

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.04.03. Прикладная информатика
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка автономной системы навигации для безэкипажного катера УДК 007.52:629.526-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Насонов Андрей Константинович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НИЛ ТПМГ	Чурсин Ю.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения СГН	Сосковец Л.И.	д.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Атепаева Н.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Марухина О.В.	к.т.н.		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные знания в области современных информационно-коммуникационных технологий для решения междисциплинарных инженерных задач.
P2	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных в области информатизации и автоматизации прикладных процессов и создания, внедрения, эксплуатации и управления информационными системами в прикладных областях.
P3	Внедрять, сопровождать и эксплуатировать современные информационные системы, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P4	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.
P5	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе глобальных компьютерных сетей.
P6	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P7	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
Профиль «Системы корпоративного управления»	
P8	Применять глубокие профессиональные знания основ построения информационных технологий и систем, достаточные для решения научных и профессиональных задач производства. Знать современные проблемы и методы

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	прикладной информатики и научно-технического развития информационных технологий.
Р9	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с информатизацией и автоматизацией прикладных процессов; созданием, внедрением, эксплуатацией и управлением информационными системами в прикладных областях, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
Р10	Организовывать работы по моделированию прикладных информационных систем и реинжинирингу прикладных и информационных процессов предприятия и организации. Управлять проектами по информатизации прикладных задач и созданию информационных систем предприятий и организаций.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.03. Прикладная информатика
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Марухина О.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8KM71	Насонову Андрею Константиновичу

Тема работы:

Разработка автономной системы навигации для безэкипажного катера
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	07.03.2019 №1787
---	------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом данного исследования является разрабатываемый безэкипажный катер промежуточного класса для работы с объектами различных типов в НИЛ ТПМГ ИШИТР ТПУ
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Описать предметную область 2. Провести обзор и анализ существующих решений 3. Спроектировать автономную систему навигации для безэкипажного катера 4. Решить задачу многокритериального выбора микроконтроллеров 5. Описать инструменты решения 6. Создать программное обеспечение для компьютера оператора и микроконтроллера

Перечень графического материала	Архитектура системы управления катером, визуальное представление программного обеспечения автономной системы навигации для безэкипажного катера.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сосковец Любовь Ивановна, д.и.н., профессор отделения СГН
Социальная ответственность	Атепаева Наталья Александровна, старший преподаватель ООД ШБИП
Обязательное приложение на иностранном языке	Диденко Анастасия Владимировна, к.ф.н., доцент ОИЯ ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
2 Проектирование автономной системы навигации для безэкипажного катера	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НИЛ ТПМГ	Чурсин Ю.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Насонов А.К.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 09.04.03. Прикладная информатика

Уровень образования Магистратура

Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.03.2019	<i>Обзор предметной области</i>	15
29.03.2019	<i>Проектирование автономной системы навигации для безэкипажного катера</i>	25
30.04.2019	<i>Реализация автономной системы навигации для безэкипажного катера</i>	25
27.05.2019	<i>Финансовый менеджмент</i>	15
30.05.2019	<i>Социальная ответственность</i>	15
	<i>Оформление и сдача выполненной работы</i>	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НИЛ ТПМГ	Чурсин Ю.А.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Марухина О.В.	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8KM71	Насонову Андрею Константиновичу

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.03 Прикладная информатика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Стоимость расходных материалов 56200 руб. 2. Оклад руководителя 43100 руб., исполнителя 3721,25 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норматив потребления электроэнергии 4 руб/кВтч
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	1. Отчисления во внебюджетные фонды 27,1% 2. Районный коэффициент 30% 3. Коэффициент дополнительной заработной платы 12%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета, определение рисков НТИ
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка показателей эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. График проведения НТИ
3. Матрица SWOT
4. Бюджет НТИ
5. Потенциальные риски
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения СГН	Сосковец Любовь Ивановна	Д. И. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Насонов Андрей Константинович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8KM71	Насонову Андрею Константиновичу

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.03 Прикладная информатика

Тема ВКР:

Разработка автономной системы навигации для безэкипажного катера.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Технологический процесс представляет собой работу с языком программирования Си, С# в программной среде IAR Embedded Workbench, Microsoft Visual Studio. Основным оборудованием, на котором производится работа, является персональный компьютер с периферийными устройствами. Области применения: безэкипажное судовождение, автономная система навигации для безэкипажного катера, спутниковая система навигации.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 – организация рабочих мест с электронно-вычислительными машинами. – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ – организация рабочего места при выполнении работ сидя. – Закон Томской области от 9 июля 2003 года № 83-ОЗ Об охране труда в Томской области (с изменениями на 4 июля 2014 года). – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– По ГОСТ 12.0.003-2015: – отклонение показателей микроклимата – недостаточная освещенность рабочей зоны; – превышение уровня шума; – опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями; – психофизиологические факторы; – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность:	– Анализ воздействия объекта на литосферу: утилизация отходов, связанные с выходом из строя ПК оператора, люминесцентных

	ламп, модулей GPS, GPRS, модулей радиосвязи, микроконтроллеров.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар. – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Насонов Андрей Константинович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 108 страниц, 15 рисунков, 23 таблицы, 32 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: безэкипажный катер промежуточного класса, автономная система навигации, спутниковая система навигации, программирование микроконтроллеров STM32, протокол связи морского оборудования, проектирование автономной системы, разработка автономной системы.

Объектом исследования является безэкипажный катер промежуточного класса для работы с объектами различных типов. Предметом исследования является актуальное местоположение катера на акватории.

Цель работы - разработать автономную систему навигации для безэкипажного катера в виде программного обеспечения для компьютера оператора и микроконтроллера STM32, а также наладить передачу данных с катера на компьютер оператора. Эта система необходима для работы с объектами различных типов, например для разворачивания длиннобазной навигации на акватории.

В магистерской диссертации исследовались предметная область, принцип работы спутниковой системы навигации, действующие спутниковые системы. Проведён обзор и анализ существующих решений, спроектирована автономная система навигации, решена задача многокритериального выбора микроконтроллеров, описаны инструменты решения, которые используются в системе, реализована автономная система навигации для безэкипажного катера, представлена её программная реализация.

Обозначения и сокращения

БЭК – безэкипажный катер;

АНПА – автономный необитаемый подводный аппарат;

ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система;

СПУН - система программного управления навигации;

ЭЛС – эхолокационная система;

КАС – контрольно-аварийная система;

СНС – спутниковая навигационная система;

MCU – микроконтроллер.

Оглавление

Реферат	10
Обозначения и сокращения	11
Введение	15
1 Обзор предметной области	17
1.1 Описание предметной области	17
1.2 Принцип работы и основные элементы спутниковых систем навигации	18
1.3 Действующие спутниковые системы	20
1.4 Обзор и анализ существующих решений	22
1.4.1 Автомобильная навигационная система	22
1.4.2 Навигационная система АНПА	23
1.4.3 Мобильная навигационная система	26
1.4.4 Выводы по обзору и анализу	27
2 Проектирование автономной системы навигации для безэкипажного катера	28
2.1 Требования к проектируемой системе	28
2.2 Задача многокритериального выбора	29
2.2.1 Постановка задачи многокритериального выбора	29
2.2.2 Метод общего свертывания критериев	30
2.2.3 Метод поэтапного учета критериев	31
2.2.4 Метод постепенного наращивания свертки	31
2.2.5 Метод с использованием соотношения «цена-баллы»	32
2.2.6 Усовершенствованный метод свертки	34
2.3 Описание инструментов решения	35
2.3.1 GNSS модуль Quectel L76	35
2.3.2 GPS протокол NMEA	36
2.3.3 GSM модем	40
2.3.4 Микроконтроллер STM32H103	42
3 Реализация автономной системы навигации для безэкипажного катера	45

3.1 Интеграция автономной системы навигации в систему управления безэкипажным катером.....	45
3.2 Программная реализация автономной системы навигации для безэкипажного катера	46
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	52
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	53
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	53
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	54
4.1.3 SWOT-анализ.....	55
4.2 Планирование проектных работ	57
4.2.1 Структура работ в рамках проекта.....	57
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	58
4.2.3 Разработка графика проведения проекта.....	59
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	63
4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	63
4.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	65
4.2.4.3 Дополнительная заработная плата	66
4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)....	67
4.2.4.5 Накладные расходы	67
4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	68
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ...	69
5 Социальная ответственность	72
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
5.2 Производственная безопасность	74
5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	76

5.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата.....	76
5.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	77
5.2.1.3 Превышение уровня шума.....	80
5.2.1.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями	81
5.2.1.5 Психофизиологические факторы	83
5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	84
5.2.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	84
5.3 Экологическая безопасность.....	85
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
Заключение	89
Список публикаций.....	91
Список литературы	93
Приложение А	96

Введение

В научно-исследовательской лаборатории телекоммуникаций, приборостроения и морской геологии Томского политехнического университета была начата разработка безэкипажного катера промежуточного класса для работы с объектами различных типов. Данная разработка была вызвана необходимостью облегчения развертывания длиннобазных гидроакустических систем навигации с одной стороны, а с другой отсутствием катеров данного типа. Для увеличения универсальности использования разрабатываемого катера отсек полезной нагрузки предполагается в модульном исполнении, в который могут устанавливаться компоненты, решающие различные задачи.

Для обеспечения навигации на акватории в катер должны быть установлены модули GPS, GPRS, модуль радиоканала, микроконтроллер. В настоящее время существует множество систем определения местоположения. Уже разработанные системы не подходят для разрабатываемого катера промежуточного класса. Цель данной работы - разработать автономную систему навигации для безэкипажного катера, а также наладить передачу данных с катера на компьютер оператора. Эта система необходима для развёртывания длиннобазной навигации. В свою очередь, длиннобазная навигация представляет из себя 4 буя, расставленные на акватории каждый из которых является вершиной четырехугольника. Расставленные буи определяют область, в районе которой могут происходить различные исследования.

Выпускная квалификационная работа посвящена решению следующих задач:

- обзор и анализ существующих решений;
- обзор инструментария для написания программного обеспечения на микроконтроллер и компьютер оператора;

- изучить технические спецификации для написания прошивки на микроконтроллер STM32H103;
- разработка алгоритма работы программного обеспечения для микроконтроллера и компьютера оператора;
- создание программного обеспечения для микроконтроллера и компьютера оператора;
- тестирование созданной автономной системы навигации на тестовом образце.

Объектом исследования является безэкипажный катер промежуточного класса, предназначенный для автоматического развёртывания длиннобазной навигации на акватории. Предмет исследования – актуальное местоположение катера на акватории.

Актуальность разработки автономной навигационной системы для безэкипажного катера заключается в том, что данная система обеспечит оператора информацией об актуальном местоположении катера на акватории. Без данной системы выход безэкипажного катера на акваторию возможен, но не целесообразен. Невозможность определения точек для расстановки длиннобазной навигации и отслеживания сделает проект неактуальным.

1 Обзор предметной области

1.1 Описание предметной области

Морская навигация является разделом навигации, который изучает судовождение. Морская навигация разрабатывает теорию и практические решения вождения судов. Термин «навигация» долгое время использовался для обозначения вождения кораблей. В силу развития технологий и появления различных дисциплин, изучающие маршруты объектов в различных пространствах, таких как воздушном, наземном, космическом, а так же многих подразделов навигации, морская навигация является лишь одним из них [1].

Основная цель морской навигации это выработка способов, методик, рекомендаций для обеспечения безопасного плавания морского судна из начального пункт в конечный. Для выполнения данной цели нужно выбрать безопасный и выгодный путь судна, следовать выбранному пути на основании показаний приборов о направлении и пройденном расстоянии и корректировать траекторию движения судна, а так же анализировать возможные ошибки в счислении пути.

В навигации большую роль играет субъективный фактор, так как авария может произойти от упущения оператора, от незначительных ошибок при наблюдениях и вычислениях. Поэтому даже при определении точек, по которым должен двигаться катер, оператор должен отмечать места, по которым безэкипажный катер действительно сможет бесппроблемно проплыть.

В настоящее время для морской навигации обычно используется современное оборудование, позволяющее с высокой точностью определить место нахождения судна, время плавания и другие показатели. Магнитный компас позволяет определить курс судна, радионавигационные маяки и

пеленгаторы работают по принципу отражения радиоволн от возникающих на пути препятствий.

Основой данной разработки является обыкновенная спутниковая навигация. Спутниковая система навигации – электронно-техническая система, предназначенная для определения местоположения различных объектов, в том числе и наводных. Спутниковые системы навигации позволяют получить различные характеристики приёмника сигнала. Например скорости и направления движения. Кроме того, они используются для получения точного времени и даты. Такие системы состоят из космического оборудования и наземных систем управления. В настоящее время только две системы обеспечивают полное и надежное покрытие земного шара – GPS, ГЛОНАСС [2].

1.2 Принцип работы и основные элементы спутниковых систем навигации

Принцип работы спутниковых систем навигации построен на измерении расстояния антенны на объекте до спутников. Каждый спутник должен располагать информацией о своём положении, которая называется альманахом. Приёмник сохраняет альманах в памяти со времени последнего выключения и если он не устарел, то сразу после включения использует его. Каждый спутник передаёт в своём сигнале весь альманах, на основе которого с помощью обычных геометрических построений можно вычислить местоположение объекта. Чем больше спутников, тем точнее могут быть измерения местоположения объекта на планете. Зная расстояние до нескольких спутников сразу с помощью геометрических построений на основе альманаха можно определить положение объекта в пространстве (рисунок 1).

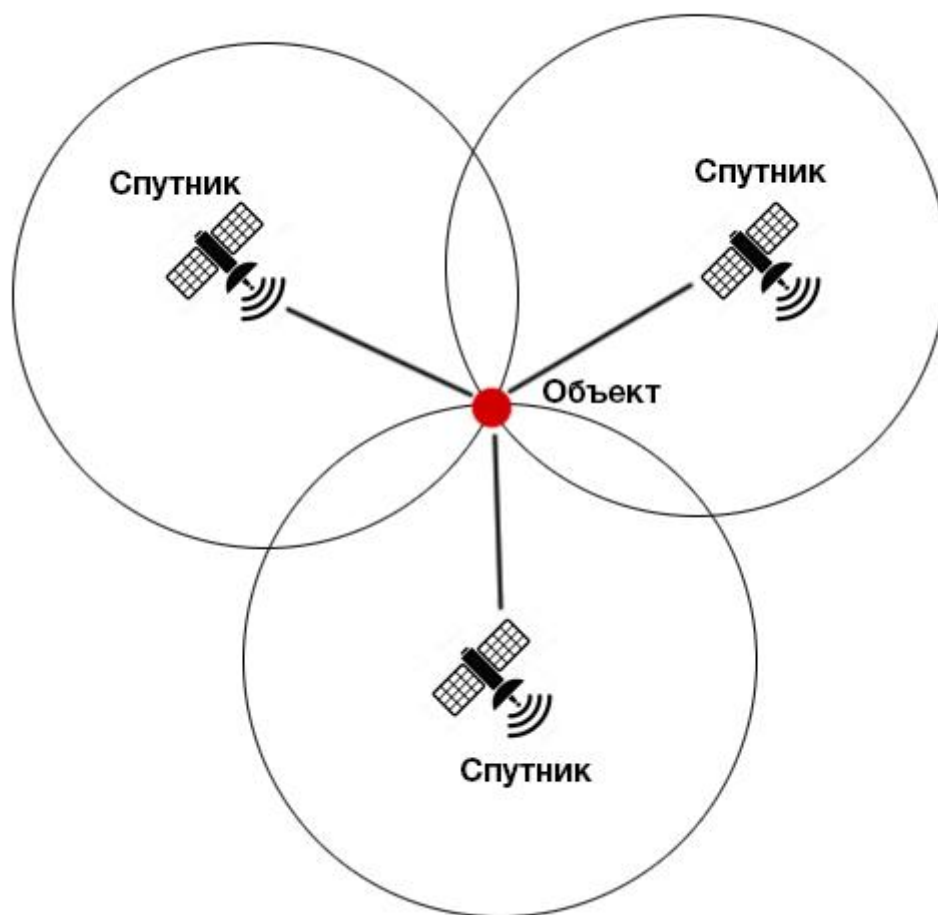


Рисунок 1 – Определение местоположения по трём спутникам

Метод измерения расстояния от антенны объекта до антенны спутника основан на том, что скорость распространения радиоволн предполагается известной и равна скорости света, то есть 300 000 километров в секунду. На самом деле, скорость распространения радиоволны слабопредсказуема и в идеальных условиях равна скорости света. На скорость радиоволны оказывает влияние окружающая среда, атмосфера земли, рельеф местности, здания и прочие объекты. Поэтому определение местоположения может занять значительное время, если этому будут препятствовать различные факторы.

Спутники навигационной системы для осуществления возможности измерения времени распространяемого радиосигнала излучают сигналы, в которых содержатся данные о точном времени и своём местоположении. Это

время синхронизируется с атомными часами. Во время работы спутникового приёмника, его часы синхронизируются с системным временем, и при приёме сигнала со спутника вычисляется задержка между временем излучения, содержащимся в сигнале и временем приёма сигнала. Как только данная разница будет посчитана, навигационный приёмник вычисляет своё точное местоположение путем умножения скорости света на разницу между временем получения и временем отправки сигнала. Затем по принципу триангуляции вычисляется примерное местоположение (с точностью до 5 метров) приёмника сигнала. Задача немного усложняется тем, что время на часах принимающего устройства не совпадает со временем на часах спутника. В связи с этим, могут быть большие погрешности в первые несколько минут после нахождения трёх спутников. Остальные характеристики объекта, такие как курс, скорость, пройденное расстояние вычисляются на основе измерения времени, которое объект потратил на перемещение между точками [3].

