- координат (X, Y, H);
- путевой скорости и её составляющих (V, V_x, V_y, V_H);
- углов истинного курса ψ , крена γ , тангажа ν .

Различают четыре основных уровня комплексирования Спутниковой Навигационной Системы и БИНС.

Раздельные системы (Separate Systems). При этом способе спутниковая информация о координатах и скорости подается как корректирующая информация для БИНС, в частности, соответствующая информация БИНС может просто заменяться на спутниковую.

Свободно соединенные системы (Loosely Coupled Systems). Здесь выходная информация БИНС поступает как первая итерация в СНС, а оценка текущего положения доставляется фильтром Калмана, на вход которого поступают измерения чувствительных элементов БИНС и выходная информация СНС (координаты и скорость).

Тесно соединенные системы (Tightly Coupled Systems). При таком варианте комплексирования первичная информация приемоиндикатора СНС (кодовые, доплеровские, фазовые измерения) используется в качестве корректирующего сигнала для БИНС.

Глубокое интегрирование (Deep Integration) представляет собой комплексирование на приборном уровне и дает, по сути, новую систему,

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

чувствительными элементами которой являются акселерометры, гироскопы и корреляторы СНС.

Наиболее актуальна задача тесного соединения (комплексирования) систем, поскольку при таком подходе используется вся измерительная информация, в результате чего система может работать в условиях малого количества спутников, когда невозможна работа автономной СНС. В этом случае при комплексировании используются собственные алгоритмы обработки измерений СНС, что делает систему более надежной.

В случае неисправности СНС (пропадании информации от СНС, постановке помех) СБИНС переводится автоматически в режим навигации ИНС. При этом информация от датчика пути в сочетании с инерциальной информацией об ориентации корпуса объекта используется для независимого кинематического одометрического навигационного счисления. Результаты этого счисления служат корректирующей информацией для инерциального счисления.

При отказе блока датчиков по курсу, крену, тангажу СБИНС переводится автоматически в режим навигации СНС.

Функционирование СБИНС в данном случае определяются в основном функциональными возможностями аппаратуры спутниковой навигации (АСН).

Например, АСН 14Ц821С и 14Ц825 кроме определения координат в реальном масштабе времени позволяют ещё:

- определять качество решения навигационной задачи (среднее значение из среднеквадратических отклонений составляющих координат носителя);
- определять курс (азимут) движения носителя;
- производить накопление статистической информации (математическое ожидание и дисперсия координат, составляющих скорости носителя).

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В этом случае целесообразно:

1. При нахождении носителя на стоянке необходимо включить накопление статистической информации и в качестве координат носителя использовать математическое ожидание этих координат.

2. С началом движения в качестве координат носителя использовать текущие координаты носителя и определять курс движения носителя на основе информации по составляющим скорости.

3. Для определения и сохранения курса (дирекционного угла) носителя перед остановкой необходимо включить накопление статистической информации и выполнить максимально прямолинейное равномерное движение к точке стоянки. Перед остановкой по статистической информации (математическое ожидание составляющих скорости) определить и сохранить курс (дирекционный угол) носителя.

АСН 14Ц823 в отличие от 14Ц821С и 14Ц825 определяет с высокой точностью дирекционный угол носителя как на стоянке, так и в движении:

В этом случае целесообразно:

1. При нахождении носителя на стоянке необходимо включить накопление статистической информации и в качестве координат и дирекционного угла носителя использовать их математические ожидания из пакетов статистической информации.

2. С началом движения в качестве координат и дирекционного угла носителя использовать текущие координаты и дирекционный угла носителя.

В обоих случаях в СБИНС должны формироваться признаки начала движения, остановки, включения и выключения накопления статистической информации в ручном или автоматизированном режимах.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Анализ функционального программного обеспечения СБИНС

Блоки и модули функционального программного обеспечения навигационной системы будут разработаны на языке программирования C++ стандарта ISO/IEC 1488:2003 с применением библиотеки классов Qt 4.6 под ОС MCBC. Этот относительно новый язык имеет много преимуществ и достоинств. Библиотека классов Qt4.6 прекрасно подходит для создания интуитивно-понятного и презентабельного пользовательского интерфейса. Qt – это единая библиотека, её особенности — это богатство возможностей, а также высокая производительность обеспечивается языком программирования C++.

Для разработки навигационной системы была выбрана программа Keil uVision. Эта среда разработки представляет собой набор утилит для выполнения полного комплекса мероприятий по написанию программного обеспечения для микроконтроллеров. Keil uVision позволяет работать с проектами любой степени сложности, начиная с введения и правки исходных текстов и заканчивая внутрисхемной отладкой кода и программированием ПЗУ микроконтроллера.

Используя выше описанные средства разработки и языки программирования можно создать систему работы с электронными картами, которая будет удовлетворять всем исходным требованиям.

Управление режимами работы специализированной бесплатформенной инерциальной навигационной системы должно осуществляться с БВК (АРМ) или планшета индикаторного. Для этого должно быть разработано функциональное программное обеспечение (ФПО), которое должно обеспечивать решение всех задач, возлагаемых на специализированную бесплатформенную инерциальную навигационную систему:

- ввод исходной и служебной навигационной информации;

- определение и отображение координат и высоты местоположения, дирекционных углов ориентирных направлений и углов крена объекта на марше и стоянке;
- ввод, хранение, масштабирование и отображение картографической и оперативно-тактической информации;
- ввод с электронных носителей картографической информации в полевых условиях;
- автоматизированную коррекцию координат объекта на стоянке и в движении;
- вычисление дальности и курсового угла на пункт назначения, отображение на электронной карте текущего местоположения объекта с направлениями на пункт назначения;
- автоматическую прокладку маршрута по заданным точкам с учетом рельефа местности и данных получаемых от сопряженных систем, а также проведения расчетов;
- отображение на электронной карте местоположения пункта назначения и контрольных точек;
- перевод геодезической системы координат в прямоугольную систему и обратно;
- выдачи во внешние устройства измеренных значений навигационных параметров, параметров ориентации и точного времени.
- вычисления координат удаленных точек по дальности и углу на точку;
- определение корректуры пути и поправки визирного устройства при юстировке на мерном участке;

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- сохранение при выключении питания текущих навигационных параметров и всех поправок, необходимых для вычисления навигационных параметров с заданной точностью;

- информационный обмен с внешними потребителями.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Разработка структурной схемы

Для корректного составления структурной схемы требуется определить функциональный состав системы, а также определить последовательность действий системы. Структурная схема разрабатывается на начальных стадиях проектирования и предшествует разработке схем других типов. Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи между ними. Схема отображает принцип действия изделия в самом общем виде.

Была разработана структурная схема с учётом поставленной задачи, представленная в Приложении А1.

Блок преобразователя скоростей датчиков пути должен принимать и преобразовывать аналоговый сигнал от датчика спидометра МЭ-302В, МЭ-307, ДСЭ-2М в дифференциальный сигнал. Также должен производиться обмен информацией с внешними устройствами по интерфейсам RS-422, CAN по согласованному протоколу обмена. Устройство должно подсчитывать количество импульсов от начала работы и выдавать во внешнее устройство информацию о подсчитанных импульсах по интерфейсам RS-422, CAN.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.1 Определение функционального состава системы

Система представляет собой совокупность компонентов таких как микроконтроллер, датчики, блок питания.

Блок питания состоит из двух компонентов, способных формировать постоянное выходное напряжение, необходимое для работы микроконтроллера системы, для датчиков, блоков управления и кнопок. Электропитание блока осуществляется от внешнего источника постоянного тока с номинальным напряжением 27В.

Микроконтроллер работает в сети постоянного тока напряжением 27 В при этом потребляемая мощность не должна превышать 3 Вт. Ток потребления от внешнего источника питания напряжением 27 В - не более 0,2 А. Описание модели микроконтроллера, а также его характеристики будут присутствовать в следующих разделах.

На рисунке 2 присутствует графическое представление структурной схемы.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

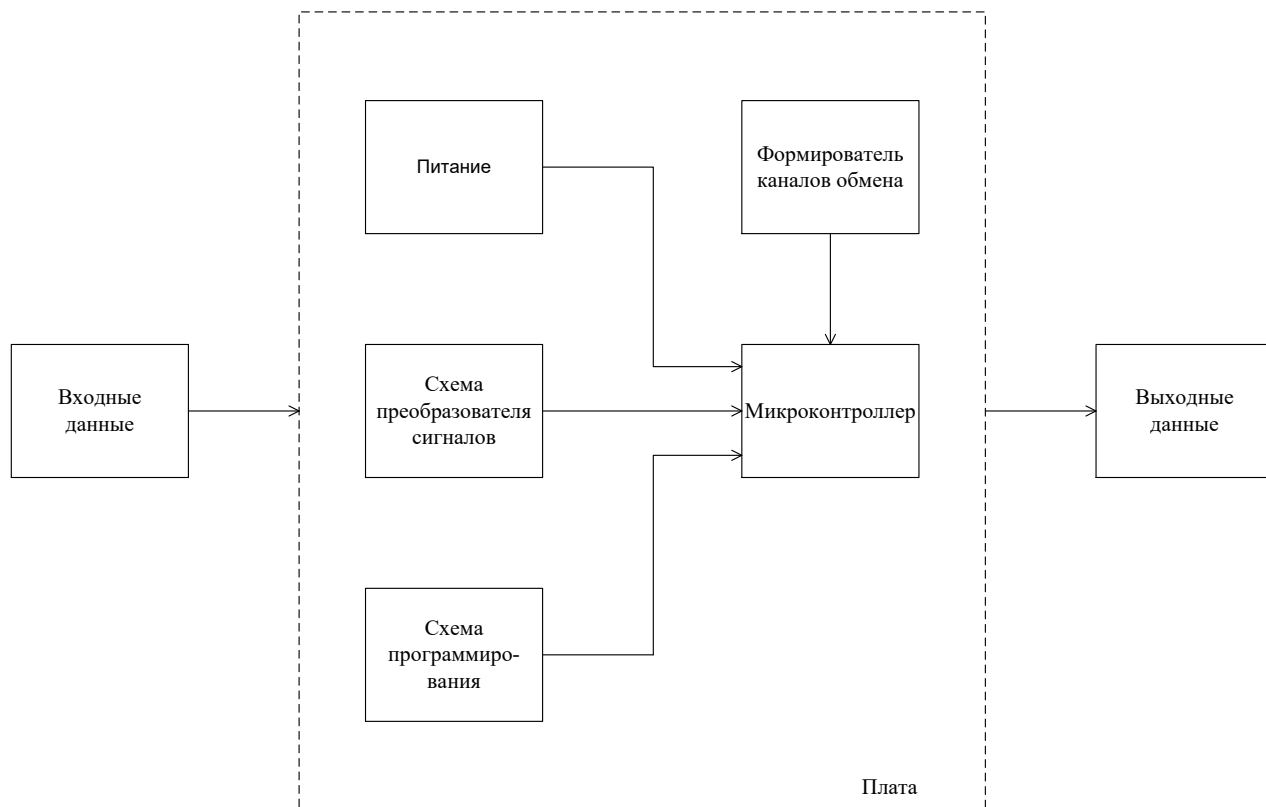


Рисунок 2 – Структурная схема

3.2 Разработка принципиальной схемы

Принципиальная схема – графическое изображение (модель), служащее для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений (пиктограмм) связей между элементами электрического устройства. Для разработки принципиальной схемы необходимо выбрать электронные компоненты, которые позволят в полной мере раскрыть потенциал системы. Основой любой микропроцессорной системой является процессор, так как от его характеристик зависят показатели системы, в том числе ее быстродействие, отказоустойчивость и долговечность.

Принцип разработки принципиальных схем состоит в том, что перед началом выполнения чертежа, необходимо разделить устройство на функциональные блоки, а именно: определить питающие элементы, цепи блокировок, конечные входные устройства и прохождение сигнала до решающего устройства, решающее устройство и обмен данными с другим оборудованием. В лучшем случае, если эти части удастся изобразить на отдельных листах. Движение сигналов схемы всегда имеет направление слева-направо. Предполагается, что входные конечные устройства расположены в левой части схемы, а выходные конечные устройства – в правой. В то же время ток питания в принципиальных схемах должен быть направлен сверху – вниз. Верхняя часть схемы соответствует большему потенциалу напряжения. Не рекомендуется перегружать схему соединительными проводами, так как главной целью остается показать путь входных информационных сигналов и их движения к решающему устройству. Второстепенные сигналы для желательно обозначать ссылками. Допускается выносить менее значимые элементы на отдельные листы.

Методика составления принципиальных схем состоит в том, что перед началом выполнения чертежа, необходимо разбить устройство на функциональные блоки, а именно: выделить питающие элементы, центральное обрабатывающее устройство, цепи блокировок, преобразование входных

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сигналов от датчиков и обмен данными с внешними устройствами по интерфейсу RS-422 и CAN по протоколу обмена.

Принципиальная схема представлена в приложении А2.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3. Выбор микроконтроллера

Важнейшей частью системы по праву можно назвать микроконтроллер. Именно его выбору будет посвящена данная часть работы.

Рынок микроконтроллеров является очень обширным и имеет в своем распоряжении большое количество отличных микроконтроллеров от различных фирм. Одной из таких является фирма Миландр. Компания АО «ПМК Миландр» организована в 1993 году в городе Зеленограде. Российский разработчик и производитель интегральных микросхем, электронных модулей, приборов и систем. Миландр — первая российская компания, получившая лицензию на использование микропроцессорного ядра ARM в микроконтроллерах собственной разработки.

Серия контроллера – 1986BE93У. Устройства серии 1986BE9х являются микроконтроллерами со встроенной Flash- памятью программ и построены на базе высокопроизводительного процессорного RISC-ядра ARM Cortex-M3 (производительность — 1,25 DMIPS/МГц (Dhrystone 2.1) при нулевой задержке между обращениями к памяти). Здесь необходимо добавить, что максимальная тактовая частота работы рассматриваемого микроконтроллера — 80 МГц, в то время как максимальная частота выборки данных (в данном случае команд) из Flash-памяти составляет 28,6 МГц (соответствует 35 нс). Для обеспечения максимального быстродействия при существующих технологических возможностях необходимо применять аппаратные решения для ускорения процесса обращения к Flash-памяти. В ряде микроконтроллеров, например, тех, что производят фирмы ЗАО «ПМК Миландр» и STMicroelectronics, для этого реализован специальный буфер «шириной» 64 бита. Но и в него выборка 32-разрядных команд осуществляется фактически с частотой $28,6 \cdot 2 = 57,2$ МГц. Таким образом, для работы при частоте выше 57,2 МГц необходимо искусственно вводить задержку между обращениями к памяти. При частоте ниже 57,2 МГц задержка между считываниями из памяти является нулевой.

В ядре Cortex-M3 реализованы следующие функции:

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- блок аппаратной защиты памяти от несанкционированного доступа;
- умножение за один цикл (табл. 1);
- аппаратная реализация деления (32 бита/32 бита).

Микроконтроллеры работают на тактовой частоте до 80 МГц и содержат 128 кбайт Flash-памяти программ и 32 кбайта ОЗУ. Контроллер внешней системной шины позволяет работать с внешними микросхемами статического ОЗУ и ПЗУ, NAND Flash памятью и другими периферийными устройствами.

Технические параметры микроконтроллера:

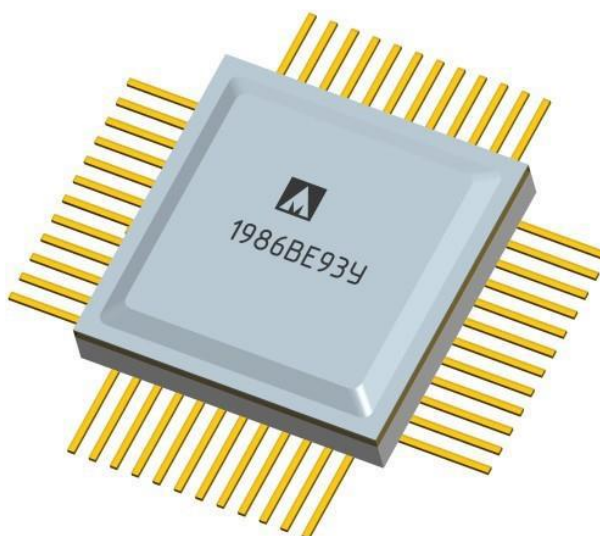


Рисунок 3 - Микроконтроллер 1986BE93У в металлическом корпусе Н16.48-1В

Ядро:

- ARM 32-битное RISC-ядро Cortex-M3 ревизии 2.0, тактовая частота до 80 МГц, производительность 1.25 DMIPS/МГц (Dhrystone 2.1) при нулевой задержке памяти.

Память:

- встроенная энергонезависимая Flash-память программ размером 128 Кбайт;
- встроенное ОЗУ размером 32 Кбайт.

Питание:

- внешнее питания 2,2 ÷ 3,6 В;

- встроенный регулируемый стабилизатор напряжения на 1,8 В для питания ядра.

Аналоговые модули:

- два 12-разрядных АЦП, 4 канала;
- температурный датчик;
- двухканальный 12-разрядный ЦАП;
- встроенный компаратор, 2 входа.

Периферия:

- контроллер USB интерфейса с функциями работы Device и Host;
- контроллеры интерфейсов: UART – 2шт., SPI – 1шт., CAN - 2шт.;
- три 16-разрядных таймер-счетчика с функциями ШИМ и регистрации событий;
- 30 пользовательских линий ввода-вывода.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

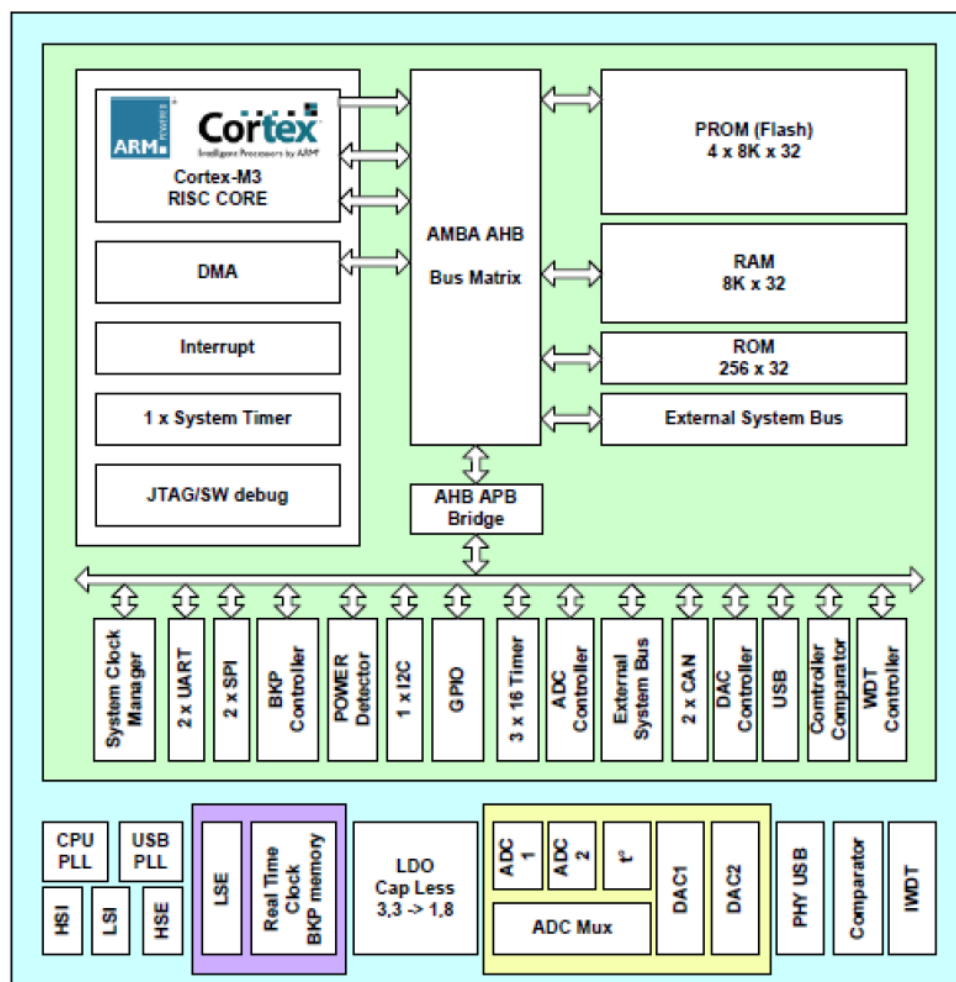


Рисунок 4 – Структурная блок-схема микроконтроллера 1986VE93У

4. Разработка алгоритма

Задачей данного этапа разработки системы является составление алгоритма работы и его формализация.

Алгоритм - совокупность последовательных шагов, схема действий, приводящих к желаемому результату. Необходимо разбить задачу на логические блоки и описывать каждый из них отдельно.

В зависимости от выбранного пользователем режима работы программы, а также от работоспособности внешних устройств, с которыми взаимодействует функциональное программное обеспечение, можно выделить 3 основных алгоритма, по которым работает навигационная система.

1. Алгоритм программы в режиме «АС»

В режиме «АС» система обеспечивает определение координат местоположения объекта и углов ориентации, используя информацию от гироскопической системы, датчика пути и преобразователя сигналов датчика пути.

Принцип действия комплекса в автономном режиме основан на разложении элементарных отрезков пути ΔS_i на две составляющие в прямоугольной системе координат:

$$\Delta X_i = \Delta S_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \cos \vartheta_i$$

$$\Delta Y_i = \Delta S_i \cdot \sin \alpha_i \cdot \cos \vartheta_i$$

и последующем алгебраическом суммировании этих составляющих с исходными (начальными) координатами $\Delta X_{исх}$ и $\Delta Y_{исх}$:

$$X_T = X_{исх} + \sum_{i=1}^n \Delta X_i$$

$$Y_T = Y_{исх} + \sum_{i=1}^n \Delta Y_i$$

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где n – число элементарных отрезков пути,

α_i – текущий дирекционный угол,

ϑ_i – угол наклона продольной оси объекта (тангаж),

X_T, Y_T – текущие координаты объекта.

Дирекционный угол объекта α_i непрерывно определяется системой как сумма исходного дирекционного угла $\alpha_{исх}$, вводимого оператором или определенным инерциальной системой, и текущих приращений дирекционного угла $\Delta\alpha_i$:

$$\alpha_i = \alpha_{исх} + \Delta\alpha_i$$

Исходный дирекционный угол $\alpha_{исх}$ объекта рассчитывается автоматически в соответствии с выражением (6):

$$\alpha_{исх} = A_{np} - \lambda + \Delta\beta$$

где A_{np} – истинный (географический азимут),

λ – сближение меридианов,

$\Delta\beta$ – поправка, учитывающая несовпадение измерительной оси «СБИНС» с продольной осью объекта.

Ввод исходных координат в навигационный комплекс производится при первоначальном ориентировании. Истинный азимут A_{np} и углы ϑ_0 и λ_0 объекта определяются автоматически после ориентирования.

Примечания:

Дирекционный угол объекта – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от 0° до 360° между северным направлением вертикальной линии координатной сетки данной точки и направлением на объект.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Истинный (географический) азимут – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от 0° до 360° между северным направлением истинного меридиана данной точки и направлением на объект.

3. Сближение меридианов – угол между истинным меридианом точки и вертикальной линией параллельной осевому меридиану. Величина угла зависит от удаления этой точки от осевого меридиана зоны и может иметь значение от 0 до $\pm 3^{\circ}$.

2. Алгоритм программы в режиме «СНС»

В режиме «СНС» определение координат объекта обеспечивает приемник СНС, который принимает сигналы от НКА и обрабатывает их. Координаты объекта рассчитываются по псевдодальностям до НКА. Псевдодальности рассчитываются по временным задержкам и известной скорости распространения радиоволн. Временные задержки измеряются в результате сопоставления принятых псевдослучайных кодов и генерируемых в приемнике копий этих кодов с учетом априори известных моментов излучений сигналов НКА. При этом могут использоваться также соответствующие измерения разностей фаз несущих частот.

Перед использованием псевдодальностей для определения координат проводится компенсация эффекта вращения Земли, тропосферных и ионосферных ошибок.

Для решения задачи определения места и коррекции временной шкалы используется система уравнений, неизвестными параметрами которой являются координаты и ошибка шкалы времени потребителя, проявляющаяся при априорном определении момента излучения сигнала НКА.

Погрешности спутникового решения обеспечиваются при наличии радиовидимости четырех (и более) НКА одной КНС или не менее пяти (3+2) НКА двух КНС при скорости движения объекта до 75 км/ч. Навигационные параметры объекта определяются относительно места установки антенного модуля.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Алгоритм программы в режиме «КС»

В режиме «КС» обеспечивается получение более высокой точности определения координат объекта, по сравнению с автономным режимом. Повышение точности достигается коррекцией координат объекта по информации СНС в зависимости от параметра качества решения навигационной задачи. При точности спутникового решения менее 30 м сравниваются рассчитанные значения координат в режиме «АС» с данными СНС. Если выполняется условие $(|X_{AC} - X_{CHC}| \text{ или } |Y_{AC} - Y_{CHC}| < 20 \text{ м})$, т.е., разница по абсолютной величине хотя бы одной из плановых координат превышает указанный порог, то происходит корректировка соответствующих значений плановых координат, рассчитанных по данным АС, на соответствующие значения, полученные от СНС. Условие корректировки высоты – $|X_{AC} - X_{CHC}| < 30 \text{ м}$.

При работе системы на стоянке при точности спутникового решения менее 30 м, комплекс начинает сбор статистических данных, в дальнейшем усредняя их. После 1 минуты накопления, усредненные значения координат и высоты устанавливаются в качестве опорных и выдаются потребителю. Дальнейший темп обновления информации 1 раз в секунду.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. Руководство пользователя

Рассматриваемая навигационная система предназначена для отображения геоинформационных данных и позволяет работать с картами и производить определенные действия с ними. Пользователь может загрузить карту или набор карт. Можно менять масштаб карты, увеличивать или уменьшать, изменять положение карты на экране, то есть производить прокрутку участка карты в окне программы в разные стороны и проводить центрирование. Также пользователь может определять координаты позиции курсора и измерять длину заданной на карте линии с помощью специальных инструментов.

5.1. Запуск системы

Функциональное программное обеспечение запускается автоматически в полноэкранном режиме после включения системы. После загрузки система перейдет в главное меню и будет готова к работе.

5.2. Главное меню системы

Главное меню представленное на рисунке 5 – основное рабочее окно программы, открывается автоматически при первом запуске системы. Слева и справа располагаются кнопки управления, сверху и снизу – интерактивные табло.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

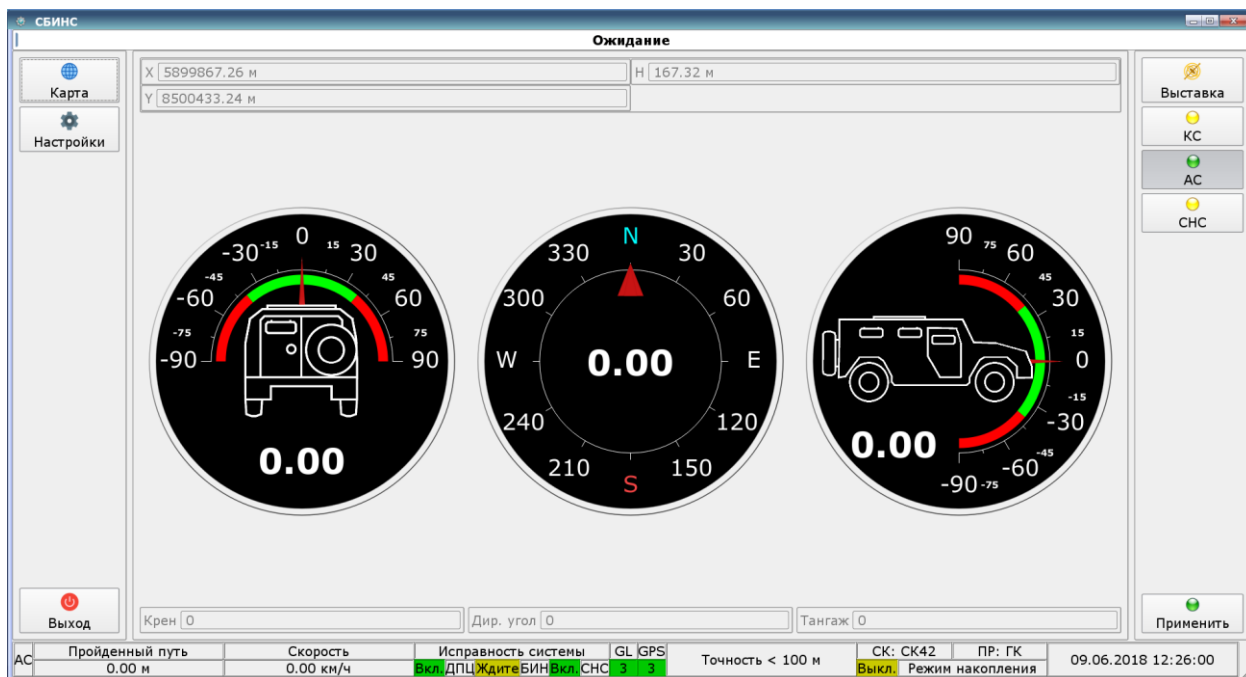


Рисунок 5 – Главное меню

В центре окна расположены круговые табло, информирующие пользователя о текущих значениях географического курса (дирекционного угла) и углов наклона изделия относительно продольной и поперечной осей.

Табло дублируют данные со строки вывода угловых параметров, в которой отображаются более точные значения показателей, в зависимости от выбранного формата углов. Информация об угловых параметрах зависит от выбранного режима работы комплекса и описана в соответствующем разделе руководства пользователя.

В левой части главного меню расположены кнопка перехода в режим «Карта», кнопки «Настройки» и «Выход». В правой части окна находятся кнопки выбора режима работы комплекса и запуска гироскопирования, а также подтверждающая кнопка выбора режима работы «Применить».

В верхнем информационном табло отображаются координаты и высота объекта. В нижнем показан текущий режим работы комплекса, выводятся данные о параметрах движения объекта – пройденный путь и текущая скорость; справочная информация об исправности системы, количестве НКА КНС ГЛОНАСС и GPS, точности спутникового решения, используемой системе координат и проекции, режиме накопления; текущая дата и время. Для контроля исправности системы используются следующие цветовые индикаторы:

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- зеленый – система исправна (включена);
- красный – нет связи с блоком;
- желтый – система исправна, но находится в режиме ожидания.

5.3. Выбор режима работы

Система работает в следующих режимах:

- «КС» – комплексированная система;
- «АС» – автономная система;
- «СНС» – спутниковая навигационная система.

5.3.1. Режим «АС»

В режиме «АС» система обеспечивает определение координат местоположения объекта и углов ориентации, используя информацию от инерциальной системы, датчика пути и преобразователя сигналов датчика пути.

Примечания:

1. Дирекционный угол объекта – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от 0° до 360° между северным направлением вертикальной линии координатной сетки данной точки и направлением на объект.