Основные элементы спутниковой системы навигации следующие:

- орбитальная группировка спутников;
- наземный приёмник специальных сигналов, поступающих со спутников;
- спутниковый навигатор, используемый для определения координат приёмника;
- опционально прочие системы для повышения точности определения координат.

1.3 Действующие спутниковые системы

В мире полноценно функционируют лишь две навигационные системы – GPS и ГЛОНАСС.

GPS - спутниковая система навигации, принадлежащая министерству обороны США. Она позволяет измерять расстояние, время и определять

местоположение во всемирной системе координат WGS 84. Большинство устройств в мире поддерживают навигацию по GPS.

ГЛОНАСС – спутниковая система навигации, которая принадлежит министерству обороны Российской Федерации. Разработка системы началась в 1976 г., а запуск в эксплуатацию завершился в 1995 г.. На сегодняшний день на орбите используются 22 спутника по назначению.

BeiDou – спутниковая система навигации, принадлежащая Китаю. Является местной спутниковой системой навигации, которая основывается на геостационарных спутниках. В 2020 году данная спутниковая система будет выведена в международное пользование, а количество спутников будет составлять 35.

DORIS – спутниковая система навигации, принадлежащая Франции. В отличие от других систем, данная основана на системе стационарных наземных передатчиков и приёмников, расположенных на спутниках. Принцип работы системы связан с изменением частоты и длины волны излучения, воспринимаемое приёмником, вследствие движения источника излучения и/или приёмника, то есть эффекта Допплера. После определения точного положения спутника система устанавливает точные координаты и высоту маяка от поверхности Земли.

QZSS – спутниковая система навигации, принадлежащая Японии. Предполагалась как коммерческая система с набором услуг для вещания, связи и широкого использования для навигации исключительно в Японии и соседних районах. Предполагается создание системы из 3 спутников, находящихся на геосинхронных орбитах.

Galileo – европейская система навигации. В 2020 году планируется развернуть полностью всю спутниковую группировку. В 2016 году уже началось развёртывание системы, в орбитальной группировке находится 8 спутников.

IRNSS – спутниковая система навигации, принадлежащая Индии. На данный момент находится в состоянии разработки. Предполагается для использования только в Индии. Общее количество спутников – 7 [4].

1.4 Обзор и анализ существующих решений

Перед проектированием автономной системы навигации для безэкипажного катера был проведён обзор и анализ существующих разработок.

1.4.1 Автомобильная навигационная система

Автомобильная навигационная система предназначена для определения положения транспортного средства, выбора и сопровождения маршрута движения.

Различают несколько видов автомобильных навигационных систем: штатная и мобильная. Перечисленные виды навигационных систем имеют свои преимущества и недостатки. Они различаются по конструкции, реализуемым функциям, цене.

Штатная навигационная система устанавливается на заводе-изготовителе автомобиля и является частью мультимедийной системы. В штатное место могут устанавливаться совместимые навигационные системы других производителей.

Мобильная навигационная система представляет собой портативное автономное навигационное устройство, которое приобретается отдельно и устанавливается на лобовом стекле или приборной панели.

По своей сути автомобильная навигационная система является персональным компьютером со всеми его атрибутами: материнской платой, центральным процессором, оперативной памятью, постоянной памятью,

жестким диском, устройствами ввода и вывода информации, приводами для подключения внешних источников данных.

Особенностью устройства автомобильного навигатора является наличие навигационного процессора (чипсета GPS-приемника). В ряде конструкций навигаторов навигационный процессор объединен с центральным процессором. Помимо перечисленных элементов в состав автомобильной навигационной системы могут быть включены модуль GPRS, Bluetooth, радиоприемник и другие компоненты [5].

В современном автомобильном навигаторе реализовано множество функций, основными из которых являются:

- определение положения;
- ввод пункта назначения;
- расчет маршрута;
- сопровождение по маршруту.

Преимущества:

- автоматический расчёт маршрута до пункта назначения;
- запоминание расположения спутников;
- динамичное определение местоположения.

Недостатки:

- потеря сигнала в закрытой местности, тоннелях, лесах;
- интеграция в систему управления автомобилем.

1.4.2 Навигационная система АНПА

Навигационная система автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) представляет из себя систему программного управления навигации, (СПУН) предназначенная для управления всеми системами аппарата во всех режимах работы АНПА. СПУН обеспечивает:

- выполнение заданной программы (миссии) аппарата;

- загрузку программы работы (миссии) аппарата и ее тестирование на берегу или на корабле-носителе;
- контроль состояния (диагностику) систем аппарата в процессе выполнения программы (миссии);
- возможность просмотра, обработки и документирования накопленных данных непосредственно после подъема аппарата на берег или на борт корабля-носителя, а также передачу данных по радиоканалу.

Навигационная часть СПУН обеспечивает:

- обход препятствий аппаратом по курсу следования с дальностью обнаружения препятствий не менее 30 м, мертвой зоной ЭЛС не превышающей 0,7 м;
- стабилизацию движения аппарата относительно грунта с точностью 0,3 м при ровном грунте (при отстоянии АНПА от грунта до 60 м);
- стабилизацию движения АНПА по глубине в толще воды с точностью 1 м;
- формирование данных о местоположении и ориентации аппарата с точностью, обеспечивающей выполнение задачи и возвращение в точку всплытия (вблизи пирса) или в точку встречи с кораблем носителем;
- коррекцию местоположения аппарата при его всплытии с помощью приемников спутниковой навигационной системы;
- получение от бортового приемника спутниковой навигационной системы данных о текущем времени, о достоверности служебной информации, широте и долготе, текущем полушарии, скорости (м/с), курсе и текущей дате.

СПУН включает в свой состав:

- бортовой компьютер;
- коммутатор сети Ethernet 10/100 TP;
- контроллер КАС;

- аварийные датчики и исполнительные устройства (КД и ЭМБВ);
- эхолотационную систему;
- контроллер навигационно-пилотажных датчиков с угловыми датчиками (датчик крена, датчик дифферента, датчики угловых скоростей курса и дифферента, индукционный компас);
- приемник СНС GPS / ГЛОНАСС с проблесковым светомаяком;
- датчик глубины;
- доплеровский лаг.

Управляющая часть СПУН предназначена для осуществления основных функций по управлению аппаратом на основе вводимой миссии и контролю функционирования всех его систем [6].

На рисунке 2 изображена часть графического интерфейса сервера на компьютере оператора АНПА.

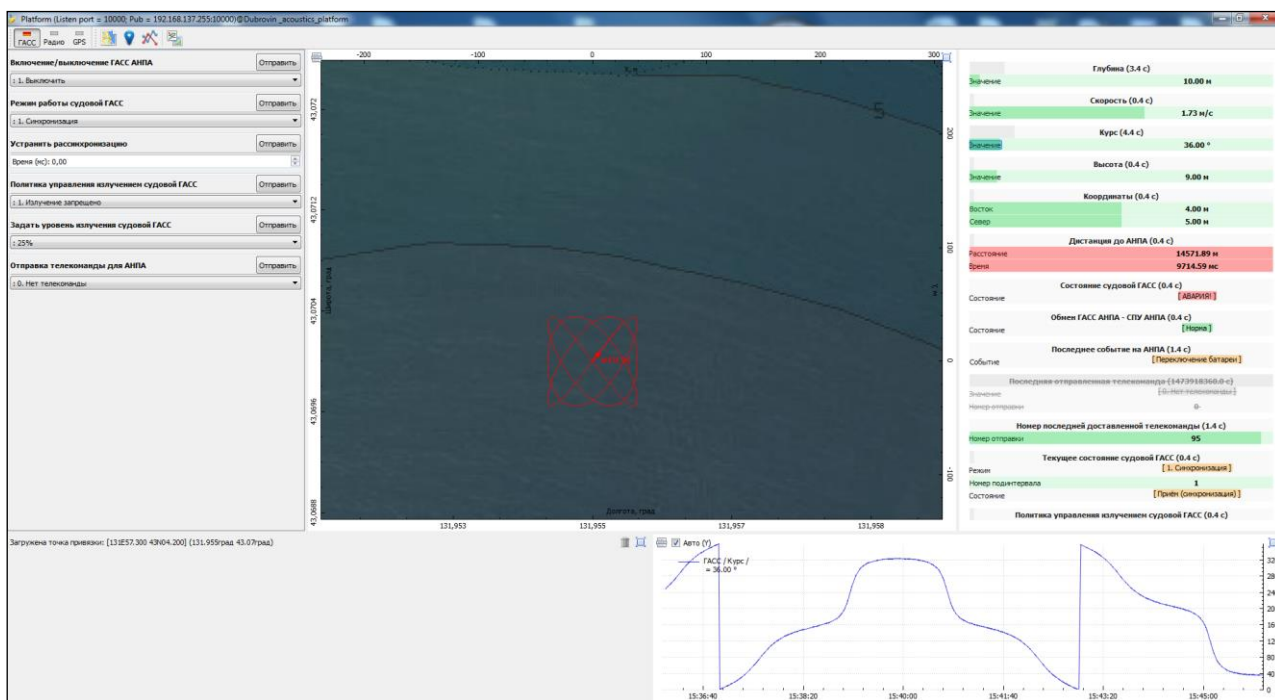


Рисунок 2 – Часть графического интерфейса на компьютере оператора АНПА

Преимущества:

- точное и быстрое определение местоположения на поверхности ВОДЫ;

- запоминание расположения спутников;
- обеспечение точного выполнения миссии АНПА.

Недостатки:

- невозможность точного отслеживания местоположения во время выполнения миссии;
- неудобство в эксплуатации.

1.4.3 Мобильная навигационная система

На сегодняшний день мобильные навигационные системы очень распространены. С их помощью на мобильных устройствах с высокой точностью можно определить местоположение. Сами навигационные системы являются частью операционной системы мобильного устройства.

Мобильная навигационная система включает в свой состав:

- GPS/ГЛОНАСС модуль;
- GSM модуль;
- Wi-Fi модуль.

По одному из вышеперечисленных модулей смартфон может определить своё местоположение.

Данная навигационная система знакома всем владельцам мобильных устройств. Для определения местоположения используется встроенный GPS/ГЛОНАСС модуль, потребляющий немного энергии, а также может использоваться GSM модуль с настройкой GPRS для определения местоположения по вышкам сотовой связи. При определении местоположения по Wi-Fi передаются данные местоположения с ближайшей известной сети Wi-Fi [7].

Преимущества:

- мобильность;
- точное определение местоположения за счёт одновременной работы сразу нескольких модулей;

- автоматический расчет маршрута до пункта назначения;
- запоминание расположения спутников.

Недостатки:

- высокое энергопотребление, вследствие чего мобильная система навигации может не проработать достаточно долго.

1.4.4 Выводы по обзору и анализу

В ходе проведения обзора и анализа систем, использующих системы автономной навигации, был проведён сравнительный анализ, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ существующих решений

Автономные системы навигации	Поддержка протокола NMEA	Энергопотребление	Удобство при эксплуатации	Надёжность	Определение нескольких спутниковых систем
Автомобильная навигационная система	-	Среднее	Средняя степень	Средняя	+
Система навигации АНПА	+	Среднее	Низкая степень	Средняя	+
Мобильная навигационная система	-	Высокое	Высокая степень	Высокая	+

В результате проведённого обзора и анализа существующих решений был сделан вывод о невозможности взятия анализированных систем в качестве основы для разрабатываемой автономной системы навигации для безэкипажного катера. Все системы имеют свои преимущества и недостатки, но для безэкипажного катера необходима уникальная система.

2 Проектирование автономной системы навигации для безэкипажного катера

2.1 Требования к проектируемой системе

Автономная система навигации для безэкипажного катера должна соответствовать следующим требованиям:

- Надёжность связи и проверка отсутствия потерянных пакетов. Для достижения этого требования нужно организовать несколько средств связи, чтобы в случае помех или обрыва связи система могла полагаться на другой способ передачи данных, либо находиться в состоянии ожидания подключения.
- Точность, скорость определения и пересылки сигнала на компьютер оператора. Используемые GPS приёмник, GSM модем и модуль радиоканала не должны тратить время на простой. Определение местоположения и связь с сервером может занимать много времени в зависимости от погодных условий и удалённости катера от сотовых вышек. По этой причине на катер должны устанавливаться соответствующие модули и поддерживать приём и передачу по стандартным протоколам.
- Удобство при эксплуатации. Установка и подключение модуля радиоканала, GSM модема и GPS приёмника на катер и компьютер оператора не должны вызывать неудобств.
- Простой дизайн приложения на компьютере оператора. Дизайн приложения должен соответствовать современным требованиям минимализма и не быть нагромождённым.

Для создания автономной системы навигации для безэкипажного катера необходимо техническое решение в виде микроконтроллеров, GPS приёмника, GSM модема, модуль радиоканала. А так же необходимы IDE для написания программного обеспечения.

2.2 Задача многокритериального выбора

2.2.1 Постановка задачи многокритериального выбора

Дано:

1. Исходные данные о характеристиках различных микроконтроллеров.
2. Способ нормирования исходных критериев.
3. Способ определения весовых коэффициентов: экспертный.
4. Методы многокритериального выбора.
5. Ограничения:

1) $\alpha(j) \in [0; 1]$, где $\alpha(j)$ – весовые коэффициенты;

2) $\sum \alpha(j) = 1$;

6. Критерий: обобщенная свёртка нормирования показателей K^{cb} ,

Требуется:

- 1) Провести многокритериальный выбор микроконтроллеров представленными методами при соблюдении ограничений и по оптимальным значениям K^{cb} ;
- 2) Оценить результат выбора на предмет их согласованности.

В таблицу 2 внесены исходные данные о характеристиках для различных моделей микроконтроллеров.

Таблица 2 - Исходные данные для различных микроконтроллеров

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
№	Частота ЦП, МГц	Память программ, Кбайт	ОЗУ, Кбайт	Цена, руб.	Количество UART	Модель микроконтроллера
1	72	128	20	1300	3	STM32H103
2	16	32	2	500	1	Arduino Nano
3	20	32	2	500	1	ATmega328
4	48	128	20	1250	3	STM32F030
5	16	32	2	600	3	Arduino UNO

Для нормирования используются 2 формулы:

$$K(N, j) = \frac{Q(N, j) - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$K(N, j) = \frac{Q_{\max} - Q(N, j)}{Q_{\max} - Q_{\min}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $K(N, j)$ – значение нормированного критерия;

$Q_{\max}$ – максимальное значение исходного критерия;

$Q_{\min}$ – минимальное значение исходного критерия;

$Q(N, j)$ – значение N-ого исходного критерия.

Проведем нормирование критериев. Частота ЦП, ОЗУ, Количество UART должны стремиться к максимальному значению, поэтому для расчёта используем формулу (1), а цена должна стремиться к минимуму, для расчёта используем формулу (2).

Занесём в таблицу 3 пронормированные и проранжированные критерии.

Таблица 3 – Пронормированные и проранжированные критерии и результаты используемого метода общей свёртки

№	$K_1(Q_1)$	$K_2(Q_2)$	$K_3(Q_3)$	$K_4(Q_4)$	$K_5(Q_5)$	K^{CB}
1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,9
2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,1
3	0,07	0,00	0,00	0,00	1,00	0,12
4	0,57	1,00	1,00	1,00	0,06	0,78
5	0,00	0,00	0,00	1,00	0,88	0,24
$\alpha(j)$	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	

2.2.2 Метод общего свертывания критериев

Посчитаем критерии свертки для моделей микроконтроллеров, используя формулу (3), и занесём их в таблицу 3.

$$K^{CB}(N, j) = \alpha_1 * K_{1j} + \alpha_2 * K_{2j} + \dots + \alpha(j) * K(N, j), \quad (3)$$

где $K^{CB}(N, j)$ – значение N-ого критерия свёртки,

$\alpha(j)$ – весовые коэффициенты,

$K(N, j)$ – значение N-ого нормированного критерия.

Проведём расчёт критериев свёртки по формуле (3):

$$K^{CB}(1,j) = 1*0,3+1*0,25+1*0,2+1*0,15+0*0,1 = 0,9;$$

$$K^{CB}(2,j) = 0*0,3+0*0,25+0*0,2+0*0,15+1*0,1 = 0,1;$$

$$K^{CB}(3,j) = 0,07*0,3+0*0,25+0*0,2+0*0,15+1*0,1 = 0,12;$$

$$K^{CB}(4,j) = 0,57*0,3+1*0,25+1*0,2+1*0,15+0,06*0,1 = 0,78;$$

$$K^{CB}(5,j) = 0*0,3+0*0,25+0*0,2+1*0,15+0,88*0,1 = 0,24.$$

Поскольку максимальное значение K^{CB} получено для первого варианта, то данный метод предлагает первую модель микроконтроллера.

2.2.3 Метод поэтапного учета критериев

На первом этапе анализируем значения самого важного по приоритету критерия. Отбрасываем те значения, в которых K_1 принимает минимальное значение $N = 2, 5$.

На втором этапе из оставшихся моделей микроконтроллеров анализируем следующий по важности критерий, то есть для K_2 отбрасываем $N = 3$.

На третьем этапе анализируем следующий по важности критерий, для K_3 ничего не отбрасываем.

На четвертом этапе анализируем следующий по важности критерий, для K_4 ничего не отбрасываем.