2. Истинный (географический) азимут – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от 0° до 360° между северным направлением истинного меридиана данной точки и направлением на объект.

3. Сближение меридианов – угол между истинным меридианом точки и вертикальной линией параллельной осевому меридиану. Величина угла зависит от удаления этой точки от осевого меридиана зоны и может иметь значение от 0 до $\pm 3^\circ$.

5.3.2. Режим «СНС»

В режиме «СНС» определение координат объекта обеспечивает приемник СНС, который принимает сигналы от НКА и обрабатывает их. Координаты объекта рассчитываются по псевдодальностям до НКА. Псевдодальности рассчитываются по временным задержкам и известной скорости

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

распространения радиоволн. Погрешности спутникового решения обеспечиваются при наличии радиовидимости четырех (и более) НКА одной КНС или не менее пяти (3+2) НКА двух КНС.

После перехода в режим «СНС» станут доступны дополнительные функции:

- запись координат в АС;
- выбор системы спутников;
- запрет GPS;
- определение дирекционного угла.

Внешний вид окна режима «СНС» приведен на рисунке 6.

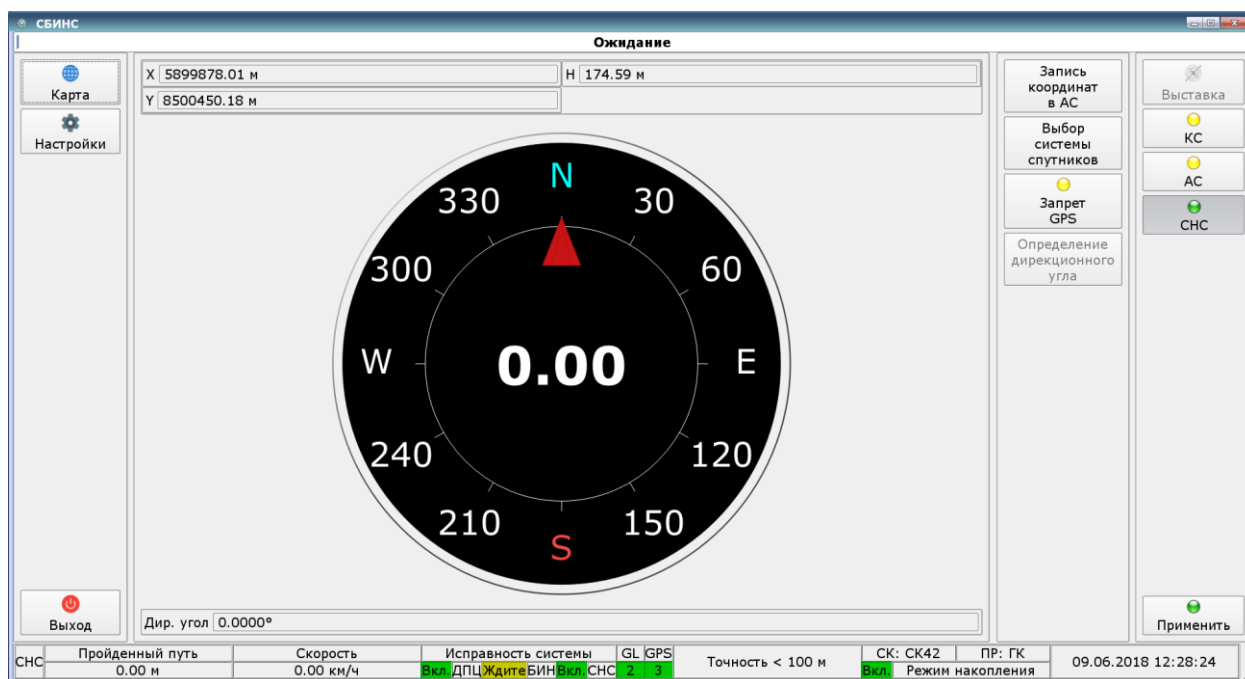


Рисунок 6 – Вид окна режима «СНС»

Кнопка «Запись координат в АС» позволяет вводить координаты и высоты, получаемые от СНС, в автономную систему для корректировки текущих данных или в качестве исходных значений при ориентировании объекта.

В навигационном комплексе предусмотрена возможность выбора спутниковой радионавигационной системы и точности навигационного решения КНС ГЛОНАСС (потребительская или высокая) кнопкой «Выбор системы спутников». Доступны следующие варианты работы:

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

- система ГЛОНАСС (ПТ);
- система ГЛОНАСС (ВТ);
- система ГЛОНАСС (ПТ) и GPS;
- система ГЛОНАСС (ВТ) и GPS;
- GPS.

Внешний вид окна выбора точности и типа КНС приведен на рисунке 7. Количество спутников ГЛОНАСС и GPS, а также точность показаний аппаратуры спутниковой навигации отображаются в нижнем информационном табло.

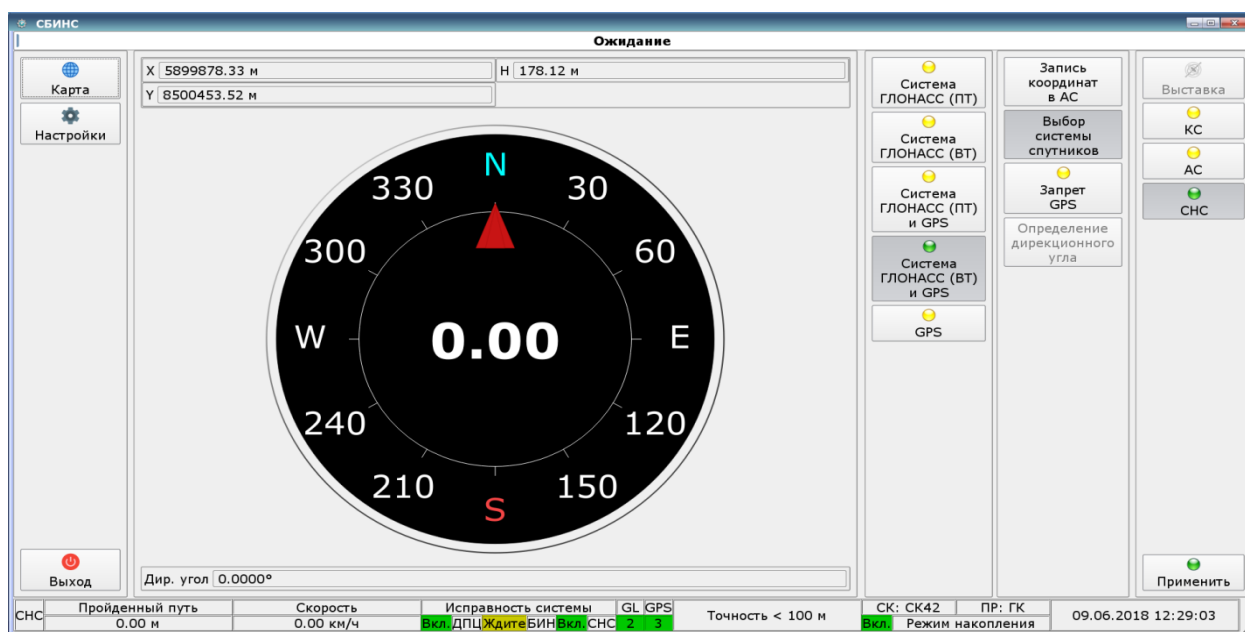


Рисунок 7 – Окно выбора точности и типа КНС

Кнопка «Запрет GPS» представленная на рисунке 8 прекращает работу с КНС GPS, поскольку сигналы от GPS спутников большую часть времени имеют искусственно заниженную точность при определении координат и скорости объектов.

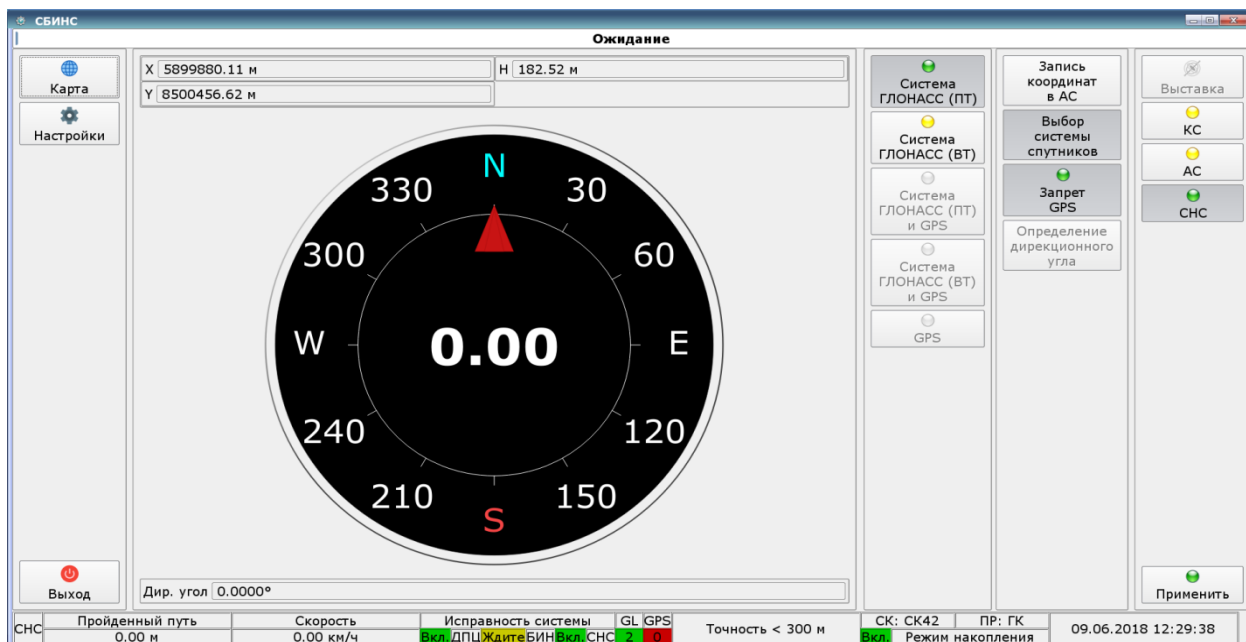


Рисунок 8 - Окно выбора точности и типа КНС

Кнопка «Определение дирекционного угла» запускает расчет дирекционного угла по координатам СНС. Функция доступна при отказе блока БИН. Корректная работа режима обеспечивается при движении объекта со скоростью более 10 км/ч. На стоянке данная функция недоступна.

5.3.3. Режим «КС»

В режиме «КС» обеспечивается получение более высокой точности определения координат объекта, по сравнению с автономным режимом. Повышение точности достигается коррекцией координат объекта по информации СНС в зависимости от параметра качества решения навигационной задачи. При точности спутникового решения менее 30 м сравниваются рассчитанные значения координат в режиме АС с данными СНС.

Комплекс снабжен режимом накопления информации. При работе системы на стоянке при точности спутникового решения менее 30 м комплекс начинает сбор статистических данных, в дальнейшем усредняя их. После 1 минуты накопления, усредненные значения координат и высоты устанавливаются в качестве опорных и выдаются на устройство индикации. Дальнейший темп обновления информации 1 раз в секунду. Активность режима отображается в нижнем информационном табло. Внешний вид окна режима приведен на рисунке 9.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

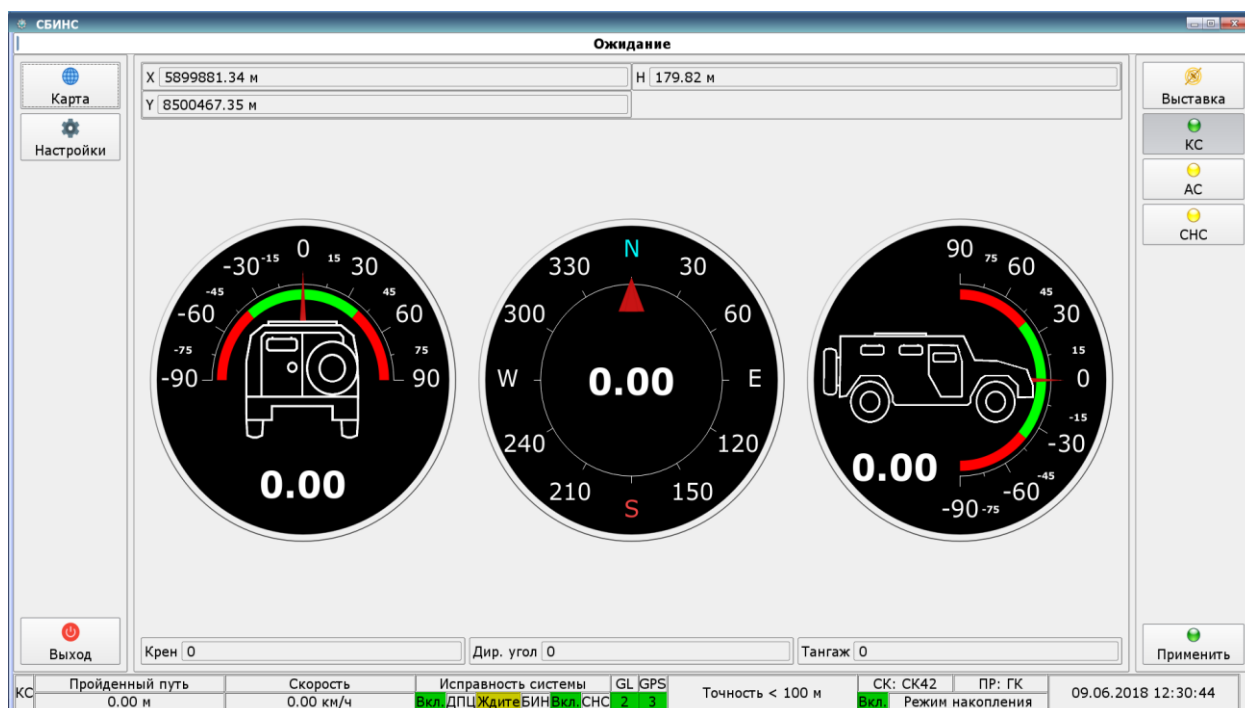


Рисунок 9 – Внешний вид окна режима «КС»

Для выбора режима работы системы нужно нажать в правой части экрана главного меню кнопку нужного режима, затем кнопку «Применить». Маркер кнопки режима окрасится в зеленый цвет, подтверждая успешный переход в данный режим.

5.4. Ввод начальных данных для проведения ориентирования

Ориентирование проводится в режимах «АС» и «КС». Для запуска гироскопирования нужно выбрать пункт «Выставка» представленный на рисунке 10 и выбрать способ ввода начальных координат объекта:

- вручную – ручной ввод координат с помощью цифровой клавиатуры;
- СНС – по координатам СНС;
- сохраненные – автоматически сохраненные при выключении системы данные «АС» или «КС» из режима «Навигация», либо данные СНС из режима «Ожидание» (последние достоверные данные).
- список КТ – выбор контрольной точки, соответствующей местоположению объекта (координаты контрольных точек вводятся заранее).

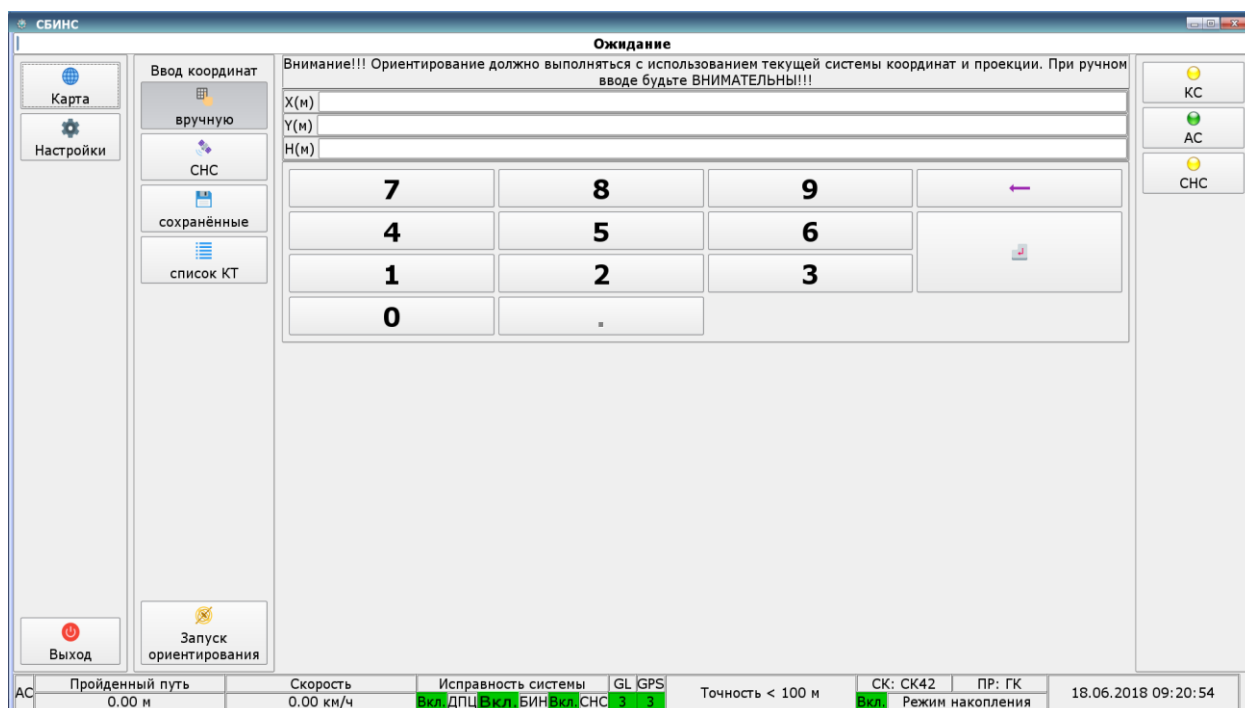


Рисунок 10 – Ввод координат для запуска гироскопирования

После ввода начальных координат объекта для выполнения гироскопирования нажав кнопку «Запуск ориентирования», в верхнем информационном табло отобразится время до окончания выставки и шкала прогресса, информирующая пользователя о ходе гироскопирования.

При успешном завершении выставки в верхней части экрана отобразится индикатор «Навигация». Для вывода на экран значений навигационных данных нужно нажать кнопку режима «АС» или «КС», показанных на рисунке 11.

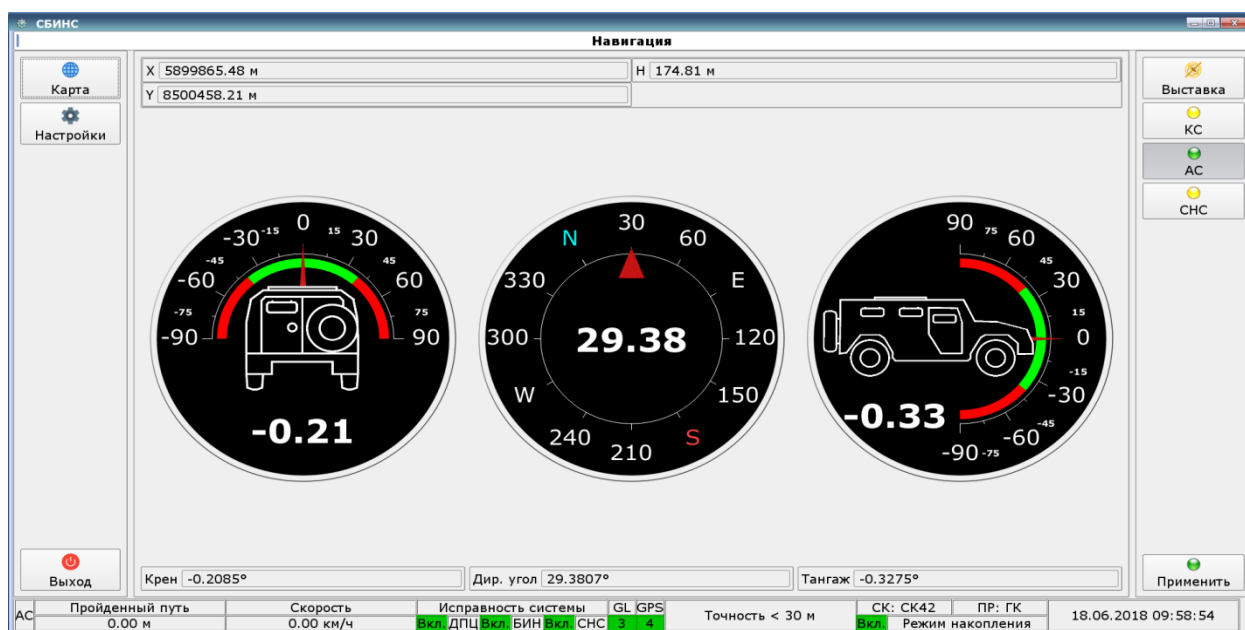


Рисунок 11 – Вывод навигационных значений

5.5. Меню «Карта»

Режим предназначен для визуального отображения текущей позиции объекта на местности с учетом параметров маршрута на основании получаемых навигационных данных. Меню позволяет проводить различные операции на электронной карте. Работа с картой в индикаторном режиме является наиболее важным моментом при совершении марша, так как позволяет контролировать действительное местоположение объекта.

Для просмотра местоположения объекта на электронной карте местности нажав на кнопку «Карта», объект автоматически центрируется и отобразится в центре экрана как показано на рисунке 12.

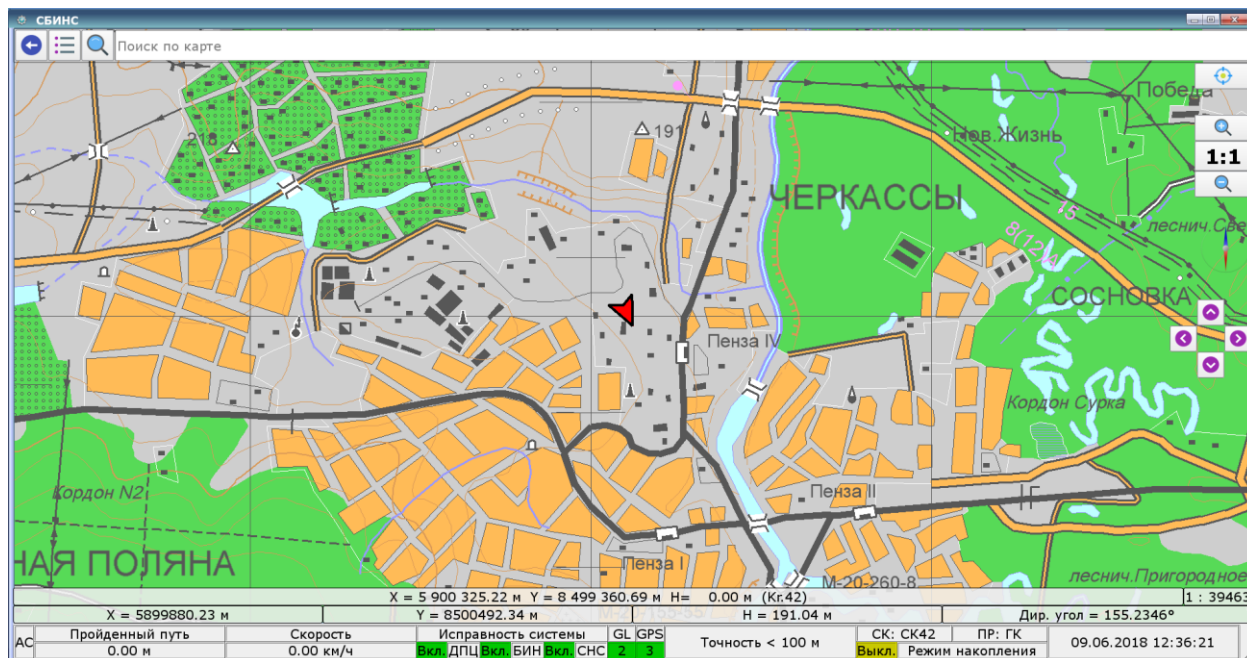


Рисунок 12 – Отображение местоположения объекта на электронной карте местности

Для отображения вкладок меню нужно нажать на кнопку , как показано на рисунке 13.

Меню состоит из следующих разделов:

- Карта;
- Матрица высот;
- Расчеты;
- Маршрут;
- Контрольные точки;

- Настройки.

Дополнительно в меню включен режим поиска объектов.

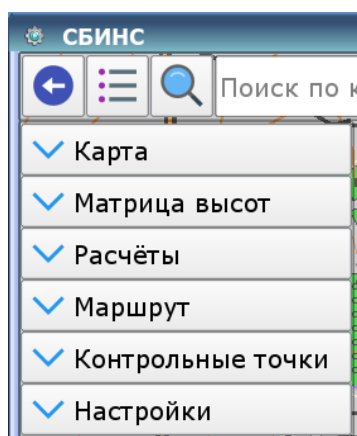


Рисунок 13 – Отображение вкладок меню

5.6. Меню «Матрица высот»

Режим формирования матрицы высот используется для формирования данных о высотах в заданном пользователем районе электронной карты. Режим включается нажатием кнопки в главном окне программы.

Для построения матрицы высот для всей электронной карты местности нужно нажать на кнопку . Появится информационное сообщение «Пожалуйста, подождите. Идет построение матрицы высот» и шкала прогресса, заполняющаяся по мере построения растровой модели местности. После заполнения шкалы матрица высот отобразится на экране. Показано на рисунке 14.

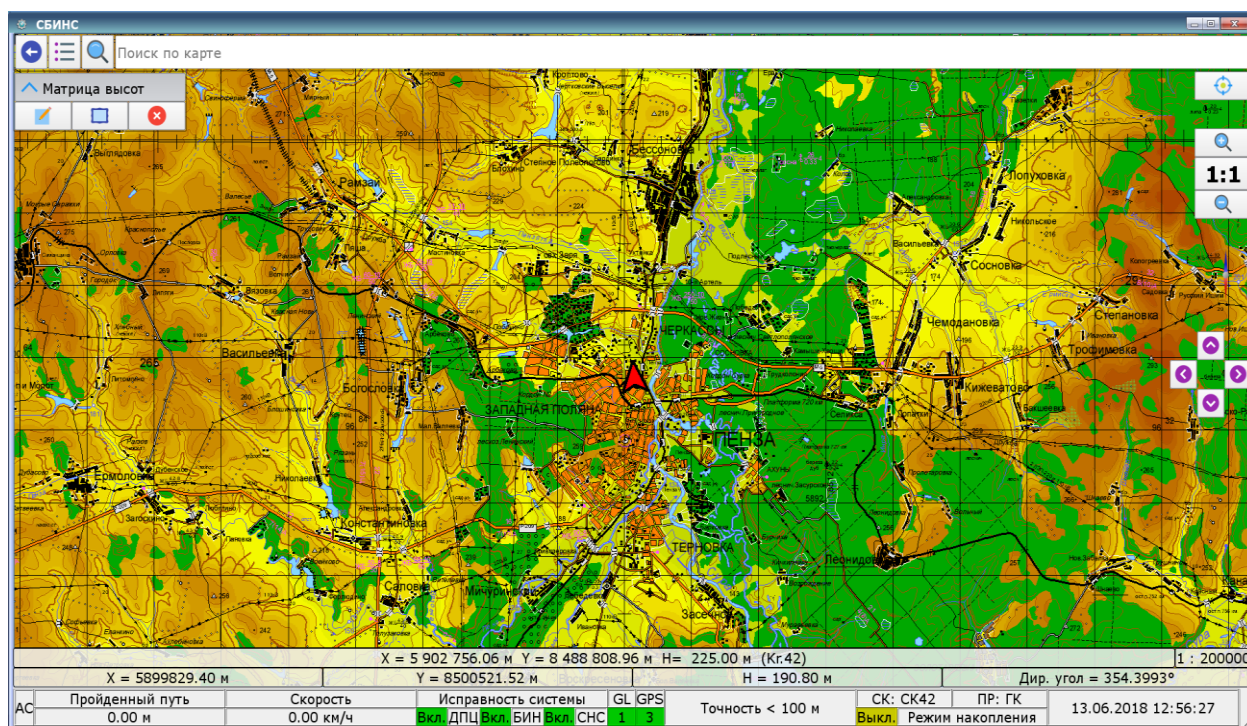


Рисунок 14 – Отображение шкалы матрицы высот

В зависимости от поставленных задач и в целях сокращения временных затрат пользователь может выбрать режим построения матрицы для произвольного прямоугольного участка электронной карты. Нужно активировать кнопку , нажать на экран и растягивать область до нужной величины. Сразу после этого для выбранного участка автоматически рассчитывается матрица высот.

Данные массива высот отображаются в виде цветной области, где цвет соответствует определенной высоте. Значения высот приведены по возрастанию в соответствии градиенту цветов от зеленого к красному, как показано на рисунке 15. При наведении указателя в область с отображаемой матрицей высот, в нижнем интерактивном табло вместе с координатами отобразится высота в данной точке.

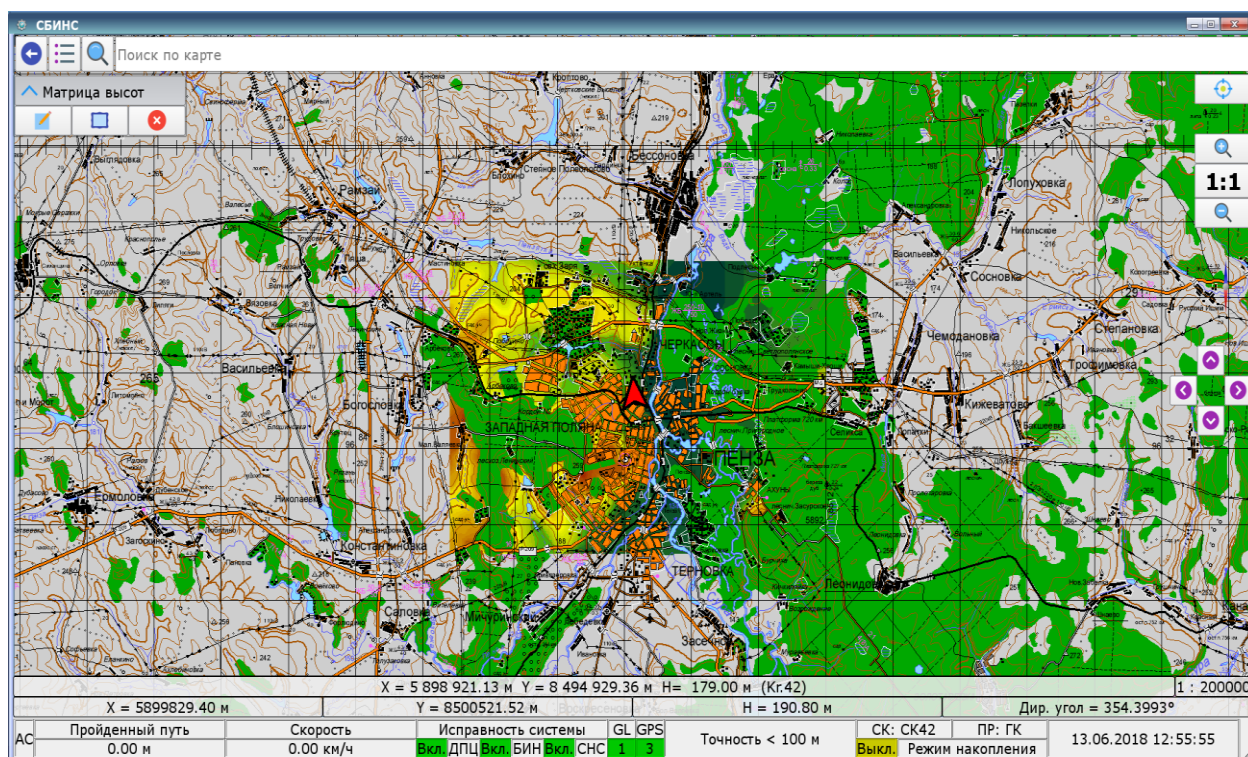


Рисунок 15 – Отображение шкалы матрицы высот

Для построения матрицы высот для другой области необходимо нажать на экран в центре нового участка и растягивать область до нужной величины.