На пятом этапе анализируем следующий по важности критерий, для K_5 отбрасываем $N = 1$.

В итоге, четвертая модель микроконтроллера является самой лучшей.

2.2.4 Метод постепенного наращивания свертки

На первом этапе рассматриваем и анализируем самый важный критерий для всех микроконтроллеров и отбрасываем минимальное значение. В данном случае, отбрасываем вторую и пятую модель микроконтроллера.

На втором этапе вычисляем критерий свёртки по двум показателям для оставшихся микроконтроллеров и отбрасываем самые минимальные из них, берутся первые два критерия:

$$K^{cb(2)}(1,j) = 0,3*1 + 0,25*1 = 0,55;$$

$$K^{cb(2)}(3,j) = 0,3*0,07 + 0,25*0 = 0,021;$$

$$K^{cb(2)}(4,j) = 0,3*0,57 + 0,25*1 = 0,421.$$

Отбрасываем третью модель микроконтроллера.

На третьем этапе вычисляем критерий свёртки по трём показателям для оставшихся микроконтроллеров и отбрасываем минимальные из них, берутся первые 3 критерия:

$$K^{cb(3)}(1,j) = 0,3*1 + 0,25*1 + 0,2*1 = 0,75;$$

$$K^{cb(3)}(4,j) = 0,3*0,57 + 0,25*1 + 0,2*1 = 0,621;$$

Таким образом, на третьем этапе, отбросив четвертую модель микроконтроллеров, лучшей является первая модель.

2.2.5 Метод с использованием соотношения «цена-баллы»

Сформируем таблицу 4, в которой не участвует цена в качестве критерия и рассчитаем $S_{отн}$, по формуле (4), K^{cb} рассчитываем по первому методу, Z рассчитываем по формуле (5):

$$S_{отн}(N) = \frac{S(N)}{S_{max}}, \quad (4)$$

$$Z(N) = \frac{S_{отн}(N)}{K^{cb}}, \quad (5)$$

где $S(N)$ – значение стоимости N-ой модели микроконтроллера;

$S_{отн}(N)$ – нормированное значение стоимости N-ой модели микроконтроллера;

S_{max} – значение максимальной стоимости модели микроконтроллера;

$Z(N)$ – значение отношения нормированной цены $S_{отн}(N)$ к критерию свёртки.

Таблица 4 – Критерии без учета цены и результаты используемого метода с учётом соотношения «цена – баллы»

№	$K_1(Q_1)$	$K_2(Q_2)$	$K_3(Q_3)$	$K_5(Q_5)$	$S_{отн}$	K^{CB}	Z
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1	1
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0	беск
3	0,07	0,00	0,00	0,00	0,39	0,03	15,38
4	0,57	1,00	1,00	1,00	0,96	0,85	1,13
5	0,00	0,00	0,00	1,00	0,46	0,1	4,62
$\alpha(j)$	0,35	0,3	0,25	0,1			

Рассчитаем нормированные значения стоимости каждой модели микроконтроллера по формуле (4):

$$S_{отн}(1) = 1300/1300 = 1;$$

$$S_{отн}(2) = 500/1300 = 0,39;$$

$$S_{отн}(3) = 500/1300 = 0,39;$$

$$S_{отн}(4) = 1250/1300 = 0,96;$$

$$S_{отн}(5) = 600/1300 = 0,46;$$

Рассчитаем критерии свёртки по формуле (3):

$$K^{CB}(1) = 0,35*1 + 0,3*1 + 0,25*1 + 0,1*1 = 1;$$

$$K^{CB}(2) = 0,35*0 + 0,3*0 + 0,25*0 + 0,1*0 = 0;$$

$$K^{CB}(3) = 0,35*0,07 + 0,3*0 + 0,25*0 + 0,1*0 = 0,025;$$

$$K^{CB}(4) = 0,35*0,57 + 0,3*1 + 0,25*1 + 0,1*1 = 0,85;$$

$$K^{CB}(5) = 0,35*0 + 0,3*0 + 0,25*0 + 0,1*1 = 0,1;$$

Рассчитаем значения Z (N) по формуле (5):

$$Z(1) = 1/1 = 1;$$

$$Z(2) = 0,38/0 = \text{бесконечность};$$

$$Z(3) = 0,38/0,025 = 15,38;$$

$$Z(4) = 0,96/0,85 = 1,13;$$

$$Z(5) = 0,46/0,1 = 4,62.$$

Таким образом, наилучшим вариантом является первая модель, так как минимальному значению Z соответствует первый вариант.

2.2.6 Усовершенствованный метод свертки

Внесём в таблицу 5 критерии и рассчитаем усовершенствованные критерии свертки по формуле (6).

$$K_{yc}^{cb} = K_{cb} + \frac{0,5 * \gamma}{n}, \quad (6)$$

где γ – число раз в каждой строчке, когда последующий критерий меньше предыдущего.

n – количество моделей микроконтроллеров.

$$K_{yc}^{cb}(1) = 0,9 + 0,5 * 1/5 = 1;$$

$$K_{yc}^{cb}(2) = 0,1 + 0,5 * 1/5 = 0,1;$$

$$K_{yc}^{cb}(3) = 0,12 + 0,5 * 1/5 = 0,22;$$

$$K_{yc}^{cb}(4) = 0,78 + 0,5 * 2/5 = 0,88;$$

$$K_{yc}^{cb}(5) = 0,24 + 0,5 * 3/5 = 0,34.$$

Таблица 5 – Критерии с усовершенствованным критерием свертки

№	$K_1(Q_1)$	$K_2(Q_2)$	$K_3(Q_3)$	$K_4(Q_4)$	$K_5(Q_5)$	$\gamma(N)$	K_{yc}^{cb}
1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1	1
2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0	0,1
3	0,07	0,00	0,00	0,00	1,00	1	0,22
4	0,57	1,00	1,00	1,00	0,06	1	0,88
5	0,00	0,00	0,00	1,00	0,88	1	0,34
$\alpha(j)$	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1		

Таким образом, первая модель микроконтроллера является самой лучшей, так как K_{yc}^{cb} максимальна в первом варианте. Вывод: не все решения получились согласованными, в методе поэтапного учета критериев наилучшим вариантом является четвертая модель микроконтроллера, в остальных методах наилучший вариант - первая модель STM32H103.

2.3 Описание инструментов решения

Для разработки программного обеспечения необходимы интегрированные среды разработки. Разработка программного обеспечения для микроконтроллера STM32H103 проводилась в IDE IAR Embedded Workbench. Разработка программного обеспечения для компьютера оператора проводилась в IDE Microsoft Visual Studio.

Для автономной системы навигации используются GNSS модуль Quectel L76, протоколы NMEA и AT-команды GSM. А также используются компьютер оператора на операционной системе Windows, микроконтроллер STM32H103.

2.3.1 GNSS модуль Quectel L76

В качестве наземной системы определения местоположения научно-исследовательской лабораторией был выбран GNSS модуль Quectel L76, изображенный на рисунке 3. Основные характеристики модуля [8]:

- компактность – 10,1 мм * 9,7 мм * 2,5 мм;
- определение нескольких спутниковых систем, таких как GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, Galileo, QZSS;
- AGPS технология без внешней флэш-памяти;
- низкое потребление энергии при определении местоположения 18 мА;
- алгоритм AlwaysLocate для сохранения энергии;
- встроенное решение для ведения журналов без необходимости использования хоста и внешней флэш-памяти, LOCUS;
- высокая чувствительность, отслеживание -165dBm, получение -148dBm;
- 99 каналов сбора данных, 33 канала отслеживания;
- поддержка DGPS, SBAS;

- устранение помех, многотональный активный шумоподаватель;
- режим воздушного шара, для большой высоты до 80 км;
- PPS либо NMEA протоколы для отслеживания времени.



Рисунок 3 – GNSS модуль Quectel L76

GNSS модуль Quectel L76 был распаян на плате и имеет порт для подключения питания и передачи данных.

Передача данных на микроконтроллер STM32H103 происходит в формате протокола NMEA.

2.3.2 GPS протокол NMEA

Глобальная навигационная система имеет стандарты форматов передачи данных, один из них - NMEA. NMEA - это формат передачи информации между корабельными приборами. Данный формат включает в себя систему сообщений для обмена информацией между навигационными GPS-приемниками и потребителями навигационной информации. Все данные передаются в формате ASCII. Сообщения GPS-приемника начинаются с \$GP, в конце строки должны быть символы, указывающие на завершение передачи сообщения. В последнем поле сообщения может быть указана контрольная сумма текущего сообщения, начинающаяся с разделителя «*». Контрольная

сумма показывает количество всех символов сообщения, включая даже такие символы как пробелы, расположенных между разделителями «\$» и «*», не включая последние. При передаче данных двоичный код переводится в шестнадцатеричный результат – по 1 байту, то есть в два ASCII-символа (0-9, A-F).

Первые два символа в начале строки являются идентификатором источника, всего их несколько:

GP – идентификатор источника GPS;

GL – идентификатор источника ГЛОНАСС;

GA – идентификатор источника Галилео;

GN – идентификатор источника ГЛОНАСС+GPS, если модуль подключился сразу к нескольким спутникам.

Каждую команду протокола NMEA можно разгруппировать и легко читать в привычном виде для человека. Далее перечислены основные команды протокола и их расшифровка. Каждая команда имеет разделители в виде запятой, а в конце содержится контрольная сумма строки, то есть количество символов в шестнадцатеричной системе [9].

\$GPGGA. Сообщение содержит следующие данные по блокам:

1. время по Гринвичу на момент отправки сигнала;
2. географическая широта местоположения, север/юг;
3. географическая долгота местоположения, запад/восток;
4. идентификатор качества сигнала, где возможны 4 возможных значения: 0 – невозможно определить местоположение, 1 – обычный режим, 2 – дифференциальный режим, 3 – прецизионная точность;
5. количество спутников, естественно, которое отличается от количества видимых;
6. уменьшение точности позиции по горизонтали;
7. высота приёмника над уровнем моря, метры;
8. различие между земным эллипсоидом и уровнем моря, метры;

9. возраст дифференциальных данных GPS, если используется этот режим

10. идентификатор станции при работе в дифференциальном режиме;

11. контрольная сумма строки.

\$GPGLL. Сообщение содержит следующие данные по блокам:

1. географическая широта, север/юг;

2. географическая долгота, запад/восток;

3. время по Гринвичу на момент отправки сигнала;

4. статус верны данные или нет;

5. контрольная сумма строки.

\$GPGSV. Сообщение содержит следующие данные по блокам:

1. число сообщений, 1-9;

2. номер сообщения, 1-9;

3. число видимых спутников, номер спутника;

4. высота в градусах;

5. истинный азимут, в пределах от 0 до 359 градусов;

6. показатель шума сигнала от 0 до 99 дБ;

7. данные о ещё трёх спутниках в виде номера спутника, высоты, азимута, шума

8. контрольная сумма строки.

\$GPRMC. Сообщение содержит следующие данные по блокам:

1. время по Гринвичу на момент отправки сигнала;

2. статус верны ли данные или нет;

3. географическая широта местоположения, север/юг;

4. географическая долгота местоположения, запад/восток;

5. скорость в узлах;

6. направление движения в градусах;

7. нынешняя дата;

8. магнитное склонение в градусах и на запад/восток;

9. контрольная сумма строки.

\$GPGSA. Сообщение содержит следующие данные по блокам:

1. ручной, автоматический режим;
2. режим местоположения: не определено, 2D, 3D;
3. номера спутников, которые использовались для определения местоположения, может быть до 9;
4. 3 фактора помех сигнала и потери точности;
5. контрольная сумма строки.

\$GPZDA. Сообщение содержит следующие данные по блокам:

1. время по Гринвичу на момент отправки сигнала;
2. день, месяц, год;
3. часовой пояс со смещением от Гринвича по часам и минутам;
4. контрольная сумма строки.

\$GPVTG. Сообщение содержит следующие данные по блокам:

1. направление движения в градусах относительно северного полюса;
2. скорость в узлах, скорость в км/ч;
3. контрольная сумма строки.

Примеры сообщений:

\$GPGGA, 004241.47, 5532.8492, N, 03729.0987, E, 1, 04, 2.0, -
0015,M,,,*31

\$GPGLL, 5532.8492, N, 03729.0987, E, 004241.469, A*33

\$GPGSA, A, 3,01, 02, 03, 04,,,,,,,,,2.0, 2.0, 2.0*34

\$GPGSV, 3, 1, 12, 02, 86, 172., 09, 62, 237., 22, 39, 109., 27, 37, 301, *7A

\$GPRMC, 225446, A, 4916.45, N, 12311.12, W, 000.5, 054.7, 191194,
020.3, E*68

\$GPZDA, 172809, 12, 07, 1996, 00, 00*45

\$GPVTG, 360.0, T, 348.7, M,000.0, N, 000.0, K*43

В данных строках присутствуют необработанные данные, которые можно отфильтровать и передавать на сервер. Переданные данные можно

интерпретировать в графический вид, путём парсинга строк. Пример графического отображения данных приведён на рисунке 4.

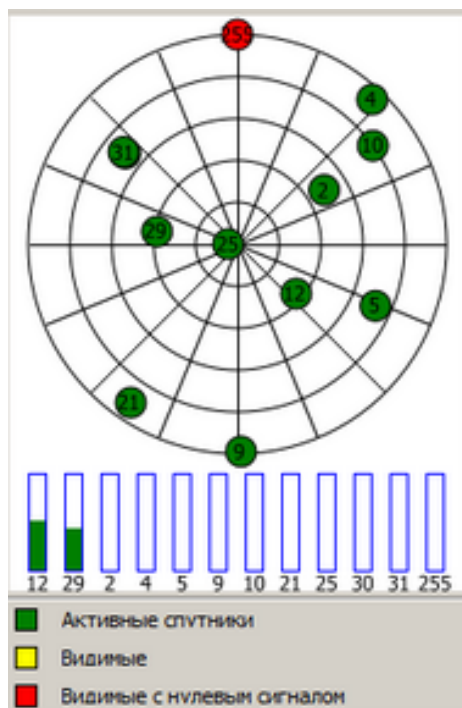


Рисунок 4 – Результат обработки данных формата NMEA

2.3.3 GSM модем

Одним из главных средств связи безэкипажного катера с компьютером оператора является GSM модем. В качестве основного средства связи был выбран модуль SIM900 (рисунок 5).



Рисунок 5 – модуль SIM900

SIM900 имеет следующие характеристики [10]:

- четыре диапазона GSM 850/900/1800/1900 МГц;
- класс передачи данных GPRS multi-slot class 10/8;
- соответствие стандарту GSM фазы 2/2+;
- класс мощности 4 2 Вт в диапазонах 850/ 900 МГц;
- класс мощности 1 1 Вт в диапазонах 1800/1900 МГц;
- размеры: 24* 24 * 3 мм;
- масса: 6,2 г;
- управление AT командами GSM 07.07, 07.05 и фирменные AT команды SIMCOM;
- CSD до 14.4кбит/с;
- встроенный стек TCP/IP, UDP/IP;
- напряжение питания 3,2...4,8 В;
- скорость передачи порта UART по умолчанию 9600 бод.

Диалог между GSM модемом и основным микроконтроллером происходит посредством AT-команд. Набор команд состоит из серий

коротких текстовых строк, которые объединяют вместе, чтобы сформировать полные команды операций, таких как набор номера, прочтение СМС сообщений, начала соединения или изменения параметров подключения. AT-команды в данной разработке обычно отправляются GSM модему с микроконтроллера STM32H103.

Далее будут перечислены только основные команды, которые использовались для передачи данных, подключения к серверу, проверки состояния связи и наладки мобильного интернета [11].

AT – команда тест, используется для проверки связи;

AT+SAPBR=3,1,«CTYPE»,«GPRS» - определить тип связи;

AT+SAPBR=3,1,«APN»,«internet.beeline.ru» - определить сервер оператора;

AT+SAPBR=3,1,«USER»,«beeline» - логин;

AT+SAPBR=3,1,«PWD»,«beeline» - пароль;

AT+SAPBR=1,1 - установить связь GPRS;

AT+SAPBR=2,1 - получение IP-адреса;

+SAPBR: 1,1,«10.229.9.115» - результат;

AT+SAPBR=4,1 – информация о соединении;

AT+SAPBR=0,1 – отключить связь GPRS;

AT+CIPSTART="TCP","109.123.146.175","1234" – подключение к серверу по определенному IP-адресу и порту;

AT+CIPSEND – пересылка информации на сервер;

2.3.4 Микроконтроллер STM32H103

Для организации передачи координат на компьютер оператора используется микроконтроллер STM32H103 представляет из себя плату на базе новейшего микроконтроллера STM32F103 с ядром Cortex-M3. Основные характеристики перечислены далее [12].

- 32 битный с частотой 72МГц ARM Cortex-M3;

- 128кБ Flash-памяти программ;
- 20 КБ RAM;
- два 12-разрядных 16-канальных АЦП;
- Интерфейсы USB, CAN, USART, SPI, I2C, LIN, 49 I/O, LQFP64;
- светодиоды питания и состояния;
- кнопка для нужд пользователя;
- JTAG-интерфейс для внутрисхемной отладки.

ARM Cortex-M3 процессор последняя генерация процессоров ARM для встраиваемых систем. Они были разработаны для дешёвых платформ, отвечающие потребностям MCU с малым количеством выводов и низким энергопотреблением, обеспечивая при этом очень выдающуюся вычислительную производительность и совершенную реакцию системы на прерывания. 32-разрядные RISC-процессоры ARM Cortex-M3 отличаются исключительно эффективностью кода, обеспечивая высокую производительность, ожидаемую от ядер ARM при работе с 8- и 16-разрядными устройствами.