Для удаления матрицы высот нужно активировать кнопку , при этом зона с массивом значений высот, имеющим географическую привязку, перестанет отображаться.

5.7. Меню «Расчеты»

Меню состоит из режимов расчета углов и зоны видимости.

1) Режим «Расчет углов»

Режим используется для определения угла между двумя объектам. Для включения режима необходимо нажать на кнопку . Затем построить последовательность из трех точек, угол между которыми требуется измерить. При необходимости скорректировать положение выбранных точек на карте. При этом отобразится информация о расчетных параметрах, включающих в себя расстояние до точек и угол между ними, а также их азимут или дирекционный угол в зависимости от используемой проекции, как показано на рисунке 16.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

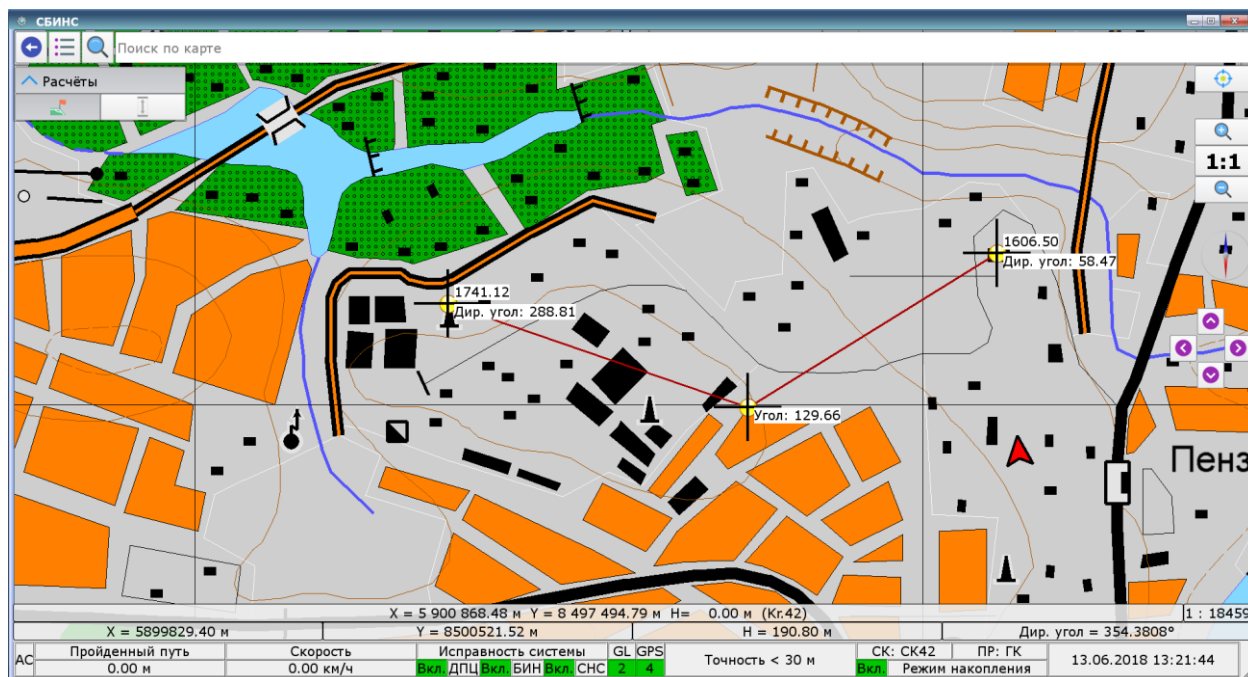


Рисунок 16 – Режим «Расчёт углов»

Выход из режима осуществляется повторным нажатием кнопки , после чего построенная последовательность удаляется.

2) Режим «Расчет зоны видимости»

Режим служит для информирования оператора о видимости в заданном круговом секторе обзора. Для использования функции необходимо, чтобы для выбранного участка была сформирована "Матрица высот".

Для использования режима нужно активировать кнопку . После перехода в режим выбрать точку, для которой будет строиться зона видимости, и радиус сектора обзора. Выбор осуществляется последовательным выбором двух точек на экране с помощью указателя. Пользователь может изменять положение данных точек, перетаскивая их указателем. На рисунке 17 приведен пример расчета зоны видимости. Оттенками красного цвета выделены зоны, прямая видимость которых обеспечивается из заданной точки, доступна информация о расстоянии до выбранного пункта. Отключение отображения зоны видимости осуществляется повторным нажатием кнопки .

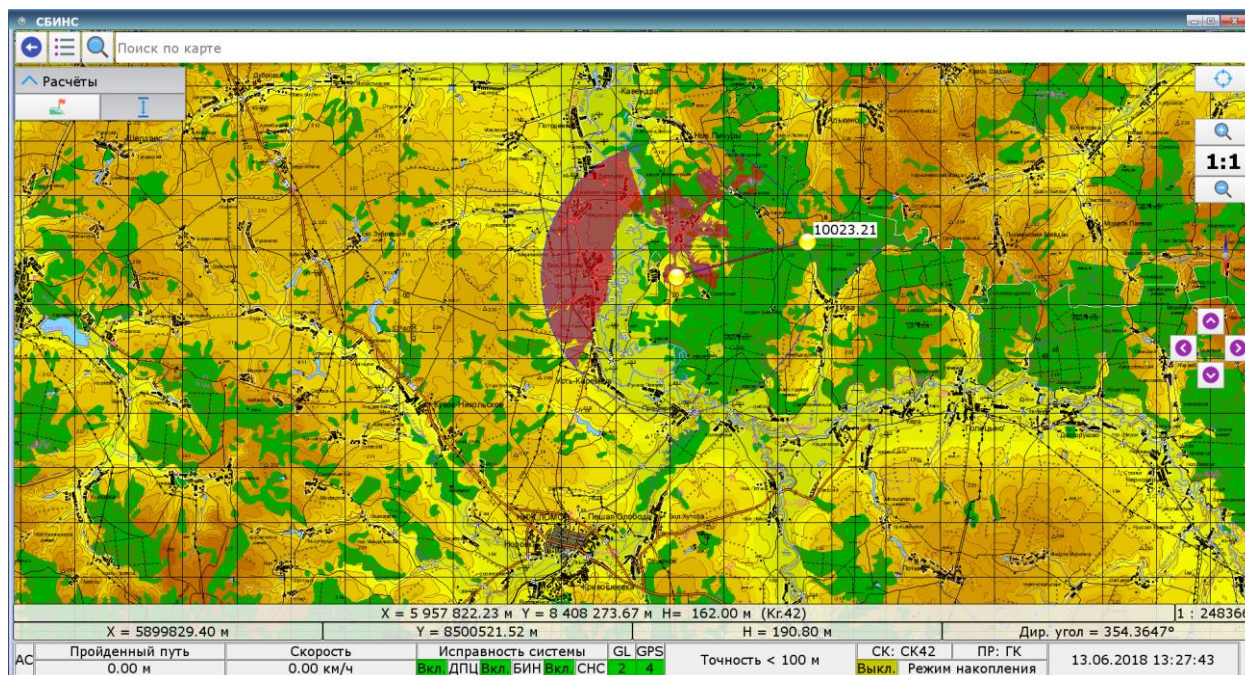


Рисунок 17 – Режим «Расчет зоны видимости»

5.8. Меню «Маршрут»

Меню предназначено для выполнения различных операций с маршрутом движения объекта. Маршрут представляет собой последовательность поворотных пунктов, соединенных линиями.

Необходимо нажать на кнопку , чтобы создать маршрут. Затем задать последовательность точек. Название маршрута формируется автоматически при создании первого поворотного пункта. На экране маршрут отображается в виде желтых маркеров, соединенных красной линией. При создании поворотного пункта в произвольном месте карты точка добавляется в последовательность сразу после последнего добавленного пункта, при этом пользователю доступна информация о расстоянии от поворотного пункта до начальной точки и общая протяженность маршрута. Пользователь может передвигать выбранные точки на карте.

При создании маршрута автоматически активируется режим построения пути до опорной точки. В нижней части меню отобразится информация о расстоянии до первого поворотного пункта, угле доворота на эту точку и видимости пункта. При отрицательном значении угла отклонения от

направления на поворотный пункт необходимо доворачивать объект против часовой стрелки. Чтобы закончить создание трассы необходимо нажать на кнопку . Внешний вид окна меню построения маршрута приведен на рисунке 18.

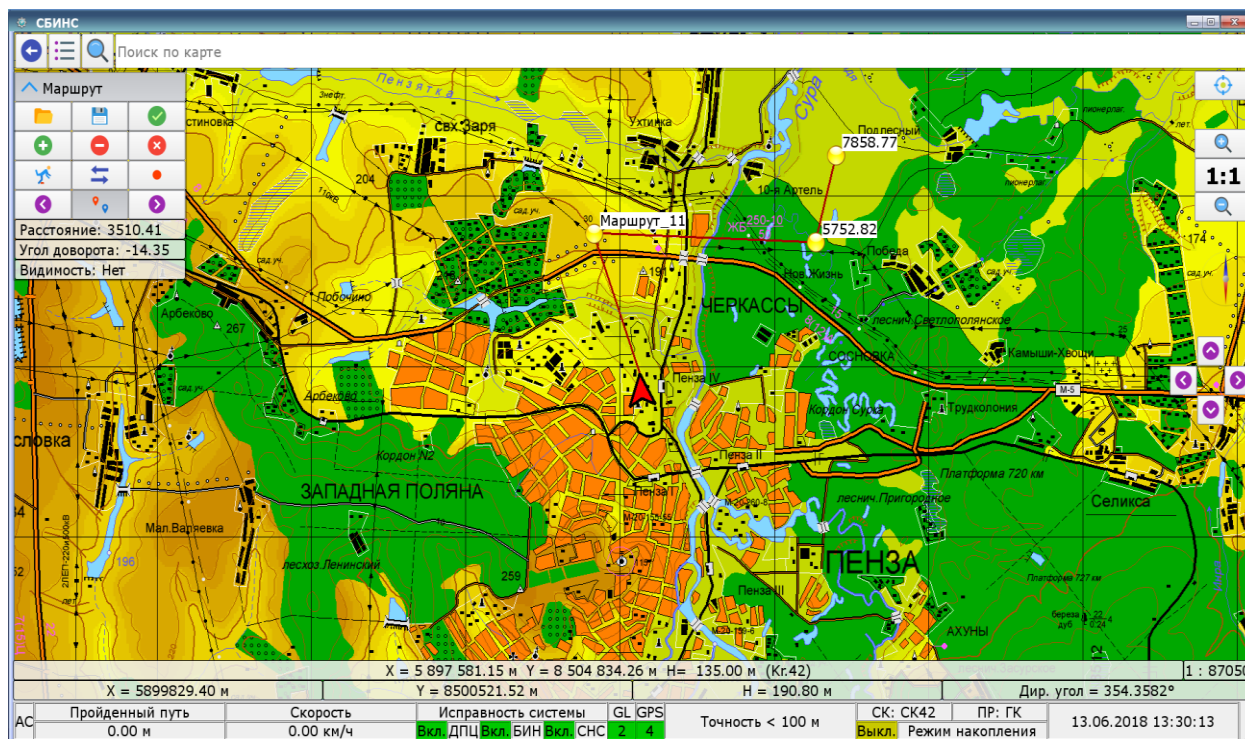


Рисунок 18 – Окно меню построения маршрута

Чтобы связать текущее местоположение объекта с определенной опорной точкой маршрута можно использовать кнопки , . Для отключения режима активировать кнопку .

В процессе создания и редактирования маршрута можно сохранить результат. Для сохранения маршрута нужно нажать кнопку .

Для сброса трассы нужно использовать кнопку , после чего все поворотные пункты текущего маршрута будут удалены.

Кнопка  открывает дополнительное меню со списком сохраненных трасс, позволяющее редактировать опорные точки маршрута и осуществлять загрузку трассы. Показано на рисунке 19.

удаления поворотного пункта трассы нужно нажать кнопку «Удалить» в окне «Точки маршрута».

Нажав кнопку «Ручной ввод», создается новая опорная точка маршрута. При этом она добавляется в конец последовательности. Используя цифровую клавиатуру, осуществляется ввод координат и высот точки. Для создания поворотного пункта с электронной карты, нужно нажать кнопку «Ввод с карты». Для точной настройки можно использовать кнопки перемещения , , ,  и кнопки масштабирования  и . После выбора опорной точки нужно нажать подтверждающую кнопку , как показано на рисунке 21. При создании поворотного пункта в произвольном месте карты точка добавляется в последовательность сразу после последнего добавленного пункта.

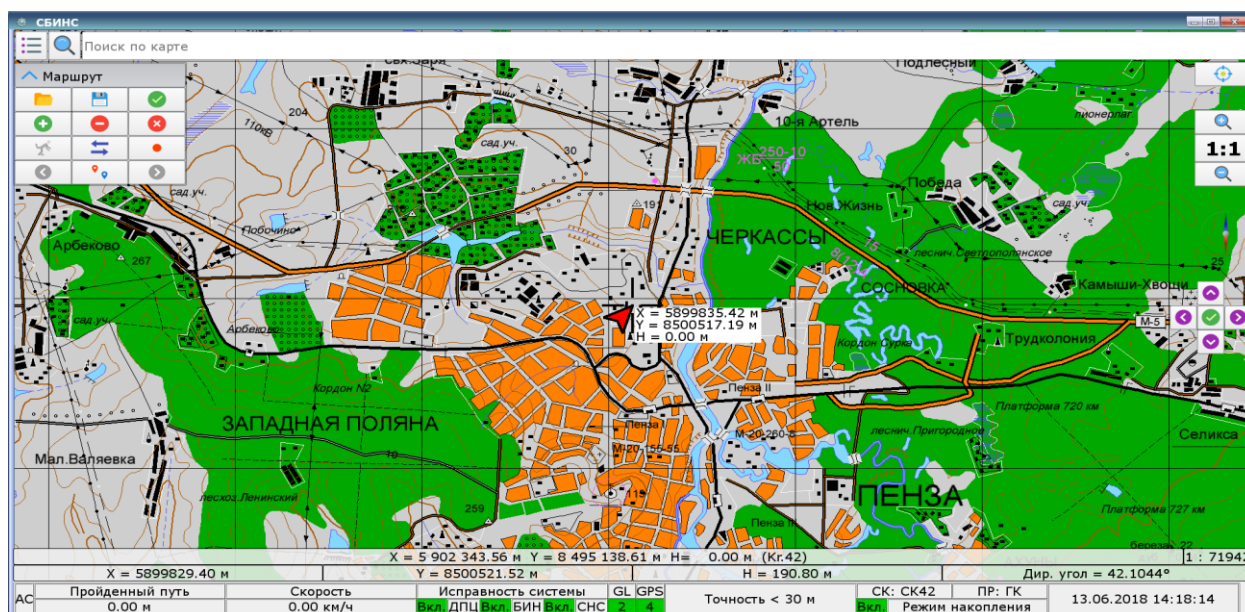


Рисунок 21 – Окно редактирование координат и высоты поворотных пунктов маршрута

Для добавления опорной точки из списка КТ нужно нажать на кнопку «Ввод из списка КТ». С помощью навигационных клавиш «Вверх» и «Вниз» выбрать точку и нажать на кнопку «Выбрать».

Нажав на кнопку «Добавить» окна «Маршрут», создается новая трасса. При необходимости можно изменить название маршрута с помощью экранной клавиатуры. Создать точки маршрута можно используя кнопки «Ручной ввод» и «Ввод с карты».

Для перехода по списку трасс нужно воспользоваться кнопкой «Вверх» и «Вниз».

При нажатии на кнопку «Удалить» можно удалить маршрут.

Использовать кнопку «Выбрать» для загрузки сохраненной трассы. Выбранный маршрут отобразится на экране.

Для выхода из меню сохраненных трасс необходимо нажать на кнопку «Назад».

Для инвертирования маршрута можно воспользоваться кнопкой . В результате произойдет изменение последовательности нумерации поворотных точек и за начальный пункт маршрута будет принята последняя точка трассы. Повторное применение режима приведет к восстановлению исходного направления движения маршрута.

Для записи траектории движения объекта необходимо нажать на кнопку . Начинается заезд. При этом траектория перемещения объекта отобразится на экране в виде красной линии, и пользователю будет доступна информация о пройденном расстоянии, как показано на рисунке 22. Для завершения записи повторно нажимается на кнопку . Маршрут автоматически сохранится. В дальнейшем записанная трасса может использоваться в качестве маршрута следования.

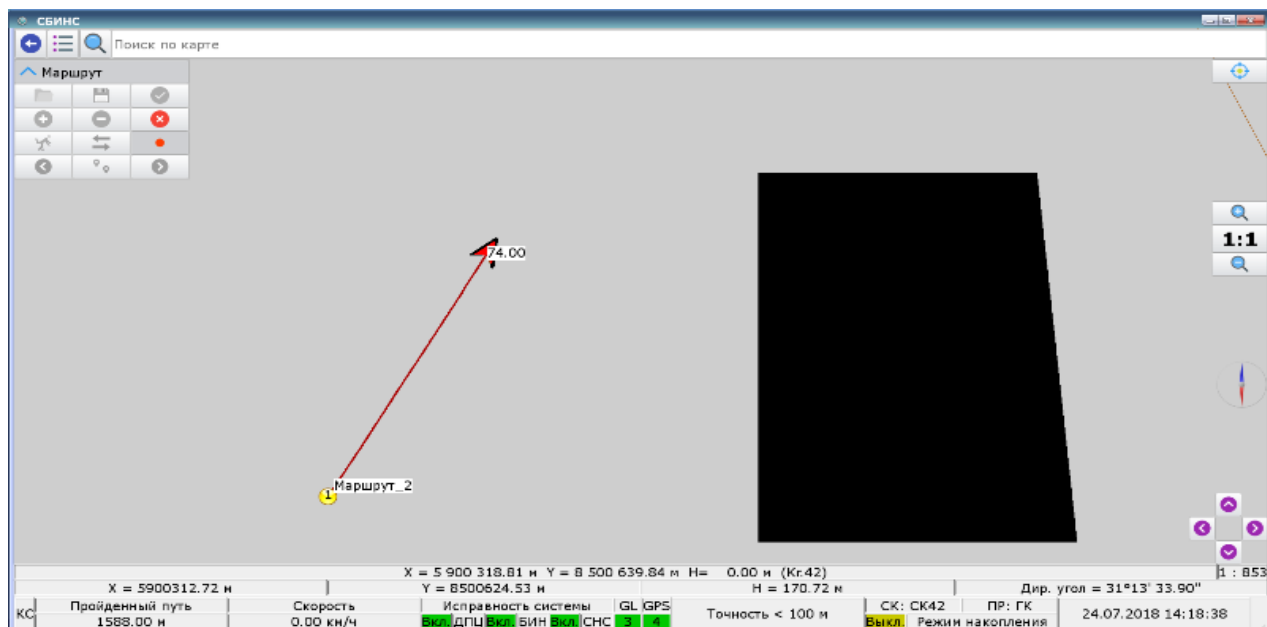


Рисунок 22 – Информация о пройденном расстоянии

5.9. Меню «Настройки»

Меню состоит из следующих разделов:

- Система координат;
- Юстировка;
- Пересчет координат;
- Внешний вид;
- Помощь.

5.9.1. Меню «Система координат»

Меню позволяет выбрать систему координат и вид проекции, в которых будут выдаваться данные о координатах и высоте потребителя, а также формат отображения угловых параметров объекта. Показано на рисунке 23.

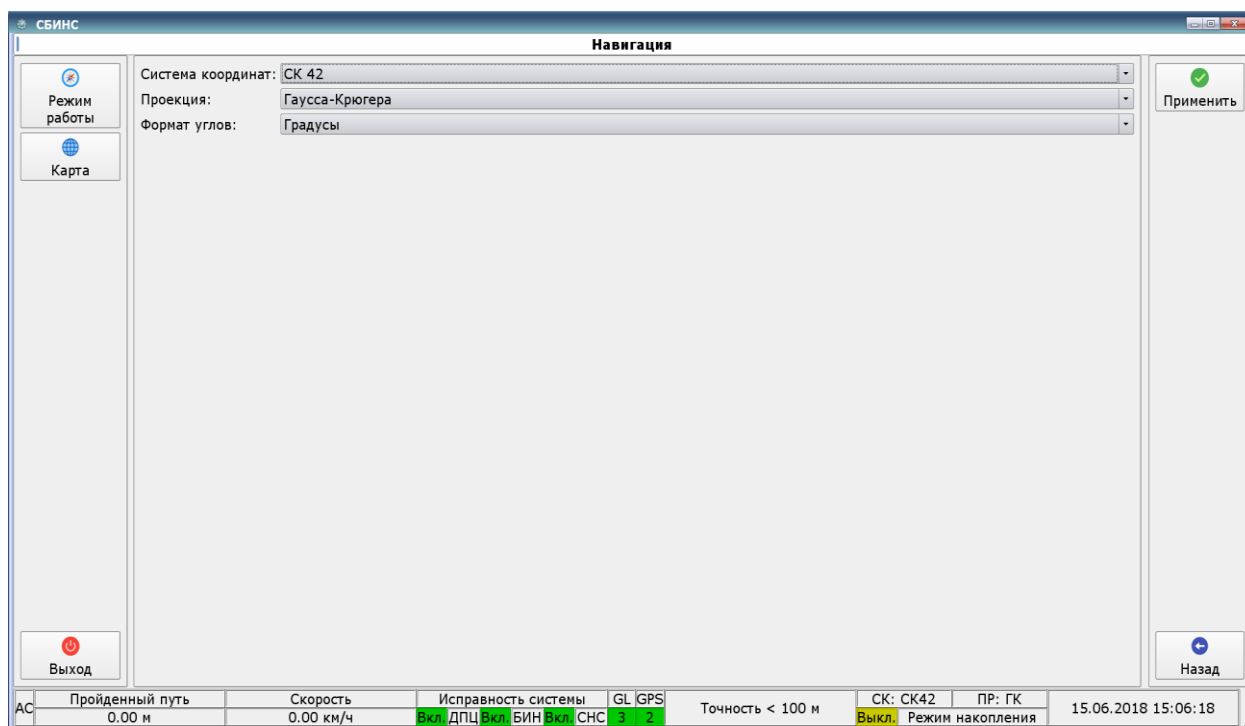


Рисунок 23 – Меню «Система координат»

Доступные системы координат:

- ПЗ-90;
- СК-42;
- WGS-84.

Допустимые значения для параметра «Проекция»:

- Географическая;
- Гаусса-Крюгера.

Формат отображения угловой информации:

- Градусы;
- Градусы/минуты/секунды;
- Деление угломера.

После установки требуемых параметров нужно нажать подтверждающую кнопку «Применить». Для возврата в меню «Настройки» активировать кнопку «Назад». Для перехода в текущий режим использовать кнопку «Режим работы».

Примечание. Для получения плоских прямоугольных координат в принятой на территории РФ проекции Гаусса-Крюгера используются геодезические координаты на эллипсоиде Красовского. За отсчетную поверхность в системах координат ПЗ-90 и WGS-84 принят общеземной

эллипсоид, поэтому проекция Гаусса-Крюгера применяется только в системе координат СК-42, координатная основа которой представлена референцной системой координат, в которой за отсчетную поверхность принят эллипсоид Красовского.

Формат отображения угловой информации «Градусы/минуты/секунды» применяется только к строке вывода угловых параметров. Данные на круговых табло основного меню остаются в формате «Градусы».

Формат «Деление угломера» преобразует значения дирекционного угла или курса. Остальные угловые параметры основного меню остаются в формате «Градусы».

5.9.2. Меню «Юстировка»

После установки системы на объект требуется выполнение работ по калибровке системы. Юстировка комплекса необходима для совмещения системы координат инерциального блока чувствительных элементов с системой координат объекта и компенсации путевых ошибок одометрического датчика. Калибровка осуществляется путем расчета и ввода поправок, обеспечивающих корректность выдаваемых данных.

Для проведения юстировки необходим мерный участок прямой с твердым покрытием дороги длиной не менее 1000 м, обеспечивающий разворот объекта, с известными данными начальной и конечной точек. Координаты контрольных пунктов должны быть определены в системе координат СК-42 проекции Гаусса-Крюгера с погрешностью не более 1м. Перепад высот на мерном участке в продольном направлении не должен превышать 20 м. Скорость движения объекта при совершении калибровочных и контрольных маршей 20-30 км/ч.

Комплекс позволяет проводить юстировку системы в трех режимах:

- Калибровка системы;
- Калибровка системы СНС;
- Калибровка одометра.

Внешний вид окна меню приведен на рисунке 24.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

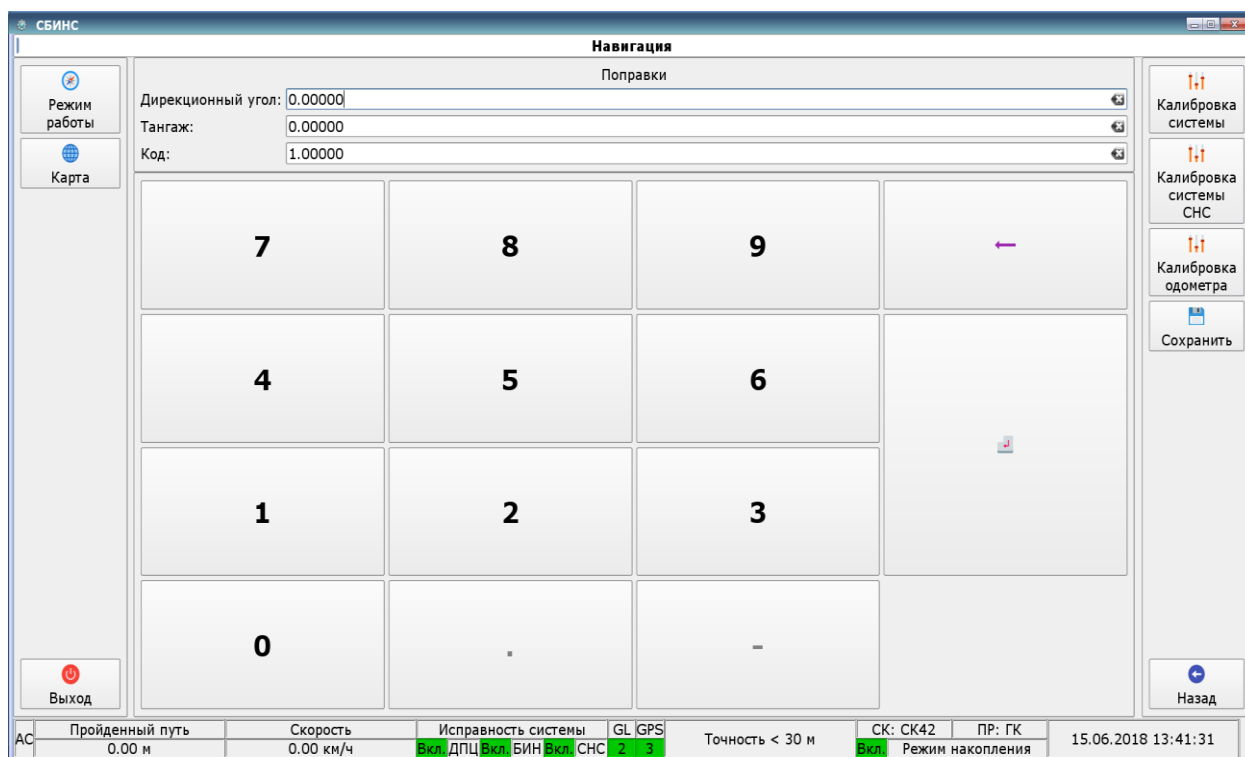


Рисунок 24 – Вид окна меню «Юстировка»

Для ввода поправок можно установить с помощью цифровой клавиатуры значения корректирующих коэффициентов дирекционного угла, тангажа и Код. Затем нажать на кнопку «Сохранить».

На экране появится окно с надписью «Данное действие может привести к изменениям в работе программы. Вы уверены, что хотите продолжить?». Необходимо выбрать пункт «Сохранить». Поправки сохранятся в память системы. Все последующие математические операции, связанные с расчетом пройденного пути, координат и высоты объекта в режимах «АС» и «КС», будут вестись с учетом заданных поправок.

Меню «Калибровка системы».

Меню позволяет провести одновременный расчет поправок дирекционного угла, тангажа и коэффициента одометра. Юстировка производится за счет математических вычислений, производимых на основе данных, получаемых от инерциальной системы и датчика пути.

Методика юстировки.

Калибровка проходит в режиме «АС». Установите изделие на КТ1. Для запуска юстировки зайдите в меню «Настройки» главного окна ФПО. Перейдите на вкладку «Юстировка» и нажмите кнопку «Калибровка системы».

Внешний вид окна меню приведен на рисунке 25.