Внутри платы имеется STM32F103 средней плотности со встроенным ядром ARM, совместимое со всеми инструментами и программным обеспечением ARM. Он сочетает в себе высокопроизводительный процессор ARM Cortex-M3 с широким спектром периферийных функций и расширенными возможностями ввода-вывода. В свою очередь STM32H103 это недорогая плата для разработки новых микроконтроллеров различных ревизий, которые можно модернизировать, увеличивать объём ОЗУ, менять модели процессоров на базе Cortex-M3. Эта плата является идеальным решением для разработки периферийных устройств USB.

Микроконтроллер STM32H103 изображен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Микроконтроллер STM32H103

На рисунке 6 показаны две кнопки, ARM процессор, внешний кварц на 8 МГц, JTAG интерфейс, светодиоды. С обратной стороны присутствуют PIN-порты с выводами всех интерфейсов для взаимодействия с любой периферией.

3 Реализация автономной системы навигации для безэкипажного катера

3.1 Интеграция автономной системы навигации в систему управления безэкипажным катером

Автономная система навигации является важной частью всей системы управления безэкипажным катером. Поэтому, спроектированная автономная система навигации интегрируется в архитектуру системы управления безэкипажным катером, которая изображена на рисунке 7.

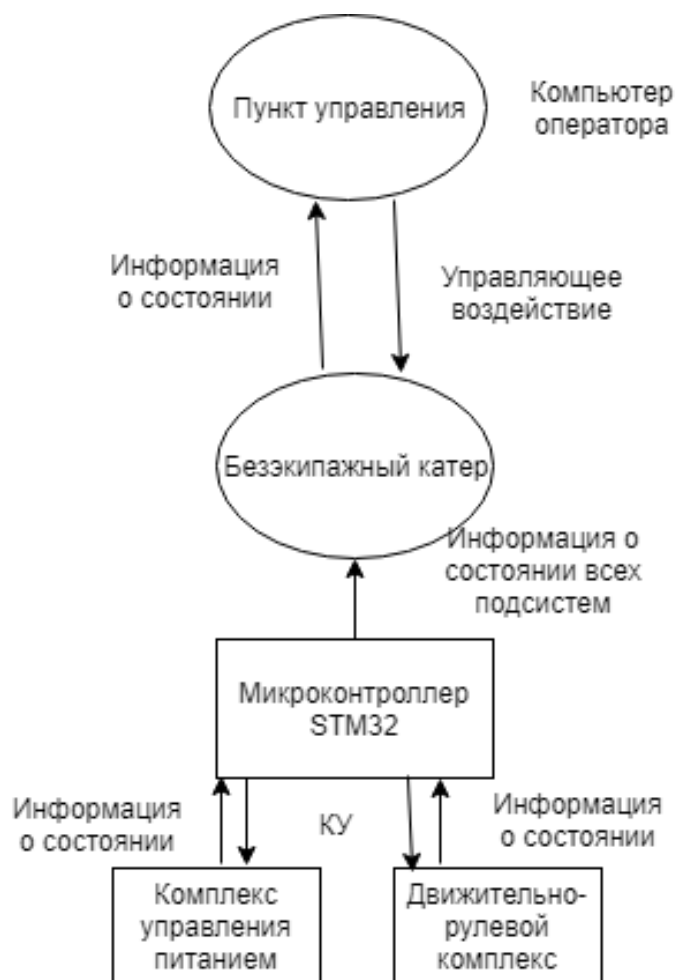


Рисунок 7 – Архитектура системы управления без системы навигации

На рисунке 8 изображена архитектура системы управления безэкипажным катером с интегрированной системой навигации.



Рисунок 8 – Архитектура системы управления с системой навигации

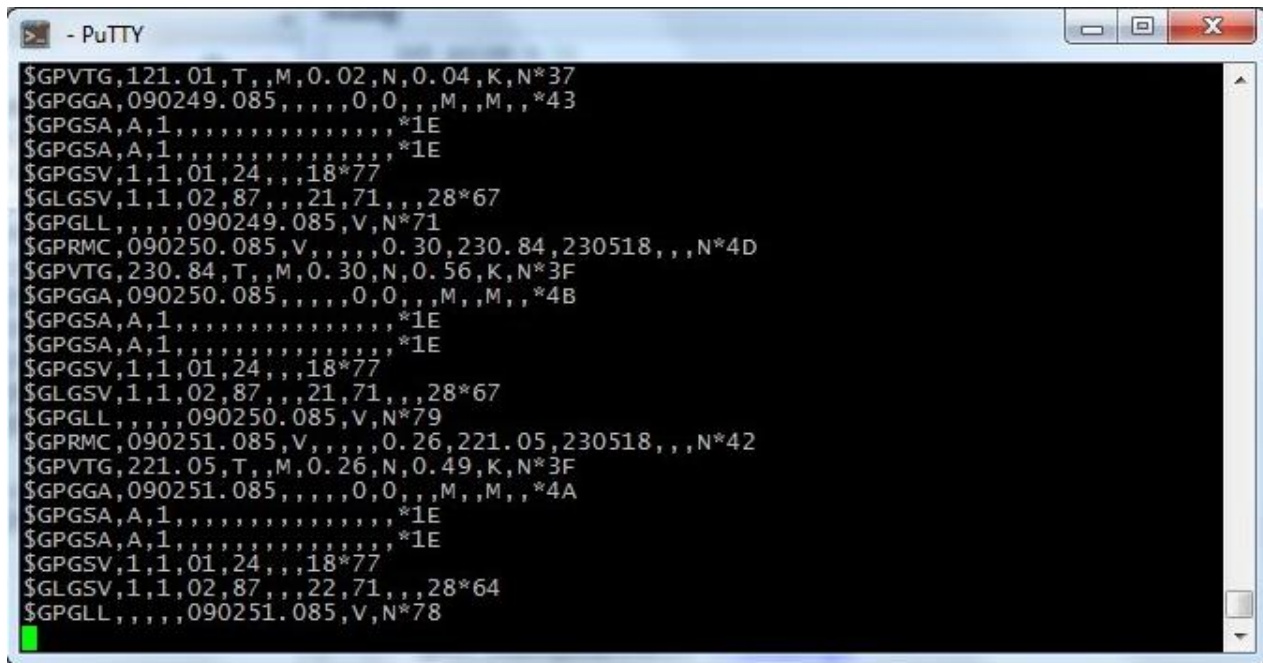
Алгоритм приёма координат с катера включает в себя:

- определение спутников с помощью GNSS приёмника на небосводе;
- приём координат с GNSS приёмника;
- передача данных на микроконтроллер STM32H103;
- передача данных по сети GPRS, либо с помощью модуля радиосвязи;
- приём и обработка данных на компьютере оператора.

3.2 Программная реализация автономной системы навигации для безэкипажного катера

На рисунке 9 изображены данные, передаваемые с GPS на микроконтроллер STM32H103. При установлении соединения

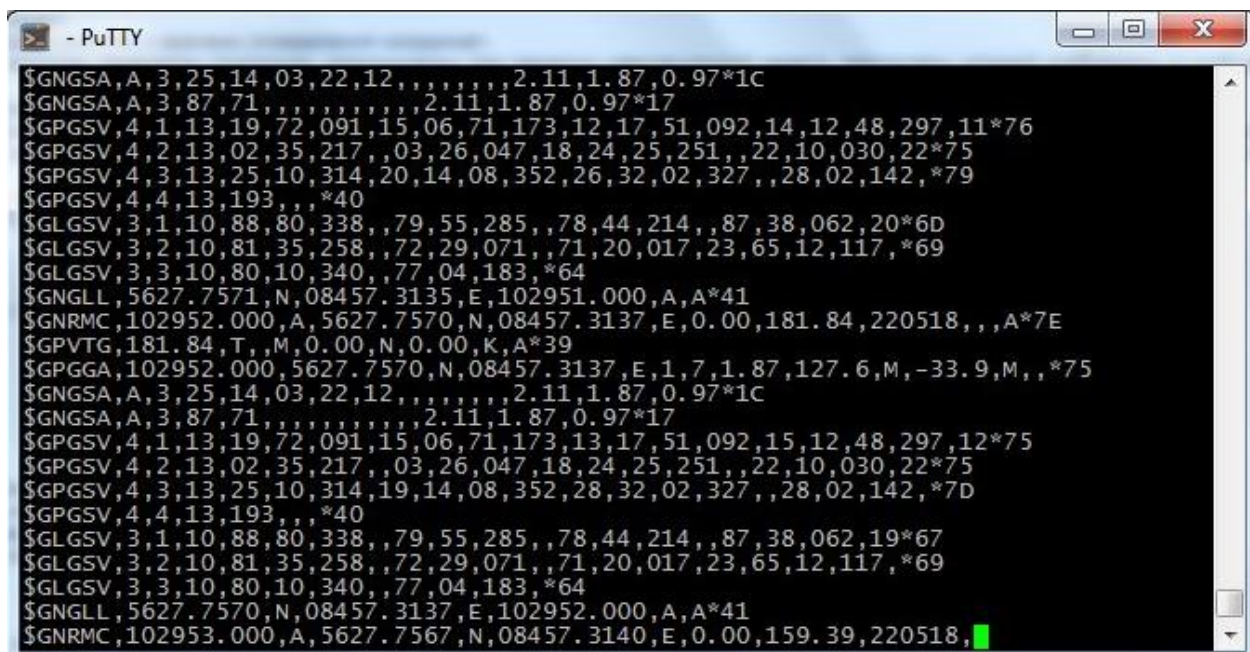
микроконтроллера с GPS модемом, последний начинает поиск спутников и передачу данных о получаемых координатах, количестве спутников и прочие данные, которые в последствии будут переданы серверу для парсинга и графической интерпретации.



```
- PuTTY
$GPVTG,121.01,T,M,0.02,N,0.04,K,N*37
$GPGGA,090249.085,,,,,0,0,,M,,M,,*43
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,1,1,01,24,,18*77
$GLGSV,1,1,02,87,,21,71,,28*67
$GPGLL,,,,,090249.085,V,N*71
$GPRMC,090250.085,V,,,,,0.30,230.84,230518,,,N*4D
$GPVTG,230.84,T,M,0.30,N,0.56,K,N*3F
$GPGGA,090250.085,,,,,0,0,,M,,M,,*4B
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,1,1,01,24,,18*77
$GLGSV,1,1,02,87,,21,71,,28*67
$GPGLL,,,,,090250.085,V,N*79
$GPRMC,090251.085,V,,,,,0.26,221.05,230518,,,N*42
$GPVTG,221.05,T,M,0.26,N,0.49,K,N*3F
$GPGGA,090251.085,,,,,0,0,,M,,M,,*4A
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,1,1,01,24,,18*77
$GLGSV,1,1,02,87,,22,71,,28*64
$GPGLL,,,,,090251.085,V,N*78
```

Рисунок 9 – Приём данных GPS, местоположение не определено

Через несколько минут после старта поиска спутников и определения местоположения, данные принимаемые с GPS становятся более объёмными и информативными, появляются данные о координатах GPS модема и подробные данные о спутниках, скриншот получаемых данных на микроконтроллер STM32H103 изображён на рисунке 10.



```
$GNGSA,A,3,25,14,03,22,12,,,,,,,,,2.11,1.87,0.97*1C
$GNGSA,A,3,87,71,,,,,,,,,2.11,1.87,0.97*17
$GPGSV,4,1,13,19,72,091,15,06,71,173,12,17,51,092,14,12,48,297,11*76
$GPGSV,4,2,13,02,35,217,,03,26,047,18,24,25,251,,22,10,030,22*75
$GPGSV,4,3,13,25,10,314,20,14,08,352,26,32,02,327,,28,02,142,*79
$GPGSV,4,4,13,193,,,*40
$GLGSV,3,1,10,88,80,338,,79,55,285,,78,44,214,,87,38,062,20*6D
$GLGSV,3,2,10,81,35,258,,72,29,071,,71,20,017,23,65,12,117,*69
$GLGSV,3,3,10,80,10,340,,77,04,183,*64
$GNGLL,5627.7571,N,08457.3135,E,102951.000,A,A*41
$GNRMC,102952.000,A,5627.7570,N,08457.3137,E,0.00,181.84,220518,,,*7E
$GPVTG,181.84,T,M,0.00,N,0.00,K,A*39
$GPGGA,102952.000,5627.7570,N,08457.3137,E,1,7,1.87,127.6,M,-33.9,M,,*75
$GNGSA,A,3,25,14,03,22,12,,,,,,,,,2.11,1.87,0.97*1C
$GNGSA,A,3,87,71,,,,,,,,,2.11,1.87,0.97*17
$GPGSV,4,1,13,19,72,091,15,06,71,173,13,17,51,092,15,12,48,297,12*75
$GPGSV,4,2,13,02,35,217,,03,26,047,18,24,25,251,,22,10,030,22*75
$GPGSV,4,3,13,25,10,314,19,14,08,352,28,32,02,327,,28,02,142,*7D
$GPGSV,4,4,13,193,,,*40
$GLGSV,3,1,10,88,80,338,,79,55,285,,78,44,214,,87,38,062,19*67
$GLGSV,3,2,10,81,35,258,,72,29,071,,71,20,017,23,65,12,117,*69
$GLGSV,3,3,10,80,10,340,,77,04,183,*64
$GNGLL,5627.7570,N,08457.3137,E,102952.000,A,A*41
$GNRMC,102953.000,A,5627.7567,N,08457.3140,E,0.00,159.39,220518,
```

Рисунок 10 – Приём данных GPS, местоположение определено

На рисунке 11 представлен сервер на компьютере оператора для обеспечения связи с безэкипажным катером и просмотра клиентов, которые подключены к этому серверу [13]. В данном случае безэкипажный катер выступает в качестве клиента 1 и с определенной периодичностью передаёт данные серверу. Клиент сразу после подключения начинает передачу данных, что можно увидеть на рисунке в текстовом поле.

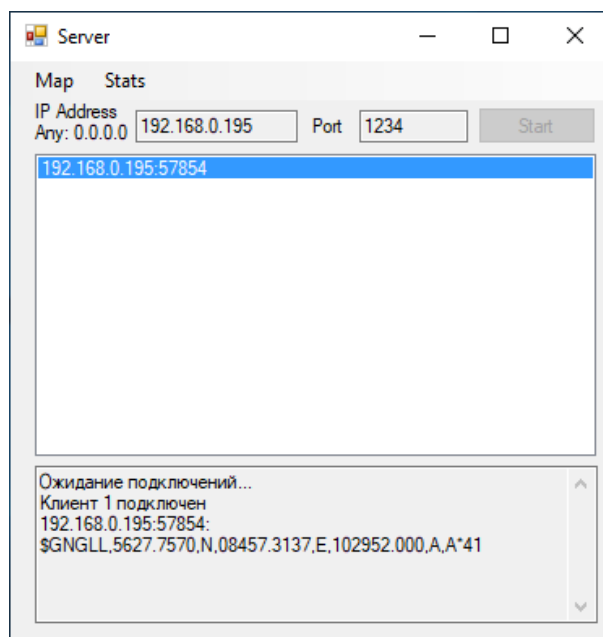


Рисунок 11 – Серверное программное обеспечение на компьютере оператора

Сервер так же способен контролировать местоположение катера визуально на карте, для этого был разработан отдельный модуль, изображенный на рисунке 12. С помощью разработанного модуля можно отслеживать местоположение безэкипажного катера и устанавливать точки, на которые должен переместиться катер для расстановки буёв, либо для иных задач в зависимости от модуля, установленного в отсек полезной нагрузки.

В случае потери связи с катером, сервер будет продолжать работу, но всем клиентам, подключенным к нему, передавать сообщение об обрыве соединения. Если подключение с катером оборвано, на сервере всегда остается не занятым первое место для клиента. Попытка подключения со стороны катера будет предприниматься раз в 2 секунды. При невозможности установить связь по GPRS, будет предпринята попытка подключиться по радиосвязи, которая так же контролируется сервером (станцией оператора).

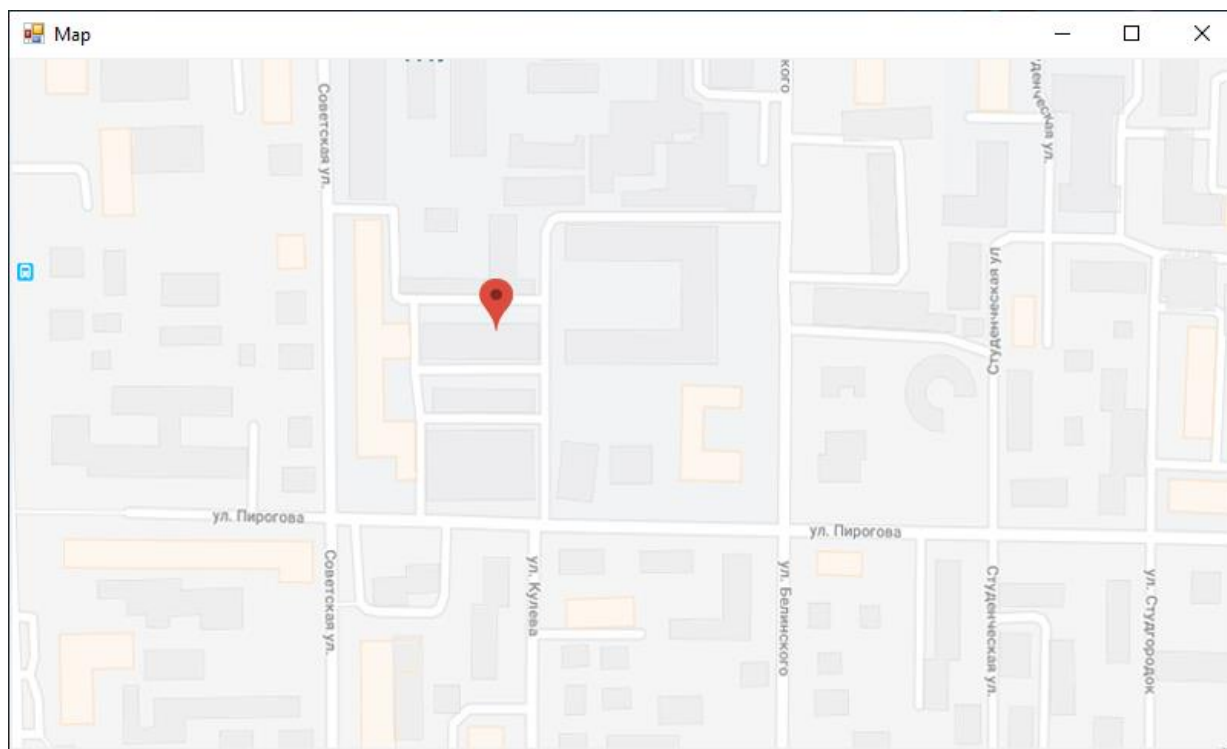


Рисунок 12 – Программный модуль, отслеживающий местоположение безэкипажного катера по координатам

Выше был представлен интерфейс программного обеспечения сервера для компьютера оператора. На компьютере оператора должно быть

установлено так же программное обеспечение для управления и контроля показателей безэкипажного катера, а также отслеживания местоположения. На рисунке 13 представлена клиентская часть пульта оператора.

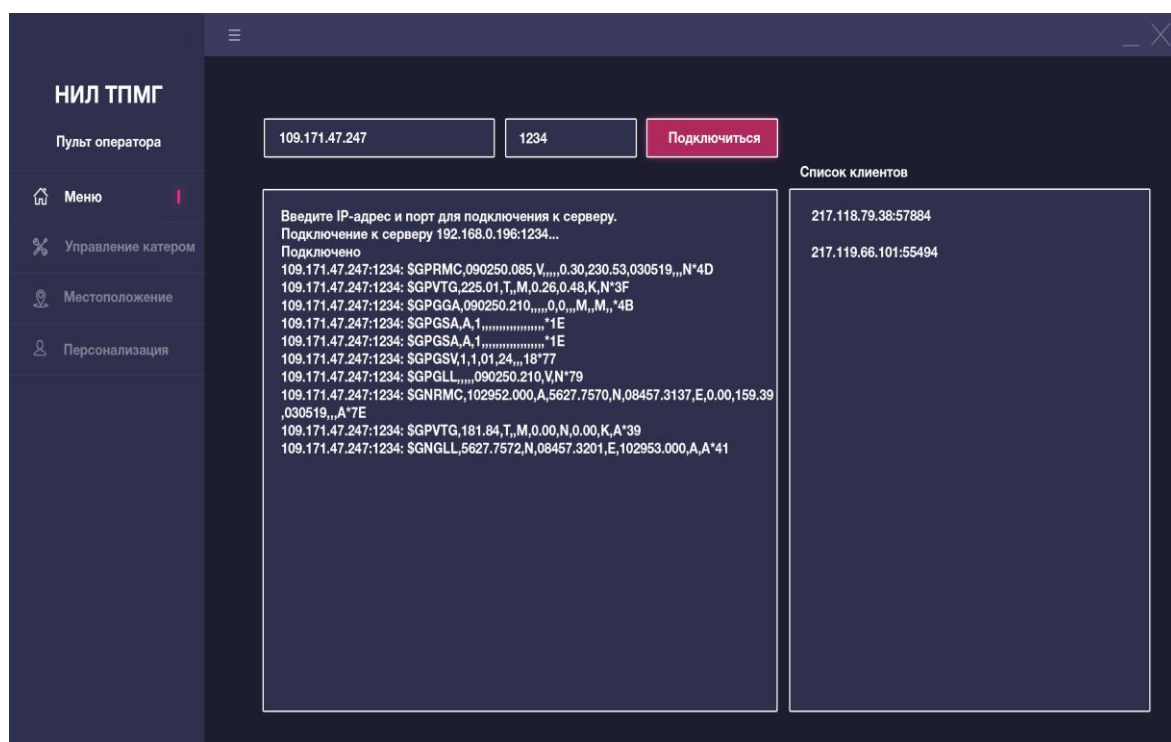


Рисунок 13 – Клиентская часть пульта оператора, «меню»

На скриншоте клиентской части пульта оператора изображены два текстовых поля, нужные для подключения к серверу, заранее запущенному на компьютере оператора. Для подключения к серверу необходимы IP-адрес и порт сервера. Подключение происходит по протоколу TCP/IP. В текстовом поле ниже текстовых полей IP-адреса и порта сервера отображается текстовая информация, поступающая с сервера и информационные сообщения. На рисунке 13 в текстовом поле, отображающее приходящие данные с сервера, отображены команды протокола NMEA, в которых содержатся данные о нынешнем состоянии связи на катере. В данном случае, происходит определение местоположения катера.

Список справа от текстового поля сообщений с сервера отображает IP-адреса и порты подключенных в данный момент устройств. В данном случае, к серверу подключены два устройства:

1. GSM модем безэкипажного катера;
2. Само клиентское приложение компьютера оператора.

Гамбург-меню слева позволяет легко переключаться между основным функционалом клиентского приложения. При переключении на вкладку «местоположение» отобразится интерфейс, изображённый на рисунке 14.

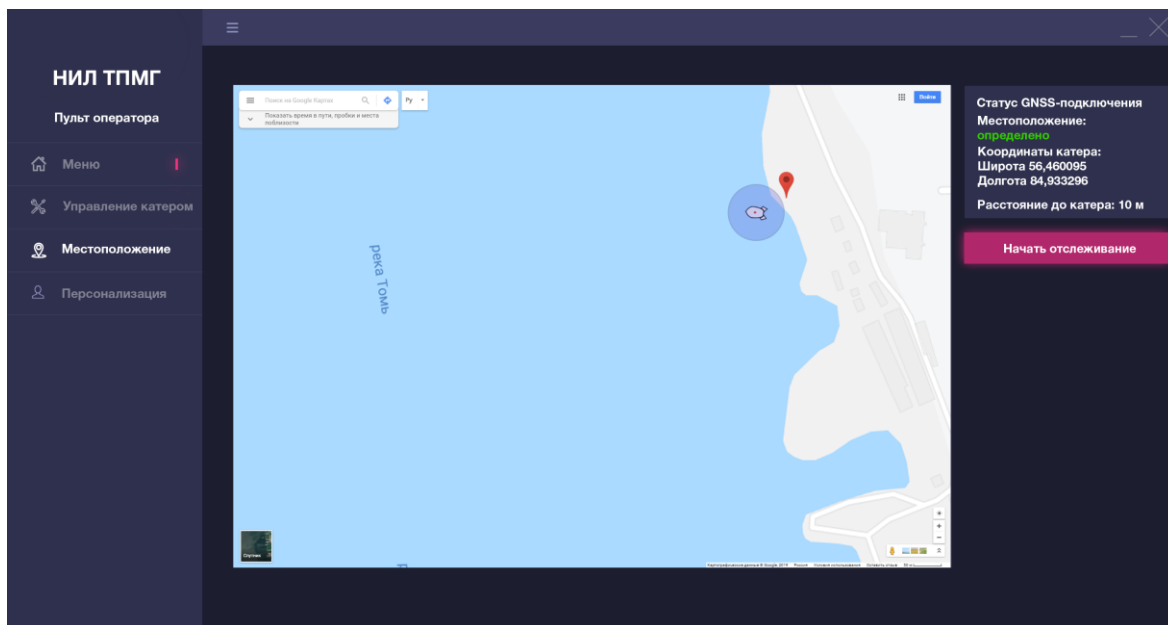


Рисунок 14 – Клиентская часть пульта оператора, «местоположение»

Тестирование проводилось в лабораторных условиях со всем техническим комплексом – микроконтроллер STM32H103, GNSS модем, GSM модем, компьютер оператора, модуль радиосвязи. На рисунке 14 изображена карта местности, загружаемая через интернет, либо загруженная заранее для отслеживания местоположения катера и пульта оператора. Также, отображена краткая информация о статусе GNSS-подключения, состоянии местоположения, координаты катера и расстояние от оператора до катера. При нажатии на кнопку «Начать отслеживание», на карте будет отображаться пунктирная линия, отображающая примерную траекторию катера с момента начала отслеживания. Информация о местоположении безэкипажного катера обновляется динамично, пока связь катера и компьютера оператора стабильна.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В нижеприведенной главе дипломного проекта дается оценка экономического эффекта и ресурсосбережения от применения потребителями разработанной в магистерском дипломном проекте автономной системы навигации для безэкипажного катера.

Целью представленной магистерской диссертации является разработка автономной системы навигации для безэкипажного катера. Для достижения данной цели необходимо было выполнить ряд задач, дать оценку коммерческих возможностей проекта, выявить его ресурсосберегающий потенциал, определить финансовую эффективность исследования.

Объектом исследования выступает безэкипажный катер промежуточного класса. В работе рассматривается отдельный и крайне важный модуль катера – автономная система навигации. Данное исследование призвано выявить возможные финансовые проблемы и предложить варианты улучшения функций системы.

В данном разделе: выявлены потенциальные потребители результатов исследования, дан анализ конкурентных технических решений, описаны и проанализированы финансово-экономические аспекты выполненной работы. Произведена оценка денежных затрат на исследование и закупку модулей, дана приближенная экономическая оценка результатов его внедрения. В заключении дана комплексная оценка научно-техническому уровню работы.

Целью раздела является определение перспективности научно-исследовательского проекта и проектирование конкурентоспособных разработок.

Задачами раздела являются:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

- планирование работ по научно-исследовательскому проекту с использованием линейного графика;
- расчет бюджета научного-технического исследования;
- определение экономической эффективности исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Данная разработка применима во многих современных областях навигационных систем, но главное её применение – безэкипажный катер промежуточного класса. В связи с этим были рассмотрены категории потребителей, рассмотрен целевой рынок и проведено его сегментирование.

Предполагается применение автономной системы навигации в области судовождения, автономных необитаемых подводных аппаратах во время нахождения их на поверхности воды. Данная система может работать на компьютере оператора и демонстрировать актуальную информацию о местоположении водного судна.

Таблица 6 - Сегментирование рынка

		Область применения		
		Безэкипажные катера	АНПА	Океанография
Использование системы	В пределах страны	Долгосрочная перспектива		
	В пределах региона			
	В пределах города	Краткосрочная перспектива		

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Проведем сравнительный анализ конкурентных технических решений, существующих на рынке: «автономная система навигации АНПА», «автомобильная система навигации». Для этого была использована оценочная карта (таблица 7).

Таблица 7 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Соответствие задачам и потребностям заказчика	0,2	5	5	4	1	1	0,8
2. Точность определения местоположения	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
3. Стабильность подключения	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
4. Удобство интерфейса	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
5. Надежность и безопасность	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность технологии	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
2. Цена технологии	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Срок внедрения	0,05	3	3	2	0,15	0,15	0,1
4. Наличие сертификации разработки	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
Итого	1				4,35	4	4,05

О приведенных конкурентах нужно знать, так как они могут предоставлять свои системы лучшие по характеристикам. Автомобильная навигационная система предназначена для определения положения транспортного средства, выбора и сопровождения маршрута движения. Её

основными преимуществами является таргетированность на автомобили, автоматический расчёт маршрута до пункта назначения. Навигационная система АНПА предназначена исключительно для АНПА и её основными преимуществами являются: выполненное заданной миссии, стабилизация движения аппарата, коррекция местоположения при всплытии.

Для оценки ресурсоэффективности были выбраны следующие критерии: соответствие задачам и потребностям, точность определения местоположения, стабильность подключения, удобство интерфейса, надежность и безопасность. Наиболее значимым критерием является соответствие задачам и потребностям.

Для оценки эффективности были выбраны следующие экономические критерии: конкурентоспособность технологии, цена, срок внедрения и наличие сертификации разработки.

Результаты анализа выявили, что разработанная технология выгодно отличается от конкурентов благодаря соответствию задачам и потребностям заказчика, скорости определения местоположения и стабильности подключения.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ является одним из самых распространенных методов стратегического планирования, при котором определяются сильные, слабые стороны, возможности и угрозы проекта (таблица 8).

Таблица 8 - SWOT-анализ

	Сильные стороны: С1. Удобство в эксплуатации; С2. Конкурентоспособность разработки; С3. Универсальность; С4. Модернизируемость.	Слабые стороны: Сл1. Неквалифицированные пользователи системы; Сл2. Длительный период подготовки к выходу продукта на рынок; Сл3. Временные и интеллектуальные
--	--	--

		затраты на реализацию.
Возможности: В1. Использование на безэкипажном катере; В2. Использование совместно с автономными необитаемыми подводными аппаратами; В3. Расширение функционала системы.	Разработанная автономная система навигации для безэкипажного катера является универсальной и может быть установлена на любом компьютере оператора с соответствующими модулями и их последующей настройкой. Также, возможна модернизация системы и добавление новых функций.	Создание инструкции и предоставление консультации позволит оператору своевременно разобраться с системой. При разработке учитывать затратные по времени этапы и акцентировать внимание на них.
Угрозы: У1. Потеря конкурентоспособности; У2. Сбои в работе; У3. Устаревание технической части автономной системы навигации.	Сбои в работе можно исключить за счёт грамотного выбора инструментов решений поставленных задач. Проводить анализ рынка для удовлетворения требований клиентов.	Исследование новых технических решений для расширения функционала системы и упрощения работы с ней.

В результате SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны разработки автономной системы навигации. Особенностью данной системы является универсальность её применения на любом компьютере оператора, а также, естественно, определение местоположения безэкипажного катера во время выполнения миссии на акватории и отсутствие таких систем на катерах данного типа. Слабые стороны по возможности необходимо минимизировать, базируясь, прежде всего на сильных сторонах и потенциальных возможностях разработки.

Была проведена оценка потенциальных потребителей результатов исследования, где указано, что автономная система навигации может применяться как на безэкипажных катерах, АНПА и для исследовательских целей в области океанографии. Проведён анализ конкурентных технических

решений, где рассмотрена автономная система навигации АНПА и автомобильная система навигации. Анализ показал, что разработанная технология выгодно отличается от конкурентов.

4.2 Планирование проектных работ

4.2.1 Структура работ в рамках проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществлено в следующем порядке:

- определение структуры работ проекта;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектной работы.

Для выполнения технического задания была сформирована рабочая группа. По каждому виду запланированных работ установлена соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ проекта, а также произведено распределение исполнителей по видам работ (таблица 9).

Таблица 9 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Обзор и анализ	1	Проведение обзора и анализа альтернативных решений	Руководитель, разработчик
Разработка автономной системы навигации	2	Разработка технического задания	Руководитель, разработчик
	3	Выбор и закупка комплектующих для катера	Разработчик, руководитель
	4	Написание прошивки для STM	Руководитель, разработчик
	5	Тестирование программного модуля на тестовом образце	Руководитель, разработчик

	6	Общее описание программного модуля сервера на компьютере	Разработчик
	7	Написание программного модуля сервера для компьютера оператора	Разработчик
	8	Тестирование автономной системы навигации	Разработчик, руководитель
Изложение выполненной работы в пояснительной	9	Создание отчета по проделанной работе	Разработчик

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проекта.

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула 7:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5}, \quad (7)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Расчеты $t_{\text{ож}i}$ занесены в таблицу 10.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое

вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости проекта составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (8)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Расчеты продолжительности работ представлены также в таблице 10.

4.2.3 Разработка графика проведения проекта

Наиболее удобным и наглядным способом отслеживания выполнения проектной работы является диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта - горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой 9:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (9)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 10:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{247} = 1,4777, \quad (10)$$

Где $T_{\text{кал}}$ - количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ - количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ - количество праздничных дней в году.

Тогда длительность каждого из этапов работ в календарных днях будет равна $T_{ki} = T_{pi} * k_{кал} = T_{pi} * 1,4777$. Все рассчитанные значения сведены в таблицу 10.

Таблица 10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	tmin, чел-дни	tmax, чел-дни	tожі чел-дни			
Проведение обзора и анализа альтернативных решений	4	6	4,8	Руководитель, разработчик	2,4	3,5
Разработка технического задания	6	10	7,6	Руководитель, разработчик	3,8	5,6
Выбор и закупка комплектующих для катера	1	2	1,4	Разработчик	1,4	2,1
Написание прошивки для STM	30	35	32	Руководитель, разработчик	16	23,6
Тестирование программного модуля на тестовом образце	5	7	5,8	Руководитель, разработчик	2,9	4,3
Общее описание программного модуля сервера на компьютере	2	5	3,2	Разработчик	3,2	4,7
Написание программного модуля сервера для компьютера оператора	25	28	26,2	Разработчик	26,2	38,7

Тестирование автономной системы навигации	3	5	3,8	Разработчик	3,8	5,6
Создание отчета по проделанной работе	4	6	4,8	Разработчик	4,8	7,1

На основе таблицы 10 построен календарный план-график для максимального по длительности исполнения работ в рамках выполняемого проекта. На рисунке 15 разбивка по месяцам и неделям за период времени дипломирования. Синим цветом показаны задачи, исполнителем которых являлся только разработчик, зеленым – совместно решаемые задачи.