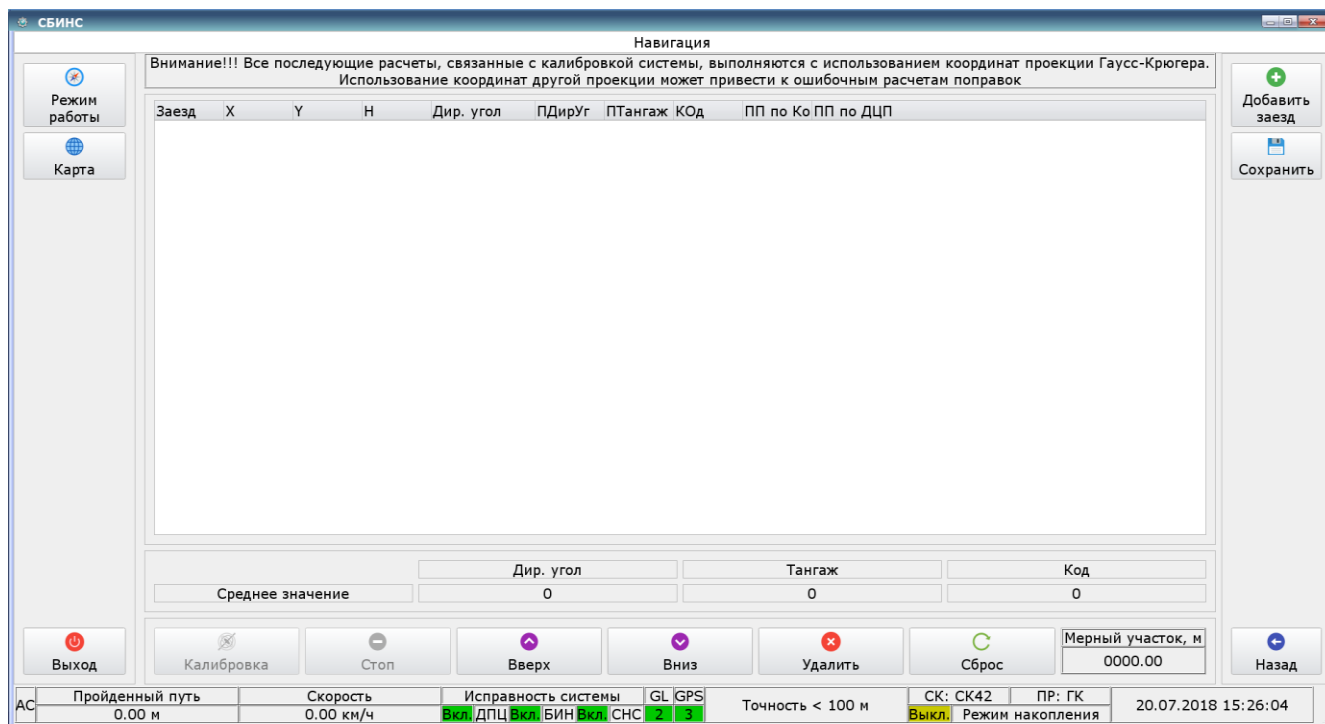


Рисунок 25 – Меню «Калибровка системы»

Задать данные можно с помощью цифровой клавиатуры или через меню «Список КТ». При выборе пункта «Список КТ» откроется дополнительное меню, позволяющее выбрать КТ из списка имеющихся точек (при условии, что точки были заданы ранее), нужно задать КТ с электронной карты местности или с помощью клавиатуры, как показано на рисунке 26.

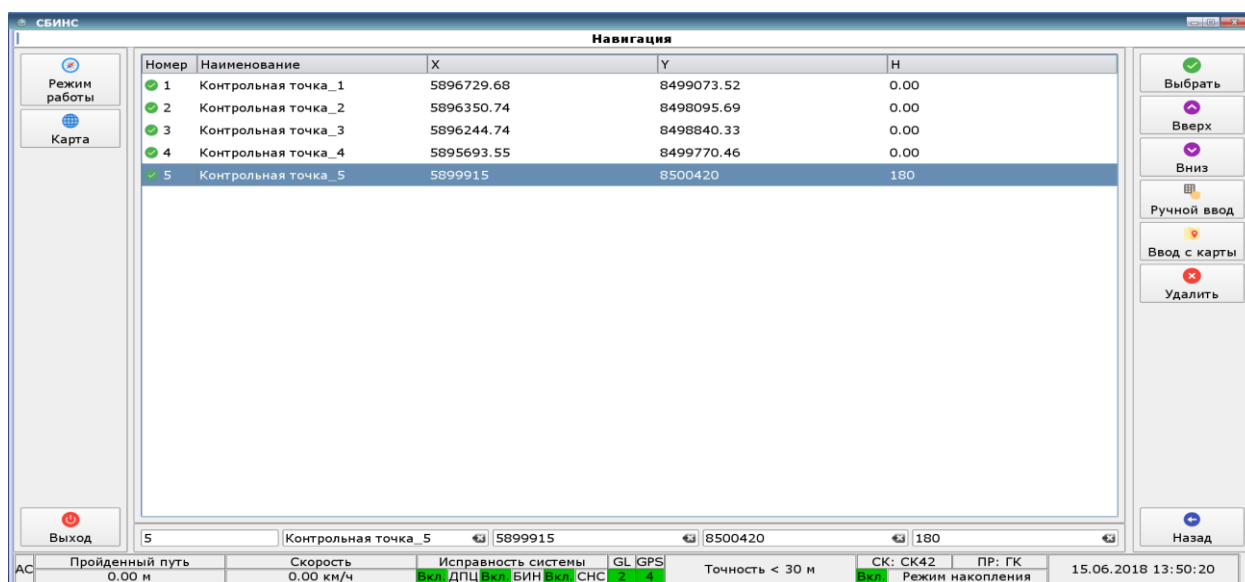


Рисунок 26 – Отображение меню «Список КТ»

Для выбора КТ1 нужно нажать на кнопку «Выбрать». Выбранная точка отобразится на экране. Затем использовать кнопку «Контрольная точка 2» (при

этом она окрасится в желтый цвет) и задать данные КТ2. Показано на рисунке 27.

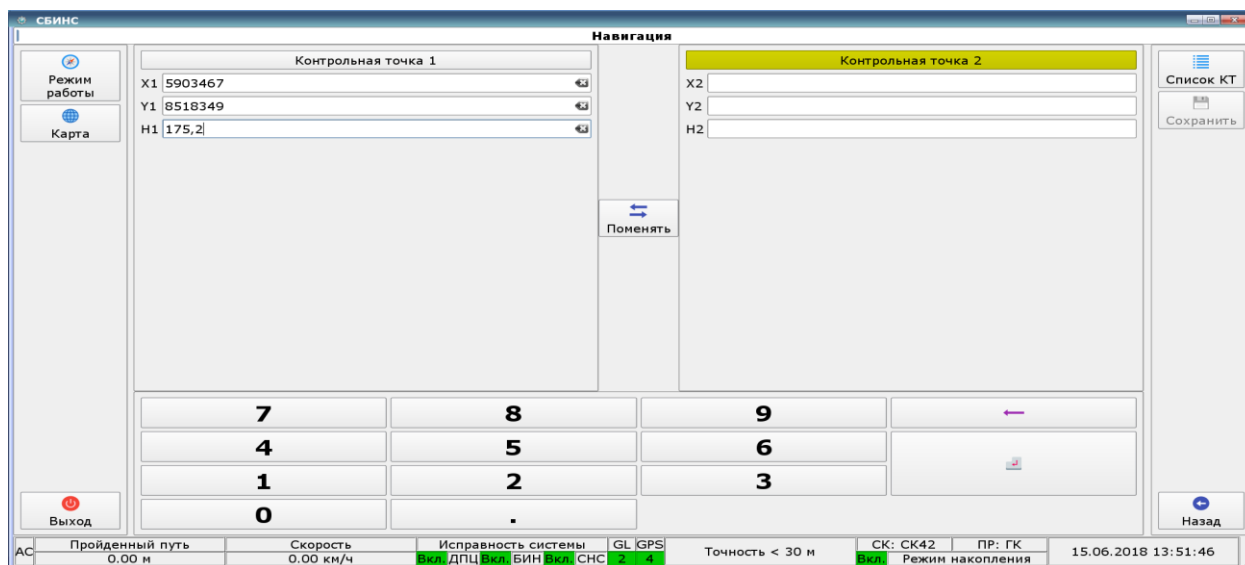


Рисунок 27 – Выбор контрольной точки

Далее нужно нажать на кнопку «Сохранить». В открывшемся окне в нижней части экрана в графе «Мерный участок, м» отобразится расстояние между КТ. Необходимо использовать кнопку «Калибровка», после чего запустится гироскопирование и обнулится пройденный путь. После окончания ориентирования начинается движение. По окончании калибровочного марша активировать кнопку «Стоп». Информация по заезду отобразится на экранной таблице, показанной на рисунке 28.

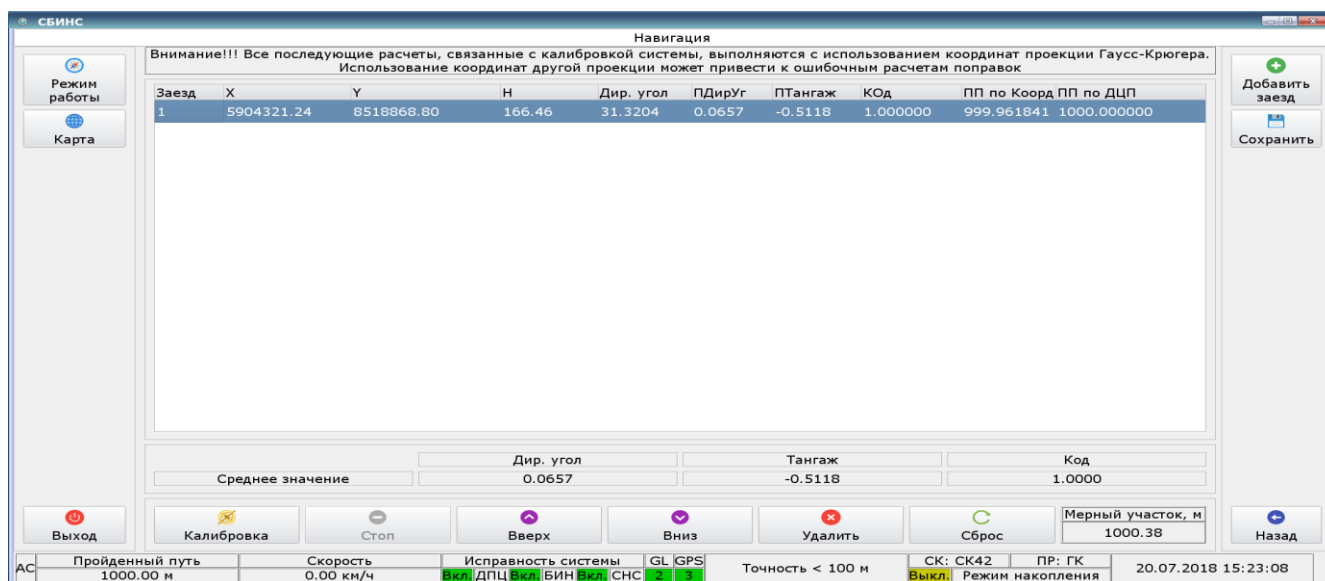


Рисунок 28 – Информация о заезде

Развернув изделие и установить на КТ2. Нажать на кнопку «Добавить заезд». Для задания контрольных точек нужно нажать кнопку «Поменять»,

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

затем «Сохранить». Нажатие кнопки «Калибровка». После окончания выставки необходимо совершить юстировочный заезд. По прибытию в КТ нужно нажать «Стоп». Аналогично совершить ещё два заезда. Для удаления некорректных результатов марша использовать кнопки «Вверх», «Вниз» и «Удалить».

После четырех калибровочных маршей нужно воспользоваться кнопкой «Сохранить» меню «Калибровка системы». На экране появится окно с надписью «Вы действительно хотите сохранить поправки?». Выбрав пункт «Сохранить». Средние значения рассчитанных поправок сохраняются в память системы. Все последующие математические операции, связанные с расчетом пройденного пути, координат и высоты объекта в режимах «АС» и «КС», будут вестись с учетом рассчитанных поправок.

Установить изделие на КТ1. Обнулить пройденный путь. Запустить выставку по данным КТ1. После завершения гирокомпасирования совершить контрольный заезд в КТ2. Зафиксировать показания координат и высоты объекта. Аналогично совершить контрольный марш из КТ2 в КТ1. Поправки являются достоверными, если выполняется следующие соотношения:

$$\begin{aligned}\Delta S &= \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} < 0,01 \cdot S_{\text{э}}, \\ \Delta X &= X_{\text{изм}} - X_{\text{эт}}, \\ \Delta Y &= Y_{\text{изм}} - Y_{\text{эт}}; \\ \Delta H &= |H_{\text{изм}} - H_{\text{эт}}| \leq 30 \text{ м.}\end{aligned}\tag{7}$$

где $S_{\text{э}}$ – эталонная длина мерного участка, ΔX ; ΔY ; ΔH – ошибка измерений координат и высоты на контрольных маршах между измеренным и эталонным значением КТ.

Меню «Калибровка системы СНС».

Меню осуществляет расчет поправки дирекционного угла на основании показаний гироскопической системы и приемника АСН. Внешний вид окна меню приведен на рисунке 29.

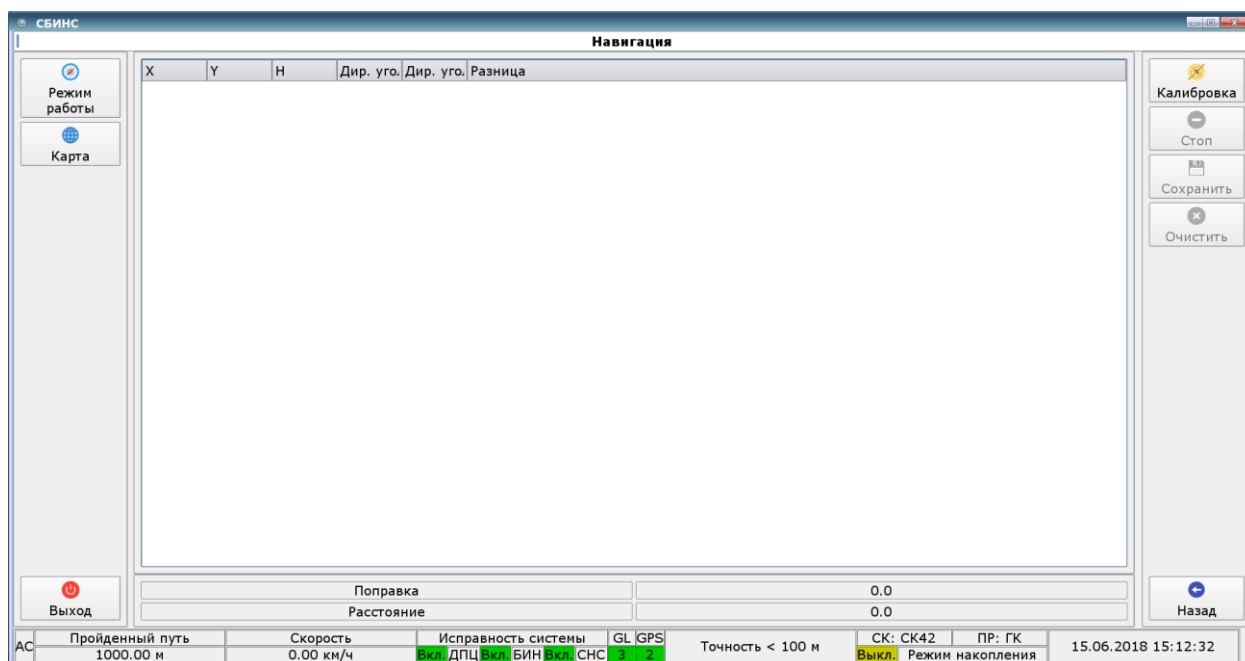


Рисунок 29 – Меню «Калибровка системы СНС»

Методика юстировки.

Установить изделие на КТ1. Обнулить пройденный путь объекта кнопкой «Сброс» меню «Калибровка одометра». Провести гироскопирование по данным КТ1. После окончания выставки начать заезд. При скорости движения объекта более 10 км/ч, нажать кнопку «Калибровка». Система начнет последовательно выдавать значения отклонений дирекционного угла, сравнивая показания гироскопа и СНС. При достижении КТ2 нажать кнопку «Стоп» и закончить движение. Система автоматически рассчитает поправку дирекционного угла, определяемую как среднее значение отклонений. Измеренный коэффициент отобразится в графе «Поправка». Путь, пройденный объектом, отобразится в графе «Расстояние». Для записи поправки в память системы необходимо нажать кнопку «Сохранить». Все последующие математические операции, связанные с расчетом координат объекта в режимах «АС» и «КС», будут вестись с учетом рассчитанной поправки.

Примечание. При точности спутникового решения менее 100 м и скорости движения объекта менее 10 км/ч режим недоступен. При попытке калибровки появится информационное сообщение «Устройство недоступно».

Меню «Калибровка одометра».