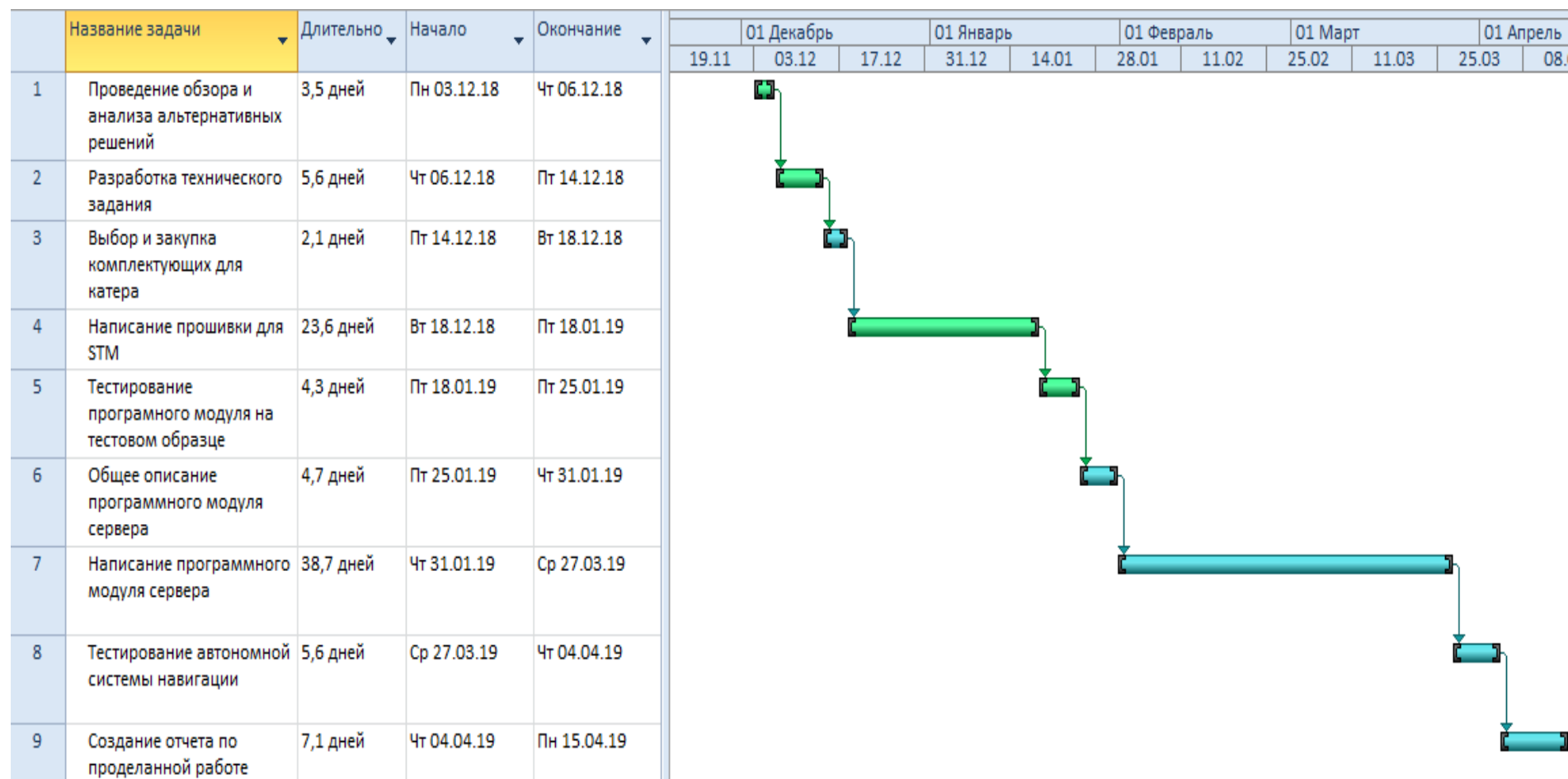


Рисунок 15 – Диаграмма Ганта

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет НТИ должен включать в себя:

- Расчёт материальных затрат;
- Основная заработная плата исполнителей темы;
- Дополнительная заработная плата;
- Отчисления во внебюджетные формы (страховые отчисления);
- Накладные расходы;
- Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Произведём расчёт всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые материалы и техника необходимые для разработки;
- материалы, используемые в процессе создания научно-технической разработки для обеспечения нормального технологического процесса и на другие нужды, такие как проведение испытаний, эксплуатация, транспортировка, обработка материалов и прочее.

В материальные затраты, также включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, флэшки и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (11)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки занесены в таблицу 11.

Таблица 11 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Ноутбук	шт	1	32 000	32 000
Компьютерный стол	шт	1	4 500	4500
Wi-Fi модуль	шт	1	500	500
GSM модуль	шт	1	1000	1000
STM32F103	шт	1	400	400
Радиомодуль	шт	2	3700	7400
Монитор	шт	1	8900	8900
Офисный стул	шт	1	1500	1500
Итого				56200

4.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата рассчитывается по формуле 12:

$$C_{\text{осн/зп}} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_{\text{зп}i}, \quad (12)$$

где n – количество видов работ;

t_i – затраты труда на выполнение i -го вида работ, в днях;

$C_{\text{зп}i}$ – среднедневная заработная плата работника, выполняющего i -ый вид работы, руб/день.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 13:

$$C_{\text{зп}i} = \frac{D \cdot K \cdot M_p}{F_0}, \quad (13)$$

где D – месячный должностной оклад работника;

K – коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям и районный коэффициент ($K=1,3$);

M_p – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_0 – действительный годовой фонд рабочего времени работника, в днях.

При отпуске 28 дня $M_p=11,08$.

Результаты расчета действительного годового фонда проведены в таблице 12.

Таблица 12 - Годовой фонд рабочего времени

Показатели рабочего времени, дни	Исполнение
Календарное число дней в году	365
Количество нерабочих дней	104
Выходные	13
Праздники (фактически по каждому году)	
Планируемые потери отпуска	28
Действительный годовой фонд	220

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице 13.

При этом затраты на оплату труда студента-дипломника определяются как

оклад студента ($D = 3721,25$), а оклад руководителя проекта составляет 43100. Коэффициент K , учитывающий районный коэффициент равный 1,3.

Таблица 13 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	Среднедневная заработная плата $C_{\text{зн}}$ (руб.)	Трудоемкость (t_i), чел-дни	Затраты на основную зарплату (руб.)
Руководитель	2821,87	25,1	70829,05
Разработчик	240,41	64,5	15506,82
Итого			86335,87

4.2.4.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 14:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (14)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$k_{\text{доп}}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 14.

Таблица 14 - Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата(руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	Дополнительная зарплата(руб.)
Руководитель	70829,05	0,12	8499,5
Разработчик	15506,82	0,12	1860,8
Итого			10360,3

4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 15:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (15)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2019 году вводится пониженная ставка страховых взносов — 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	70829,05	8499,5
Разработчик	15506,82	1860,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого		
Исполнение 1	26204,7	

4.2.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по формуле 16:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов равна 16%.

Исполнение 1: $(56200+86335,87+10360,3+26204,7) \cdot 0,16=22898,38$

4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 16.

Таблица 16 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	56200
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	86335,9
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10360,3
Отчисления во внебюджетные фонды	26204,7
Накладные расходы	28656,139
Бюджет затрат НТИ	207757

Вывод: В данной части раздела рассмотрено планирование проектных работ. В частности, составлена структура работ в рамках проекта, определена трудоёмкость выполнения работ, разработан график проведения проекта, продемонстрированный на диаграмме Ганта. Основываясь на данных,

полученных в пунктах 2.4.1 – 2.4.6, был рассчитан бюджет затрат научно-исследовательской работы, рассчитаны материальные затраты, зарплаты разработчика, руководителя, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы.

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 17:

$$I_{\text{финр}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (17)$$

где $I_{\text{финр}}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_p – стоимость исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Расчет:

$$I_{\text{финр}} = \frac{207757}{250000} = 0,83$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности исполнения объекта исследования можно определить по формуле 18:

$$I_p = \sum a \cdot b, \quad (18)$$

где I_p – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a – весовой коэффициент;

b – бальная оценка, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 17.

Таблица 17 - Сравнительная оценка характеристик варианта исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Оценка выполнения
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	5
3. Экономия времени	0,2	4
4. Простота исполнения	0,1	3
5. Надежность	0,25	5
ИТОГО:	1	

$$I_p = 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,3 = 4,45;$$

Исходя из вычислений, показатель ресурсоэффективности выполнения имеет достаточно высокое значение (по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 19:

$$I_{\text{исп}} = \frac{I_p}{I_{\text{финр}}} = \frac{4.45}{0.83} = 5,35, \quad (19)$$

Полученное значение интегрального показателя эффективности исполнения разработки превысил максимальный балл в системе оценивания. Это говорит о том, что результат работы можно считать положительным, так как оценка интегрального показателя ресурсоэффективности близка к максимальной [14].

Выводы по разделу:

В ходе работы был определен целевой рынок проекта, построена карта сегментирования.

В рамках анализа определена трудоемкость данного проекта, она равна 90 дням. На основании трудоемкости была построена диаграмма Ганта.

Так же были рассчитаны величины затрат научно-исследовательских работ. В результате проведенных расчетов, бюджет затрат НТИ составил 207757.

После проведенных сравнений и расчетов мы можем сделать вывод, что разработка автономной системы навигации для безэкипажного катера является перспективной разработкой, а также привлекательной для инвесторов, так как является бюджетной.

5 Социальная ответственность

Направление данной магистерской диссертации связано с разработкой программного обеспечения на языках Си, С# для создания прошивки на микроконтроллер STM32H103 и создания серверного приложения для компьютера оператора. Цель проекта - разработка автономной системы навигации для безэкипажного катера. Областью применения данной работы является безэкипажный катер. Потенциальными пользователями разработанной системы могут являться безэкипажные катера, автономные необитаемые подводные аппараты, океанография.

Созданная автономная система навигации для безэкипажного катера рассчитана на использование её исключительно для навигации надводных безэкипажных аппаратов, но также имеется возможность её модернизации для иных устройств. Система разрабатывалась за персональным компьютером в кабинете № 320 Кибернетического центра Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Данная работа является актуальной и значимой, так как является неотъемлемой частью безэкипажного катера промежуточного класса для работы с объектами различных типов, в частности для расстановки длиннобазной навигации на акватории. Без автономной системы навигации невозможна расстановка контрольных точек на акватории для расстановки длиннобазной навигации и отслеживание безэкипажного катера на акватории.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для обеспечения безопасности при работе определяют следующие требования к организации рабочих мест пользователей:

- рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»;

- конструкция рабочей мебели (компьютерный стол, офисное кресло, подставка для ног) должна предусматривать возможность регулировки в соответствии с индивидуальными особенностями пользователя для создания комфортных условий для выполнения работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство в радиусе как минимум 60-120см;

- оригинал-держатель должен быть установлен на уровне экрана.

В соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), рациональная организация труда в течение пятидневной рабочей недели предусмотрена статьями 91, 108:

- продолжительность рабочей смены, не превышающей 8 часов (не более 40 часов в неделю);

- перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается.

Обязательно должен быть предусмотрен предварительный медосмотр, который осуществляется при приеме на работу, и периодические медосмотры.

Также перед приемом на работу каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности, а в дальнейшем с работником должен быть проведен инструктаж по электробезопасности и охране труда.

Характеристика помещения:

- ширина рабочего помещения 3 м, длина – 6 м, высота – 2,8 м;
- площадь – 18 м²;
- объём помещения - 50,4 м³;
- имеется кондиционер и естественная вентиляция: двери, окна;

- искусственное освещение;
- естественное освещение.

В данном помещении оборудовано два рабочих места, одновременно в работе обычно задействованы 2 человека. Следовательно, в среднем на одного сотрудника приходится не менее 25,2 м³ объема помещения и не менее 9 м² площади, что удовлетворяет требованиям санитарных норм, согласно которым для одного работника должны быть предусмотрены площадь величиной не менее 6 м² и объем не менее 24 м³, с учетом максимального числа одновременно работающих в смену.

5.2 Производственная безопасность

Так как на состояние офисных работников (программистов) химические и биологические факторы не оказывают существенного влияния, то основное внимание будет уделено физическим и психофизиологическим факторам.

Для представления всех вредных и опасных факторов необходимо классифицировать их в соответствии с нормативными документами (таблица 18).

Таблица 18 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [21] 2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [22]

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	3. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[23] 4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. [24]
3. Превышение уровня шума		+		5. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [25]
4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями.	+	+	+	6. СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». [26] 7. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" [27] 8. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. [28]
5. Психологические факторы	+	+	+	9. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения [29]
6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	10. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация» [30] 11. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

5.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Гигиенические нормативы на параметры микроклимата в рабочей зоне даны в ГОСТ 12.1.005-88. Микроклимат в рабочей зоне определяется действующими на организм человека сочетаниями влажности, температуры воздуха и окружающих поверхностей и скорости движения воздуха. Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 выполняемая работа относится к категории легкая (16) - интенсивность энергозатрат в пределах 121-150 ккал/час (140-174 Вт), это работы сидя, стоя или связанные с ходьбой с некоторым физическим напряжением.

В рассматриваемом помещении в холодный период температура поверхностей и температура воздуха составляет 230С и 240С соответственно, а влажность воздуха 45%; а в теплый период температура поверхностей и температура воздуха - 250С и 260С соответственно. Сравнивая со значениями из таблицы, отклонений от норм не выявлено (таблица 19).

В данном случае температура воздуха и температура поверхностей составляют 210С и 220С при относительной влажности 45% в холодный период года; 250С и 260С при относительной влажности воздуха 50% в теплый период года, что соответствует нормам (таблица 20).

Таблица 19 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, 0С	Температура поверхности, 0С
Холодный	60-40	0,1	21 - 23	20 - 24
Теплый	60-40	0,1	23 - 25	22 - 26

Таблица 20 - Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с		Температура воздуха, 0С		Температура поверхностей, 0С
		для диапазона температур	для диапазона температур	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	15 - 75	0,1	0,2	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0
Теплый	15 - 75	0,1	0,3	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0

5.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение оказывает влияние на общее самочувствие и настроение, определяет эффективность труда. Нерационально организованное освещение может явиться причиной травматизма: недостаточно освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта.

В компьютерных комнатах должно быть как естественное, так и искусственное освещение. Естественное освещение обеспечивается за счет оконных проемов, коэффициент искусственного освещения (КЕО) которых должен быть не менее 1,2% в местах, где имеется снежный покров и не менее 1,5% на остальной территории. Свет из окна должен падать с левой стороны

от пользователя. Естественное освещение в кабинете осуществляется через один оконный проем размером 1 на 1,3 метра в наружной стене. Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 указаны в таблице 21.

Таблица 21 - Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помеще ния	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, ЛК				
		При верхнем комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбини рованном освещении		При общем освещении	Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, К _п , %, не более
всего	от общего									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кабин еты, рабоч ие комна ты	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300	40	15
Помеще ния для работы с дисплея ми и видеоте рминала ми, залы ЭВМ	Г – 0,8 Экран монито ра : В – 1,2	3,5 -	1,2 -	2,1 -	0,7 -	500 -	30 0 -	400 200	15 -	10

Для организации искусственного освещения в помещениях, в которых работают за персональными компьютерами, рекомендуется применять светильники типа ЛПО36. Также допустимо применять светильники прямого света, преимущественно отраженного света типа ЛПО5, ЛПО13, ЛСО4, ЛПО34, ЛПО31 с люминесцентными лампами типа ЛБ. Ещё допускается применение светильников местного освещения с лампами накаливания. Светильники должны располагаться линиями (прямыми или прерывающимися) так, чтобы при различном расположении компьютеров они были параллельны линии зрения пользователя. Защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Для того чтобы производственное освещение в помещении соответствовало всем нормам, нужно не менее двух раз в год мыть стекла и светильники, а также следить за работой светильников и при необходимости менять вышедшие из строя лампы.

Когда естественного освещения недостаточно, необходимо использовать общее искусственное освещение. В качестве основных источников искусственного освещения используются лампы белого и дневного света ЛБ-20 и ЛД-20.

В помещении, в котором проводилась работа, используются рядно расположенные потолочные светильники с люминесцентными лампами. В результате анализа освещенности рабочего места отклонений от норм выявлено не было. Уровень освещенности соответствует нормам в разные периоды светового дня.

Произведем расчет освещения производственного помещения. Рассматриваемое помещение имеет светлый цвет потолков и стен, серое покрытие пола. Длина помещения (a) – 6 м., ширина (b) – 3 м., высота (h) – 2,8 м. В качестве источника света используются светильники, каждый из которых содержит по $n=4$ люминесцентные лампы мощностью 18 Вт.; общая яркость светового потока (Φ) 1150 Лм.

Помещение предназначено для работы за персональным компьютером, поэтому нормой освещенности (Е) для него согласно СНиП 23-05-95 станет 200 Лк, рабочая плоскость стола находится на расстоянии (h_1) 0,8 м. над уровнем пола, коэффициент запаса (k_3) равняется 1,5, а коэффициенты отражения: для потолка – 0,8; для стен – 0,5; для пола – 0,3. Сначала находим площадь помещения (S): $3 \cdot 6 = 18 \text{ м}^2$.

Далее находим индекс помещения по формуле 20:

$$\varphi = \frac{S}{(h-h_1) \cdot (a+b)} = \frac{18}{(2.8-0.8) \cdot (3+6)} = 1 \quad (20)$$

Теперь на основании показателей отражения поверхностей и высчитанного индекса можно из таблицы определить коэффициент использования (U). В данном случае он равняется 0,51. Определим необходимое количество светильников по формуле 21:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{U \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \cdot 18 \cdot 1,5}{0,51 \cdot 4 \cdot 1150} = 2,3 \approx 3 \quad (21)$$

В помещении, в котором проводилась работа, используются рядно расположенные потолочные светильники с люминесцентными лампами. Проведенные расчеты показали, что минимальное число светильников должно быть равно 3. В результате анализа освещенности рабочего места отклонений от норм выявлено не было. Уровень освещенности соответствует нормам в разные периоды светового дня.

5.2.1.3 Превышение уровня шума

В случае постоянного нахождения при шуме более 85 децибел могут наблюдаться нарушения слуха. Также шум может мешать сконцентрироваться и являться фактором стресса, тем самым повышая систолическое кровяное давление; может привести к несчастным случаям, препятствуя получению предупредительных сигналов.

Для кабинета, в котором осуществлялась работа магистранта, основными источниками шума являются расположенные в помещении компьютеры и кондиционер.

Уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений регламентирует ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности».

Помещения, в которых для работы используют компьютеры, не должны соседствовать с помещениями, в которых уровни шума превышают нормируемые значения. В помещениях, которые оборудованы компьютерами, которые являются основным источником шума, уровень шума на рабочем месте должен быть не более 50 дБ.

Рассматриваемый кабинет по уровню производственных шумов не выходит за рамки допустимых значений. Уровень шума менее 50 дБ.

5.2.1.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями

Во время работы за компьютером человек подвергается воздействию электромагнитного и электростатического полей.

Создаваемое персональным компьютером электромагнитное излучение имеет электрическую (Е) и магнитную (Н) составляющие, а также сложный спектральный состав с диапазоном частот от 0 до 1000 МГц.

Основным источником электромагнитных излучений является монитор, в состав которого входит трансформатор высокой частоты строчной развертки. На сегодняшний день ЭЛТ-мониторы потеряли свою популярность. Их вытеснили ЖК-мониторы, уровень электромагнитного излучения, которых гораздо меньше.

СанПиН 2.2.4.1191-03 определяет нормы допустимых уровней напряженности электрических полей. Они зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей

зоне в часах рассчитывается по формуле $T=50/E-2$. Если напряженность электрического поля лежит в диапазоне 20–25 кВ/м, то работа не может продолжаться более 10 минут. При напряженности не превышающей 5 кВ/м деятельность людей в рабочей зоне может осуществляться в течение 8 часов.

Еще одним нормативным документом в данной сфере является СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», регламентирующий безопасные уровни излучений.

В таблицах 22-23 представлены предельно-допустимые уровни напряженности на рабочих местах и допустимые уровни электромагнитных полей.

Таблица 22 - Предельно-допустимые уровни напряженности на рабочих местах

Время воздействия за рабочий день, мин	Условия воздействия			
	Общее		локальное	
	ПДУ напряженности кА/м	ПДУ магнитной индукции мТл	ПДУ напряженности кА/м	ПДУ магнитной индукции мТл
0 - 10	24	30	40	50
11 - 60	16	20	24	30
61 - 480	8	10	12	15

Таблица 23 - Допустимые уровни электромагнитных полей

Наименование параметра	Допустимые уровни
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг дисплея до электрической составляющей, В/м, не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25 2,5
Плотность магнитного потока на расстоянии 50 см вокруг дисплея, нТл, не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	250 25

Поверхностный электростатический потенциал, В, не более	500
---	-----

Для снижения уровня излучений проводятся следующие мероприятия:

- сертификация ПК и аттестация рабочих мест;
- применение фильтров и экранов;
- организационно-технические мероприятия;
- применение средств индивидуальной защиты, направленных на экранирование пользователя ПК целиком или отдельных частей его тела;
- употребление профилактических напитков;
- использование других технических средств защиты от электромагнитных излучений.

Уровень напряженности электромагнитного поля в рассматриваемом кабинете не превышает предельно-допустимые значения. Все рабочие машины прошли сертификацию, а рабочие места аттестованы; индивидуальная защита пользователей не требуется.

5.2.1.5 Психофизиологические факторы

Во время длительной работы за компьютером человек также может подвергаться воздействию психофизиологических факторов, таких как эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда и другие определены в ГОСТ 12.0.002-2014 и ГОСТ 12.0.003-2015.

Эмоциональные перегрузки вызывают изменения функционального состояния центральной нервной системы, что может негативно отразиться на состоянии организма в целом. Они могут быть вызваны необходимостью выполнения большого объема работы, конфликтными или стрессовыми ситуациями.

Умственное перенапряжение может наступать вследствие отсутствия необходимого времени на отдых после продолжительной работы, нарушения

режима сна или режима питания. Оно может накапливаться и приводить к возникновению заболеваний.

Отличительными признаками монотонной работы служат однообразие рабочих действий, их многократное повторение и небольшая длительность. Таковой является работа за компьютером. В результате работающий теряет интерес к работе, и у него возникает состояние «производственной скуки». Монотонная работа отрицательно сказывается на эффективности производства: ухудшаются экономические показатели, повышается аварийность, травматизм, растет текучесть кадров.

Также вредным фактором производства может служить фиксированная рабочая поза. Она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, которое может приводить к профессиональным заболеваниям, например, варикозное расширение вен.

Для снижения эмоциональных перегрузок и умственных перенапряжений предусмотрены перерывы в работе, возможность выбора удобного времени для выполнения работы. Для уменьшения рисков возникновения последствий от фиксированной рабочей позы установленное в кабинете оборудование имеет регулировки: стул регулируется по высоте и наклону спинки, монитор позволяет подобрать наклон под индивидуальные особенности человека.

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

5.2.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Помещение, в котором расположены персональные компьютеры, относится к помещениям без повышенной опасности, потому что, согласно ГОСТ 12.0.003-2015, отсутствуют следующие факторы: высокая

температура, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, сырость, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Мероприятия, направленные на предотвращение возможности поражения электрическим током, включают в себя следующее:

- при выполнении монтажных работ необходимо использовать только исправно работающий инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- заземление корпусов приборов и инструментов, которое поможет защитить от поражения электрическим током, который может возникнуть между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус;
- запрет на выполнение работ на задней панели при включенном сетевом напряжении;
- выполнение работ по устранению неисправностей должно производиться компетентными людьми;
- нужно постоянно наблюдать за исправностью электропроводки и в случае обнаружения неисправностей незамедлительно принимать действия по их устранению.

Согласно ГОСТу 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» к средствам защиты от повышенного уровня статического электричества относятся: заземляющие устройства, нейтрализаторы, увлажняющие устройства, антиэлектростатические вещества, экранирующие устройства.

5.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды заключается в устранении отходов жизнедеятельности человека и бытового мусора. Если персональные компьютеры теряют свою работоспособность, их списывают и отправляют на

специализированный склад, на котором уже принимаются меры по утилизации техники и комплектующих по ГОСТ Р 57678-2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация строительных отходов.

По статистике вышедшие из строя люминесцентные лампы являются одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения по ГОСТ 4658-73 Ртуть. Технические условия (с Изменениями N 1-6). Помимо стекла и алюминия каждая лампа содержит приблизительно 60 мг ртути, поэтому отработавшие люминесцентные лампы являются опасным источником токсичных веществ. Утилизация таких ламп заключается в их передаче перерабатывающим предприятиям, которые имеют специальное оборудование для переработки вредных ламп в безвредное сырье – сорбент, которое может являться материалом для других производств.

Согласно ГОСТ Р 57740-2017 и ГОСТ Р 51768-2001 отработанные люминесцентные лампы относятся к отходам, которые собираются и сортируются отдельно, поэтому их утилизация и хранение должны отвечать определенным требованиям [31, 32].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для кабинета, в котором проходит написание ВКР, наиболее вероятно возникновение такой ЧС как пожар, который может возникнуть при замыкании электропроводки оборудования, обрыве проводов или же при несоблюдении мер пожарной безопасности.

Помещение, в котором выполняется работа по написанию выпускной работы, относится к категории В по пожарной и взрывной опасности.

К противопожарным мероприятиям в помещении относятся следующие:

1) помещение должно быть оборудовано средствами тушения пожара, такими как огнетушители, стенд с противопожарным инвентарем, ящик с

песком; средствами связи; электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования должна быть в исправном состоянии.

2) каждый сотрудник должен знать месторасположение средств тушения пожара и средств связи; знать номера телефонов экстренных служб для оповещения о пожаре; уметь использовать средства пожаротушения.

Рассматриваемое помещение оснащено средствами пожаротушения в соответствии с нормами:

огнетушитель пенный ОП-10 – 1 шт.;

огнетушитель углекислотный ОУ-5 – 1 шт. В помещении и на этаже присутствуют следующие средства оповещения:

- световая индикация направления движения к выходу в коридорах этажа;
- звуковая индикация, которая представляет собой систему оповещения о пожаре через громкоговоритель;
- пассивные датчики задымленности.

Чтобы минимизировать вероятность возникновения пожара нужно своевременно проводить профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара, такие как:

- систематическое наблюдение за состоянием электропроводки;
- выключение питания оборудования при завершении работы и покидании рабочего места;
- периодическое проведение инструктажа по пожаробезопасности для персонала.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо нажать тревожную кнопку или самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Выводы по разделу:

В данной главе в ходе анализа помещения, где располагалось рабочее место, были рассмотрены нормативы микроклимата, освещения, шума, электробезопасности помещения, и по фактическим данным этого помещения оно соответствовало требованиям законодательства РФ. Также был произведен анализ вредных и опасных факторов и методы минимизации их воздействия на человеческое здоровье. В данной главе были рассмотрены аспекты экологической, производственной безопасности, а также безопасности в чрезвычайных ситуациях (на примере пожароопасности).

Заключение

В результате выполнения данной работы была разработана автономная система навигации для безэкипажного катера, которая является необходимой в архитектуре системы управления безэкипажного катера.

В данной работе представлены 5 глав. В первой главе была подробно рассмотрена предметная область. Описан принцип работы и основные элементы спутниковых систем навигации, а также перечислены действующие спутниковые системы, проведён обзор и анализ существующих решений автономных систем навигаций. Сделан вывод, что в результате проведённого обзора и анализа невозможно взять одну из существующих систем в качестве основы для автономной системы навигации безэкипажного катера, так как разработанная система должна являться уникальной.

Во второй главе было проведено проектирование автономной системы навигации для безэкипажного катера, перечислены требования к системе, решена задача многокритериального выбора основного микроконтроллера, который будет использоваться для оперативной обработки поступающих с GNSS модуля сигналов. Методы задачи: общего свертывания критериев, поэтапного свертывания критериев, постепенного наращивания свертки, методом с использованием соотношения «цена-баллы» и усовершенствованный метод свертки. Описаны остальные инструменты решения, сам GNSS модуль, подробно описан протокол NMEA, GSM модем, микроконтроллер STM32H103.

В третьей главе представлена автономная система навигации для безэкипажного катера, её интеграция в существующую архитектуру системы управления безэкипажным катером и представлена скриншоты программной реализации автономной системы навигации.

В четвертой главе, финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение, в ходе работы был определен целевой рынок проекта, построена карта сегментирования. В рамках анализа определена

трудоемкость данного проекта, она равна 90 дням. На основании трудоемкости была построена диаграмма Ганта. Так же были рассчитаны величины затрат научно-исследовательских работ. В результате проведенных расчетов, бюджет затрат НТИ составил 207757 рублей. После проведенных сравнений и расчетов можно сделать вывод, что разработка автономной системы навигации для безэкипажного катера является перспективной разработкой, а также привлекательной для инвесторов, так как является бюджетной.

В пятой главе, социальная ответственность, в ходе анализа помещения, где располагалось рабочее место, были рассмотрены нормативы микроклимата, освещения, шума, электробезопасности помещения, и по фактическим данным этого помещения оно соответствовало требованиям законодательства РФ. Также был произведен анализ вредных и опасных факторов и методы минимизации их воздействия на человеческое здоровье. В данной главе были рассмотрены аспекты экологической, производственной безопасности, а также безопасности в чрезвычайных ситуациях (на примере пожароопасности).

Практическая значимость работы заключается возможности отслеживания местоположения безэкипажного катера во время выполнения им миссии на акватории. Разработанная система в перспективе может модернизироваться для различных целей, например, для разворачивания системы длиннобазной навигации безэкипажным катером. В данном случае, нужно отмечать 4 точки на карте акватории, по которым безэкипажный катер будет расставлять навигационные буи в автоматическом режиме.

Список публикаций

1. Насонов А. К., Панкратов М. И., Чурсин Ю. А., Разработка многофункционального безэкипажного катера промежуточного класса / А. К. Насонов; научный руководитель Ю. А. Чурсин // «Перспективные системы и задачи управления»: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции и IX молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах», Ростов-на-Дону, 2018 г. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2018 г. Режим доступа: <http://rirpc.ru/wp-content/uploads/2016/12/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA-%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2-XIII-%D0%92%D0%9D%D0%9F%D0%9A-%D0%9F%D0%A1%D0%B8%D0%97%D0%A3-2018.pdf>

2. Насонов А. К., Панкратов М. И., Чурсин Ю. А., Разработка многофункционального безэкипажного катера промежуточного класса для работы с объектами различных типов / А. К. Насонов; научный руководитель Ю. А. Чурсин // «Молодежь и современные информационные технологии»: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 3-7 декабря 2018 г. – Томск: НИ ТПУ, 2019 г. Режим доступа: http://msit.tpu.ru/assets/digestArticles/msit_2018.zip

3. Панкратов М. И., Насонов А. К., Чурсин Ю. А., Разработка нейронной сети и алгоритма определения расстояния до объектов для установки в блок полезной нагрузки безэкипажного катера промежуточного класса / А. К. Насонов; научный руководитель Ю. А. Чурсин // «Молодежь и современные информационные технологии»: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 3-7 декабря 2018 г. – Томск: НИ ТПУ, 2019 г. Режим доступа: http://msit.tpu.ru/assets/digestArticles/msit_2018.zip

4. Насонов А.К., Нурмухаметов Р.А., Павличев В.В., Панкратов М.И., Чурсин Ю.А., Второе место во всероссийских соревнованиях «Аквароботех 2018», в составе научно-исследовательской команды АНПА «Платформа», Владивосток, 20-28 августа 2018 г. – Владивосток: ФПИ 2018.

Режим

доступа:

https://old.fpi.gov.ru/activities/konkurs/old/sorevnovaniya_po_morskoy_robototeh_nike_akvaroboteh_2018

Список литературы

1. Пинский А.С., Е-навигация и безэкипажное судовождение // Транспорт Российской Федерации. – СПб.: Т-Пресса, 2016. – Вып. № 65. – С. 50-54.
2. Фадюшин С.Г., Лекции по навигации // Сборник лекций – Владивосток: ДВГМА им. адм. Г. И. Невельского – С. 1-2.
3. Спутниковая система навигации [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <http://tomsk.gps.ru/terminology/sputnikovaya-sistema-navigatsii/> (Дата обращения: 20.03.2019)
4. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/guide/navfaq.php#section2> (Дата обращения: 01.02.2019)
5. Автомобильная навигационная система [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <http://systemsauto.ru/another/automotive-navigation-system.html> (Дата обращения: 07.03.2019)
6. Комплекс автономного необитаемого подводного аппарата «Платформа»: Руководство по эксплуатации. – Владивосток: Федеральное агентство научных организаций институт проблем морских технологий дальневосточного отделения РАН, 2016 г. – С. 17-18.
7. Навигация в мобильных устройствах – GPS и не только [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <https://3dnews.ru/566316> (Дата обращения: 05.03.2019)
8. Аппаратное обеспечение модуля GNSS Quectel L76. – Шанхай: техническая литература, 2013 г. – С. 9-12.
9. Описание протокола NMEA-0183 [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <http://spacegrad.ru/NMEA-0183> (Дата обращения: 05.03.2019).

10. Описание GSM/GPRS модуля SIM900 [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <http://besprovodka.ru/shop/gsm-3g/gsm-gprs-modul-sim900/> (Дата обращения: 14.04.2019)
11. AT команды. Управление gsm-sim900-gprs[Электронный ресурс]: электронный учебник. - Режим доступа: <https://alex-exe.ru/radio/wireless/gsm-sim900-at-command/> (Дата обращения: 21.02.2019)
12. STM32-H103: Development board user's manual [Электронный ресурс]: техническая литература. – Режим доступа: <https://www.olimex.com/Products/ARM/ST/STM32-H103/resources/STM32-H103.pdf> (Дата обращения: 02.03.2019)
13. Рихтер Дж. CLR via C# программирование на платформе .NET Framework 4.5 на языке C# [Текст] : научно-популярное издание. Вып. 5 / Дж. Рихтер – Санкт-Петербург : Питер, 2018 – С. 724.
14. Сосковец Л.И., Финансовый менеджмент, экономическая часть ВКР. Методическое пособие – Томск: НИ ТПУ, 2019 г.
15. Социальная ответственность: Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/[Электронный ресурс] Сост. Е.Н. Пашков, И.Л. Мезенцева. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.
16. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
17. Закон Томской области от 9 июля 2003 года №83-ОЗ «Об охране труда в Томской области» (с изменениями на 4 июля 2014 года).
18. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
20. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

21. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
22. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
23. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
25. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
26. СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
27. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"
28. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
29. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения
30. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация»
31. ГОСТ Р 57740-2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Требования к приему, сортировке и упakovыванию опасных твердых коммунальных отходов
32. ГОСТ Р 51768-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Методика определения ртути в ртутьсодержащих отходах.