Меню задает параметры обмена данными между одометрическим

датчиком и устройством потребителя, позволяет определить коэффициент одометра. Расчет поправки датчика проводится для компенсации путевых ошибок, возникающих при изменении размеров движителей ходовой части объекта (гусеницы, покрышки) из-за износа и влияния температуры, при изменении состояния дорожного покрытия, при изменении погодных условий, влияющих на сцепление движителей с грунтом (юз, пробуксовка). Значение Код по умолчанию равно 1. Внешний вид окна «Калибровка одометра» приведен на рисунке 30.

Рисунок 30 – Внешний вид окна «Калибровка одометра»

Методика юстировки.

Установить изделие на КТ1. Обнулить пройденный путь объекта кнопкой «Сброс». Ввести с помощью цифровой клавиатуры длину мерного участка. Нажать на кнопку «Начать». При этом появится всплывающее окно с сообщением «Данное действие может привести к изменениям в работе программы. Вы уверены, что хотите продолжить?». Нажать кнопку «Да» и начать движение (для отмены калибровки нажать кнопку «Отмена»). Остановить изделие на КТ2, воспользоваться кнопкой «Закончить». В окне «Коэффициент одометра» нажать кнопку «Запросить», после чего отобразится рассчитанная поправка. Представлено на рисунке 31.

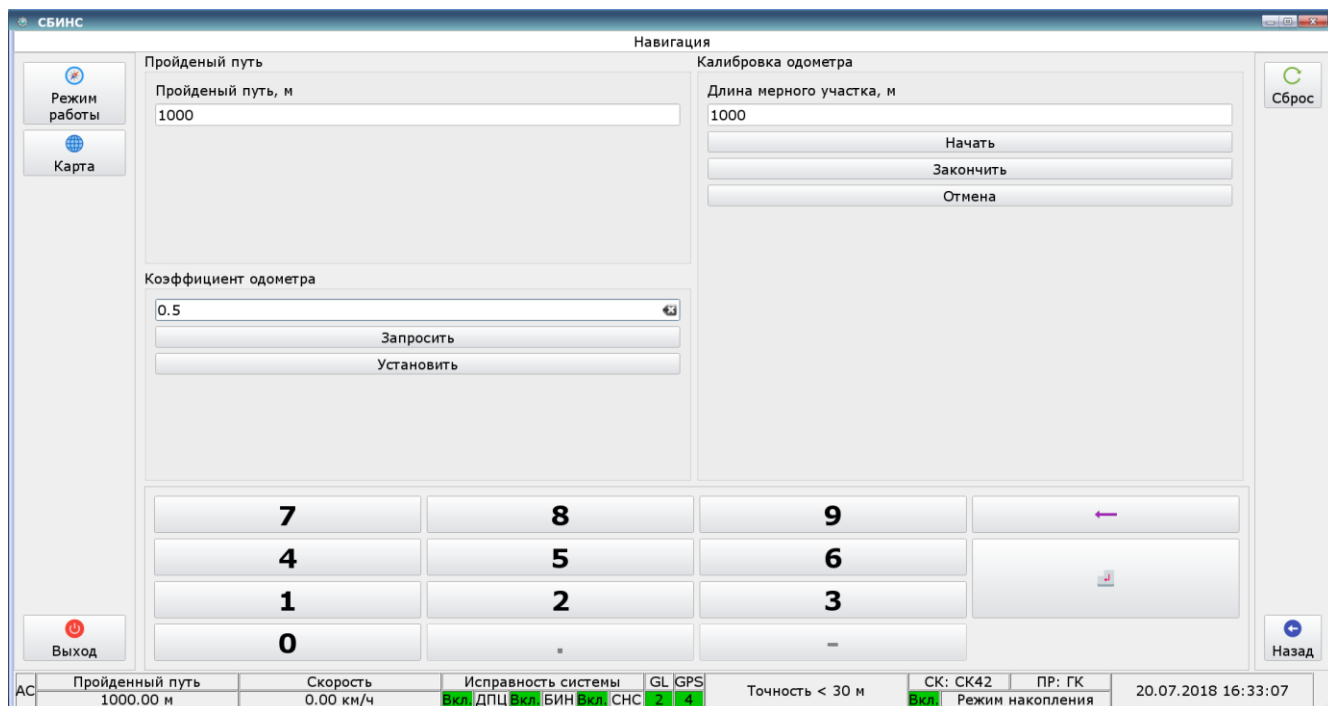


Рисунок 31 – Отображение калибровки одометра

Нажав на кнопку «Установить» окна «Коэффициент одометра» – поправка пропишется в память системы и будет доступна в окне «Код» меню «Юстировка». Все последующие математические операции, связанные с расчетом пройденного пути, координат и высоты объекта в режимах «АС» и «КС», будут вестись с учетом рассчитанной поправки.

5.9.3. Меню «Пересчет координат»

Способ задания положения точек в пространстве определяется различными системами координат. Выбор конкретной системы и проекции зависит в основном от удобства применения для отдельно поставленной навигационной или картографической задачи. Меню позволяет конвертировать данные из одной системы координат в другую с учетом выбранной проекции. Ввод с помощью цифровой клавиатуры точку, координаты которой необходимо конвертировать в другую систему координат и (или) проекцию.

Доступные для пересчета системы координат:

- СК-42;
- WGS-84;
- ПЗ-90.11;
- ПЗ-90.

Допустимые значения для параметра «Проекция»:

- Географическая (градусы);
- Географическая (градусы/минуты/секунды);
- Гаусса-Крюгера.

Нажатием кнопки «Пересчет», преобразованные данные отобразятся на экране. Как показано на рисунке 32.

Рисунок 32 – Отображение меню «Пересчет координат»

Для пересчета координат точки стояния нужно нажать на кнопку «Запрос текущих координат». Для выхода из меню нажать кнопку «Назад».

5.9.4. Меню «Помощь»

Меню открывает руководство пользователя функционального программного обеспечения специализированной бесплатформенной инерциальной навигационной системы «СБИНС».

5.10. Завершение работы

Для завершения работы навигационной системы нужно нажать на кнопку «Выход». После нажатия на кнопку работа программы будет завершена.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана специализированная бесплатформенная навигационная система для наземных подвижных объектов.

Данная система является очень актуальной и широко применяется в настоящее время. Она отличается мобильностью, что позволяет устанавливать его как на планшетные, так и настольные ЭВМ. Эффективность работы подтверждена рассчитанной во время работы программы погрешностью, отвечающей общепринятым стандартам качества. Обработка нестандартных ситуаций и контроль функционирования устройств говорит о надежности программного продукта.

Система, описанная в этой выпускной квалификационной работе, удовлетворяет всем исходным требованиям и выполняет все заявленные функции.

В настоящий момент автономное тестирование подсистемы проведено и происходит ее интеграция в специализированную систему, разрабатываемую специалистами предприятия.

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. Васильев А.С., Лашманов О.Ю., Основы программирования микроконтроллеров. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 95с.
2. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Учебное пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД – Сервис, 2011. – 171с.
3. Афонин К.Ф., Высшая геодезия. системы координат и преобразования между ними [Текст]: учебное пособие / К.Ф. Афонин. – Новосибирск: 2011. – 56с.
4. Торгаев С.Н., Мусоров И.С., Солдатов А.А., Сорокин П.В. Программирование микроконтроллеров с ядром Cortex-M3 в задачах диагностики и контроля: учебное пособие. – Томск: STT, 2017. – 104 с.
5. Каршаков Е.В. Задача комплексирования инерциальных и спутниковых навигационных систем по первичным данным: дис. канд. ф.-м. наук. Москва, 2001.
6. Горбачёв А.Ю. Применение одометров для коррекции интегрированных навигационных систем // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Приборостроение". 2009. № 4
7. Никитин И.В. Задача навигации наземного объекта на основе данных БИНС и одометра: дис. канд. ф.-м. наук. Москва, 2015.

ПРИЛОЖЕНИЕ А СХЕМЫ

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Приложение А.1 Схема электрическая структурная

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Приложение А.2 Схема электрическая принципиальная

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Приложение А.3 Блок схема алгоритма

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А.4 Перечень элементов

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

ПРИЛОЖЕНИЕ В ПРЕЗЕНТАЦИЯ

Тема работы: «Разработка
специализированной бесплатформенной
навигационной системы для наземных
подвижных объектов»

Автор работы: студентка группы 15ВВ1 Волкова Ю.С.
Научный руководитель: к.т.н. Попов К.В.

► Цель работы:

Разработать навигационную систему для наземных подвижных объектов

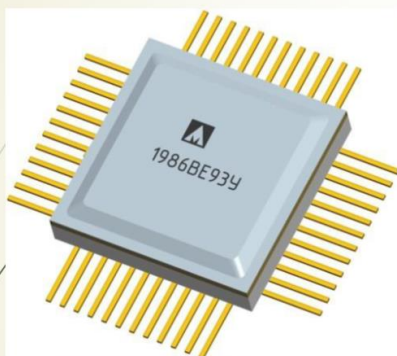
► Основные задачи

Система должна выполнять следующие задачи:

- определять и отображать координаты и высоты местоположения, дирекционные углы ориентирных направлений, углы крена и тангажа объекта
- ввод, хранение и отображение картографической и оперативно-тактической информации
- автоматическую прокладку маршрута по заданным точкам с учетом рельефа местности и проведения расчетов

					ПГУ 1.090301.10.001 ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбор микроконтроллера



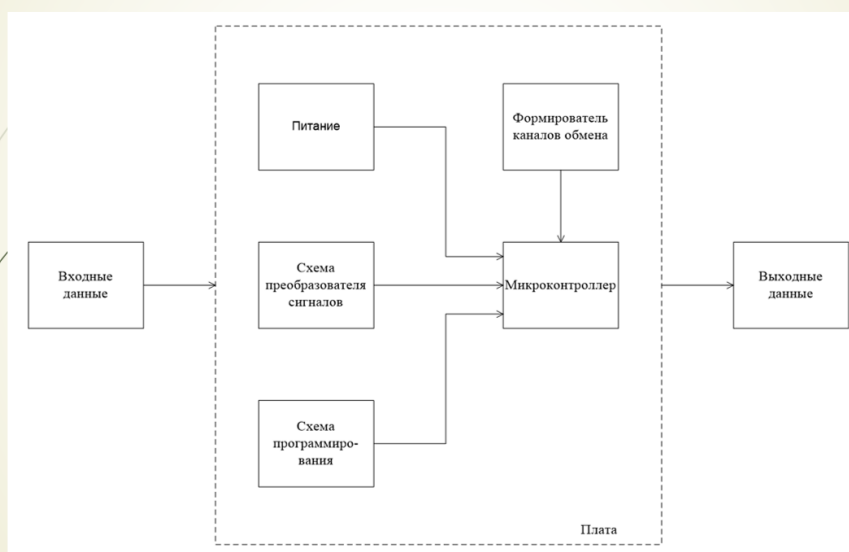
Микроконтроллер 1986BE93У в металлическом корпусе Н16.48-1В

Встроенная Flash- память программ

На базе высокопроизводительного процессорного RISC-ядра ARM Cortex-M3

Микроконтроллер фирмы «ПКК Миландр»

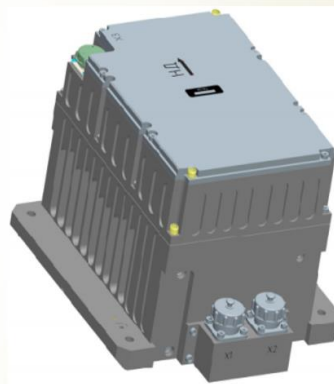
Структурная схема



Состав технических средств



ПЭВМ объекта



Миниатюрный транспортный курсоуказатель

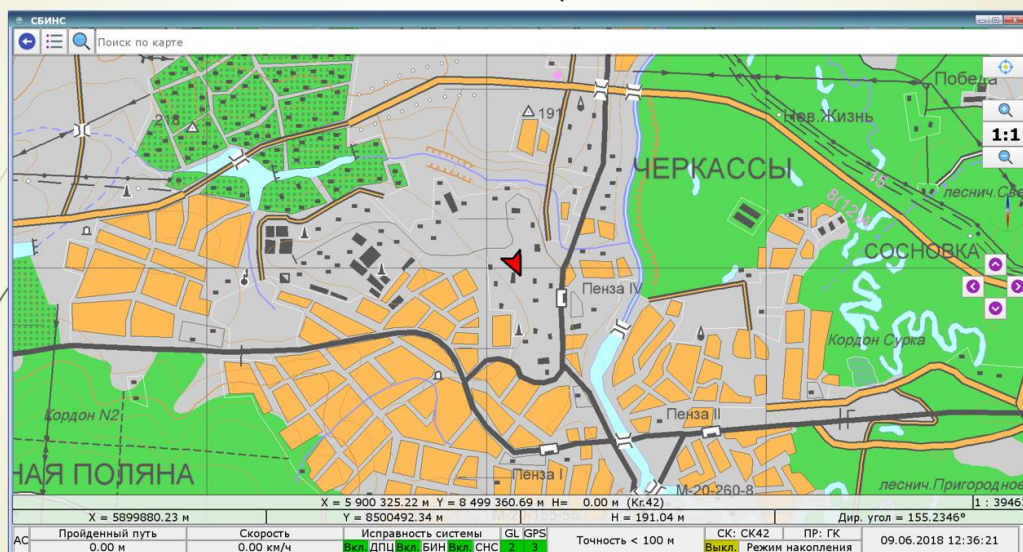


Блок преобразователя
скоростей датчиков пути

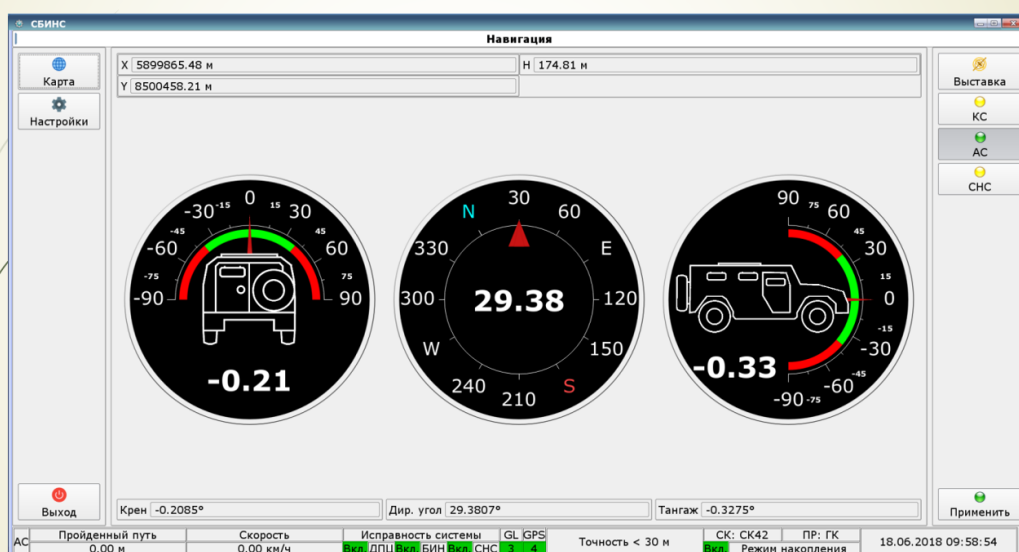


Аппаратура спутниковой
навигации

Окно программы после загрузки электронной карты



Пример работы программы в режиме автономной системы





В результате выполнения работы были получены следующие результаты:

- Разработана навигационная система, удовлетворяющая требованиям к заданию ВКР
- Разработан блок преобразователя скоростей датчиков пути
- Система разработана с применением сертифицированных средств программирования



Спасибо за внимание