Приложение А

(справочное)

2 Designing an autonomous navigation system for an unmanned boat

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Насонов Андрей Константинович		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НИЛ ТПМГ	Чурсин Ю.А.	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Диденко А.В.	к.ф.н		

2 Designing an autonomous navigation system for an unmanned boat

2.1 Requirements for the designed system

The autonomous navigation system for an unmanned boat must meet the following requirements:

- Reliability of communication and verification of the absence of lost packets. To achieve this requirement, need to organize several means of communication, so that in case of interference or loss of communication, the system can rely on another method of data transmission, or be in the waiting state of connection.
- Accuracy, speed of determining and sending a signal to the operator's computer. Using the GPS receiver, the GSM modem and the radio channel module should not waste time waiting. Positioning and communication with the server can take a lot of time depending on weather conditions and the distance of the boat from the cell towers. For this reason, the appropriate modules should be installed on the boat and support the reception and transmission of standard protocols.
- Ease of use. Installation and connection of the radio channel module, the GSM modem and the GPS receiver on the boat and the operator's computer should not cause inconvenience.
- Simple application design on the operator's computer. The design of the application must meet the modern requirements of minimalism and should be easy.

To create an autonomous navigation system for an unmanned boat, need a technical solution in the form of microcontrollers, GPS receiver, GSM modem, radio channel module. Also, a programmer needs an IDE to write software.

2.2 Task of multi-criteria choice

2.2.1 Statement of task of multi-criteria choice

In this task given: initial data on the characteristics of various microcontrollers; method of normalization of initial criteria; method of determining the weight coefficients: expert; multi-criteria choice methods; restrictions: $\alpha(j) \in [0; 1]$, where $\alpha(j)$ – weight coefficients and $\sum \alpha(j) = 1$; criterion: generalized convolution normalization of indicators of the criterion convolution (Cc).

The following task to perform:

1) A multi-criteria choice of microcontrollers represented by the methods in compliance with the restrictions and the optimal values of criterion convolution (Cc);

2) Evaluate the result of choice on the subject of consistency.

Table 1 contains initial data on characteristics for different models of microcontrollers.

Table 1 - Initial data for different microcontrollers

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
№	CPU frequency, MHz	Program memory, KB	RAM, KB	Price, rub.	Number of UART	Microcontroller model
1	72	128	20	1300	3	STM32H103
2	16	32	2	500	1	Arduino Nano
3	20	32	2	500	1	ATmega328
4	48	128	20	1250	3	STM32F030
5	16	32	2	600	3	Arduino UNO

Two formulas are used for rationing:

$$C(N, j) = \frac{Q(N, j) - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$C(N, j) = \frac{Q_{\max} - Q(N, j)}{Q_{\max} - Q_{\min}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

where $C(N, j)$ – the value of the normalized criterion;

$Q_{\max}$ – maximum value of the initial criterion;;

$Q_{\min}$ – minimum value of the initial criterion;

$Q(N, j)$ – is the N-value of initial criteria.

Normalized criteria: CPU frequency, RAM, count of UART should strive to the maximum value, so for the calculation we use the formula (1), and the price should strive to a minimum, for the calculation we use the formula (2).

Table 2 presents the normalized and ranked criteria.

Table 2 – Normalized and ranked criteria and results of the General convolution method used

N_0	$C_1(Q_1)$	$C_2(Q_2)$	$C_3(Q_3)$	$C_4(Q_4)$	$C_5(Q_5)$	C_c
1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,9
2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,1
3	0,07	0,00	0,00	0,00	1,00	0,12
4	0,57	1,00	1,00	1,00	0,06	0,78
5	0,00	0,00	0,00	1,00	0,88	0,24
$\alpha(j)$	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	

2.2.2 General criteria convolution method

Convolution criteria for microcontroller models is presented in table 2, using formula 3.

$$Cc(N, j) = \alpha_1 * K_{1j} + \alpha_2 * K_{2j} + \dots + \alpha(j) * K(N, j), \quad (3)$$

где $Cc(N, j)$ – is the N-value of that convolution criterion,

$\alpha(j)$ – weight coefficients,

$K(N, j)$ – is the N-value of that normalized criterion.

Calculate criteria of the convolution by the formula 3:

$$Cc(1, j) = 1*0,3 + 1*0,25 + 1*0,2 + 1*0,15 + 0*0,1 = 0,9;$$

$$Cc(2, j) = 0*0,3 + 0*0,25 + 0*0,2 + 0*0,15 + 1*0,1 = 0,1;$$

$$Cc(3, j) = 0,07*0,3 + 0*0,25 + 0*0,2 + 0*0,15 + 1*0,1 = 0,12;$$

$$Cc(4, j) = 0,57*0,3 + 1*0,25 + 1*0,2 + 1*0,15 + 0,06*0,1 = 0,78;$$

$$Cc(5, j) = 0*0,3 + 0*0,25 + 0*0,2 + 1*0,15 + 0,88*0,1 = 0,24.$$

Since the maximum value of the convolution criterion is obtained for the first variant, this method offers the first model of the microcontroller.

2.2.3 Method of step-by-step criteria

At the first stage, we analyze the values of the most important priority criterion. We discard those values in which C1 takes the minimum value $N = 2, 5$.

At the second stage of the remaining models of microcontrollers analyze the next most important criterion, that is, for C2 discard $N = 3$.

At the third stage we analyze the next most important criterion, for C3 we do not discard anything.

At the fourth stage, we analyze the next most important criterion, for C4 we do not discard anything.

At the fifth stage we analyze the next most important criterion, for C5 we discard $N = 1$.

As a result, the fourth model of the microcontroller is the best.

2.2.4 Method of gradual build-up of convolution

At the first stage, we consider and analyze the most important criterion for all microcontrollers and discard the minimum value. In this case, we discard the second and fifth model of the microcontroller.

At the second stage, we calculate the convolution criterion by two parameters for the remaining microcontrollers and discard the most minimal of them, the first two criteria are taken:

$$Cc^{(2)}(1,j) = 0,3*1 + 0,25*1 = 0,55;$$

$$Cc^{(2)}(3,j) = 0,3*0,07 + 0,25*0 = 0,021;$$

$$Cc^{(2)}(4,j) = 0,3*0,57 + 0,25*1 = 0,421.$$

Discard the third model of the microcontroller.

At the third stage, we calculate the convolution criterion by three parameters for the remaining microcontrollers and discard the minimum of them, the first 3 criteria are taken:

$$Cc^{(3)}(1,j) = 0,3*1 + 0,25*1 + 0,2*1 = 0,75;$$

$$Cc^{(3)}(4,j) = 0,3*0,57 + 0,25*1 + 0,2*1 = 0,621;$$

Thus, in the third stage, dropping the fourth model of microcontrollers, the best is the first model.

2.2.5 Method using the ratio of «price-points»

Table 3 presents, in which the price does not participate as a criterion and calculate the S_{rel} , according to the formula (4), the Cc is calculated by the first method, Z is calculated by the formula (5):

$$S_{rel}(N) = \frac{S(N)}{S_{max}}, \quad (4)$$

$$Z(N) = \frac{S_{rel}(N)}{Cc}, \quad (5)$$

where $S(N)$ is the value of the N -th model of the microcontroller;

$S_{rel}(N)$ – normalized value of the N -th model of the microcontroller;

S_{max} – value of the maximum cost of the microcontroller model;;

$Z(N)$ – the value of the ratio of the normalized price of S_{rel} to the convolution criterion.

Table 3 – Criteria without considering the price and the results of the method used, taking into account the ratio of «price – points»

№	$C_1(Q_1)$	$C_2(Q_2)$	$C_3(Q_3)$	$C_5(Q_5)$	S_{rel}	Cc	Z
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1	1
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0	беск
3	0,07	0,00	0,00	0,00	0,39	0,03	15,38
4	0,57	1,00	1,00	1,00	0,96	0,85	1,13
5	0,00	0,00	0,00	1,00	0,46	0,1	4,62
$\alpha(j)$	0,35	0,3	0,25	0,1			

Normalized value of each model of the microcontroller according to the formula 4:

$$S_{rel}(1) = 1300/1300 = 1;$$

$$S_{rel}(2) = 500/1300 = 0,39;$$

$$S_{rel}(3) = 500/1300 = 0,39;$$

$$S_{rel}(4) = 1250/1300 = 0,96;$$

$$S_{rel}(5) = 600/1300 = 0,46;$$

A convolution criterion is calculated by using the formula 3:

$$Cc(1) = 0,35*1 + 0,3*1 + 0,25*1 + 0,1*1 = 1;$$

$$Cc(2) = 0,35*0 + 0,3*0 + 0,25*0 + 0,1*0 = 0;$$

$$Cc(3) = 0,35*0,07 + 0,3*0 + 0,25*0 + 0,1*0 = 0,025;$$

$$Cc(4) = 0,35*0,57 + 0,3*1 + 0,25*1 + 0,1*1 = 0,85;$$

$$Cc(5) = 0,35*0 + 0,3*0 + 0,25*0 + 0,1*1 = 0,1;$$

Values of Z (N) is calculated by the formula 5:

$$Z(1) = 1/1 = 1;$$

$$Z(2) = 0,38/0 = \text{infinity};$$

$$Z(3) = 0,38/0,025 = 15,38;$$

$$Z(4) = 0,96/0,85 = 1,13;$$

$$Z(5) = 0,46/0,1 = 4,62.$$

The best option is the first model, since the minimum value of Z corresponds to the first option.

2.2.6 An improved method for convolution

Table 4 presents the criteria and the improved convolution criteria according to the formula (6).

$$Cci = Cc + \frac{0,5*\gamma}{n}, \quad (6)$$

where γ – is the number of times in each line when the subsequent criterion is less than the previous one.

n – The number of models of microcontrollers.

$$C_{ci}(1) = 0,9 + 0,5 \cdot 1/5 = 1;$$

$$C_{ci}(2) = 0,1 + 0,5 \cdot 1/5 = 0,1;$$

$$C_{ci}(3) = 0,12 + 0,5 \cdot 1/5 = 0,22;$$

$$C_{ci}(4) = 0,78 + 0,5 \cdot 2/5 = 0,88;$$

$$C_{ci}(5) = 0,24 + 0,5 \cdot 3/5 = 0,34.$$

Table 4 –Criteria with improved criteria convolution

№	$C_{c1}(Q_1)$	$C_{c2}(Q_2)$	$C_{c3}(Q_3)$	$C_{c4}(Q_4)$	$C_{c5}(Q_5)$	$\gamma(N)$	C_{ci}
1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1	1
2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0	0,1
3	0,07	0,00	0,00	0,00	1,00	1	0,22
4	0,57	1,00	1,00	1,00	0,06	1	0,88
5	0,00	0,00	0,00	1,00	0,88	1	0,34
$\alpha(j)$	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1		

The first model of the microcontroller is the best, because C_{ci} is maximal in the first variant. Conclusion: not all solutions were agreed, in the method of step-by-step criteria accounting the best option is the fourth model of the microcontroller, in other methods the best option is the first model STM32H103.

2.3 Overview of tools for solving

Integrated development environments are required for software development. Software development for microcontrollers STM32H103 was carried out in the IDE IAR Embedded Workbench. Software development for the operator's computer was carried out in the Microsoft Visual Studio IDE.

The autonomous navigation system uses the GNSS module Quectel L76, NMEA protocols and GSM AT commands. And also used the operator's computer on the Windows operating system, microcontroller STM32H103.

2.3.1 GNSS module Quectel L76

The GPS module Quectel L76, shown in figure 1, was selected by the research laboratory as a ground-based positioning system. Main characteristics of the module:

- Extremely compact size, 10.1mm × 9.7mm × 2.5mm
- Multi-GNSS engine for GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo and QZSS
- EASY™, an advanced AGPS technology without external memory
- Ultra low tracking power consumption, 18mA
- AlwaysLocate™, an intelligent algorithm for power saving
- LOCUS, an embedded logger solution with no need for host and external flash
- High sensitivity, -165dBm @Tracking, -148dBm @Acquisition
- 99 acquisition/ 33 tracking channels and 210 PRN channels
- Support DGPS, SBAS (WAAS/ EGNOS/ MSAS/ GAGAN)
- Anti-Jamming, Multi-tone Active Interference Canceller
- Balloon mode, for high altitude up to 80km
- PPS VS. NMEA can be used for time service



Figure 3 – GNSS module Quectel L76

The Quectel L76 GSM module has been soldered to the Board and has a port for power and data connection.

The data transmission to the microcontroller STM32H103 occurs in the format of NMEA Protocol.

2.3.2 GPS NMEA protocol

The global navigation system has standards for data transmission formats, one of them is NMEA. NMEA is a format of information transfer between the ship's instruments. This format includes a message system for the exchange of information between GPS navigation receivers and navigation information consumers. All data is transmitted in ASCII format. GPS receiver messages start with \$GP, and there should be characters at the end of the line to indicate that the message has completed transmission. The last field of the message can contain the checksum of the current message starting with the " *" delimiter. The checksum shows the number of all characters in the message, including even characters such as spaces between the " \$ " and " * " delimiters, not including the latter. When data is transmitted, the binary code is converted to a hexadecimal result –1 byte, that is, two ASCII characters (0-9, A-F).

The first two characters at the beginning of the line are the source identifier, there are several of them:

GP – GPS source ID;

GL – GLONASS source ID;

GA – source identifier for the Galileo;

GN – source ID GLONASS+GPS, if the module is connected to several satellites.

Each command of the NMEA Protocol can be ungrouped and easily read in a familiar way for a person. The main commands of the Protocol and their decoding are listed below. Each command has a comma delimiter, and the end contains the checksum of the string, that is, the number of characters in the hexadecimal system.

\$GPGGA. The message contains the following block data:

1. Greenwich mean time at the time of sending the signal;
2. geographic latitude of location, North/South;
3. geographic longitude of location, West/East;
4. signal quality identifier where 4 possible values are possible: 0 – impossible to locate, 1 – normal mode, 2 – differential mode, 3 – precision;
5. the number of satellites, of course, which is different from the number of visible;
6. reduce horizontal position accuracy;
7. receiver height above sea level, meters;
8. difference between earth ellipsoid and sea level, meters;
9. the age of the differential GPS data if this mode is used
10. station ID when operating in differential mode;
11. the checksum of the string.

\$GPGLL. The message contains the following block data:

1. latitude, North/South;
2. longitude, West/East;
3. Greenwich mean time at the time of sending the signal;
4. status correct data or not;
5. the checksum of the string.

\$GPGSV. The message contains the following block data:

1. number of messages, 1-9;
2. message number, 1-9;
3. number of visible satellites, satellite number;
4. height in degrees;
5. true azimuth, ranging from 0 to 359 degrees;
6. the noise figure of a signal from 0 to 99 dB;
7. data on three more satellites in the form of satellite number, altitude, azimuth, noise
8. the checksum of the string.

\$GPRMC. The message contains the following block data:

1. Greenwich mean time at the time of sending the signal;
2. status whether the data is correct or not;
3. geographic latitude of location, North/South;
4. geographic longitude of location, West/East;
5. speed in knots;
6. the direction of movement in degrees;
7. current date;
8. magnetic declination in degrees and West/East;
9. the checksum of the string.

\$ GPGSA. The message contains the following block data:

1. manual, automatic mode;
2. location mode: undefined, 2D, 3D;
3. the satellite numbers that were used to determine the location can be up to 9;
4. 3 factors of noise and signal loss of accuracy;
5. the checksum of the string.

\$GPZDA. The message contains the following block data:

1. Greenwich mean time at the time of sending the signal;
2. day, month, year;
3. time zone offset from Greenwich mean time by hours and minutes;
4. the checksum of the string.

\$ GPVTG. The message contains the following block data:

1. direction of travel in degrees relative to the North pole;
2. in knots speed, speed in km/h;
3. the checksum of the string.

Sample messages:

\$ GPGGA, 004241.47, 5532.8492, N, 03729.0987, E, 1, 04, 2.0, -0015, M,,,*31

\$ GPGLL, 5532.8492, N, 03729.0987, E, 004241.469, A * 33

\$GPGSA, A, 3,01, 02, 03, 04,,,,,,,,,2.0, 2.0, 2.0*34

\$GPGSV, 3, 1, 12, 02, 86, 172,, 09, 62, 237,, 22, 39, 109,, 27, 37, 301, *7A
\$GPRMC, 225446, A, 4916.45, N, 12311.12, W, 000.5, 054.7, 191194,
020.3, E * 68
\$GPZDA, 172809, 12, 07, 1996, 00, 00*45
\$ GPVTG, 360.0, T, 348.7, M, 000,0, N, 000,0, K * 43

These rows contain raw data that can be filtered and passed to the server.
The transmitted data can be interpreted in graphical form by parsing strings.