

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки управление в технических системах
Кафедра автоматизации и компьютерных систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модифицированный алгоритм Калмана на базе контроллера Arduino UNO

УДК 654.94

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM41	Алехин Дмитрий Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АИКС	Суходоев М.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АИКС ИК	Фадеев А.С.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по направлению

27.04.04 «Управление в технических системах»

	Результаты
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P2	Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой технических систем управления с использованием аналитических методов и сложных моделей.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P5	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий партнеров
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
 образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
 Направление подготовки управление в технических системах
 Кафедра автоматизации и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (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
8AM41	Алехину Дмитрию Викторовичу

Тема работы:

Индуктивный преобразователь перемещения в задаче позиционирования движущегося объекта	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 701/с от 04.02.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Микроконтроллер Arduino UNO, Программное обеспечение Arduino, Плата гироскопа GY-521
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Проведение аналитического обзора Выбор аппаратно-технических средств и разработка стенда для исследования Разработка алгоритма фильтра Калмана Разработка модифицированного алгоритма фильтрации Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность

Перечень графического материала	Слайд 1. Название темы. Слайд 2. Цель и задачи. Слайд 3. Аппаратно-вычислительная платформа Arduino Слайд 4. Модуль гироскопа и акселерометра GY-521 Слайд 5. Схема соединения платы гироскопа и контроллера Слайд 6. Комплементарный фильтр Слайд 7. Фильтр Калмана Слайд 8. Теоретические данные исследований Слайд 9. Сравнение показаний фильтров Слайд 10. Результаты. Слайд 11. Название темы.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента, к.э.н. Конопотский В.Ю.
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н. Анищенко Ю. В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Аппаратно-вычислительная платформа Arduino	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АИКС ИК	Суходоев М.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM41	Алехин Дмитрий Викторович		

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) управление в технических системах

Уровень образования магистратура

Кафедра Автоматики и компьютерных систем

Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2016 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)
30.05.16	Основная часть	60
24.05.16	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
28.05.16	Социальная ответственность	10
25.05.16	Обязательное приложение на иностранном языке	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АИКС ИК	Суходоев М.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АИКС ИК	Фадеев А. С.	к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8AM41	Алехину Дмитрию Викторовичу

Институт	Кафедра		
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	27.04.04 Управление в технических системах

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	
2. Разработка устава научно-технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM41	Алехин Дмитрий Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8AM41	ФИО Алехину Дмитрию Викторовичу
-----------------	------------------------------------

Институт Уровень образования	магистратура	Кафедра Направление/специальность	27.04.04 «Управление в технических системах»
---------------------------------	--------------	--------------------------------------	--

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	<p><u>Характеристика объекта исследования:</u> алгоритмы модификации фильтрации исходных данных.</p> <p><u>Области применения:</u> военная отрасль промышленности, энергетика, машиностроение..</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ требований и рекомендаций к уровню электромагнитных и электростатических полей, шума, отклонений показателей микроклимата, освещения рабочей зоны и вредных психофизиологических факторов. – Анализ опасных производственных факторов. – Описание действия факторов на организм человека, приведение допустимых норм с необходимой размерностью.
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы), гидросферу (сбросы), литосферу (отходы).
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Выбор наиболее типичной ЧС; – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Правовые нормы трудового законодательства, организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭИБЖ	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM41	Алехин Дмитрий Викторович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалифицированная работа содержит 76 страниц текста, 15 рисунков, 18 таблиц, 3 приложения, 20 литературных источников.

Ключевые слова: платформа, фильтр Калмана, комплементарный фильтр, модифицированный фильтр Калмана, программное обеспечение.

Цель работы: написать программу для модифицированного алгоритма фильтра Калмана в среде разработки Arduino IDE на базе контроллера Arduino UNO.

В процессе выполнения работы использовалась среда разработки Arduino 1.6.7. для написания программы, были использованы стандартные библиотеки.

В первой главе основной части выполнен обзор основных теоретических сведений о платформе Arduino.

Во второй главе описан модуль гироскопа и акселерометра GY-521, теоретические сведения, способ подключения к плате контроллера Arduino UNO.

В третьей главе представлены теоретические сведения о фильтрации исходных данных.

В четвертой главе произведена реализация программы, описание выполнения алгоритма, общие сведения по использованию программы..

В пятой главе выполнено задание по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Были использованы базовые и профессиональные знания в области проектного и финансового менеджмента, в том числе менеджмента рисков и изменений для управления комплексной инженерной деятельностью, соответствующей направлению подготовки.

В шестой главе выполнено задание по разделу «Социальная ответственность». Проанализированы проектируемая технология, рабочие места на предмет выявления основных техносферных опасностей и

вредностей, оценена степень их воздействия на человека, окружающую среду, сформулированы методы защиты от них.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ШИМ– Широтно-импульсная модуляция

ПО – Программное обеспечение

УУ – Управляющее устройство

ОУ – Объект управления

НР – Научный руководитель

И – Инженер

ЧС – Чрезвычайная ситуация

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	10
ВВЕДЕНИЕ	12
1 АППАРАТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ARDUINO	15
1.1 Общие сведения контроллер Arduino UNO	15
1.2 Характеристики контроллера Arduino UNO	16
1.3 Входы и выходы контроллера Arduino UNO	17
1.4 Программирование Arduino UNO	19
1.5 Библиотеки программного обеспечения Arduino UNO	21
2 ОПИСАНИЕ МОДУЛЯ GY-521	23
2.1 Общие сведения модуля GY-521	23
2.2 Спецификация и характеристики модуля GY-521	25
2.3 Акселерометр модуля GY-521	26
2.4 Гироскоп модуля GY-521	27
3 ФИЛЬТРАЦИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И СРАВНЕНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ФИЛЬТРОВ	28
3.1 Комплементарный фильтр	30
3.2 Фильтр Калмана	31
4 РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ	36
4.1 Среда разработки	36
4.2 Настройка фильтра и оценка его работы	38
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСНАБЖЕНИЕ	41
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	42
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	42
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	43
5.1.3 SWOT-анализ	44
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	46
5.3 Планирование научно-исследовательских работ	47
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	47
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	49
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	50
5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	54
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
5.5 Оценка научно-технического уровня НИР	60
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	62

6.1 Производственная безопасность	62
6.2 Отклонения параметров микроклимата	62
6.3 Недостаточная освещенность рабочего места.....	63
6.4 Воздействие шума. Защита от шума.....	65
6.5 Повышенный уровень напряжённости магнитного поля.....	65
6.6 Электрический ток.....	66
6.7 Экологическая безопасность	67
6.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	68
6.9 Организационные вопросы обеспечения безопасности	70
6.10 Правовые вопросы обеспечения безопасности	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
CONCLUSION	76
ПРИЛОЖЕНИЕ А	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ В	85

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе описана разработка модифицированного алгоритма фильтра Калмана реализованного на аппаратной вычислительной платформе Arduino.

С развитием технологий, появилась возможность автоматического управления каким-либо процессом. В настоящее время существует задача фильтрации исходных данных наименее трудозатратным и более качественным способом. Данный фильтр может быть использован в позиционировании исследуемых образцов в синхротронных установках, системах наведения и другими. Для этой цели был выбран микроконтроллер Arduino UNO.

В наше время актуальна фильтрация данных в различных отраслях промышленности, так как растут требования к точности и своевременности фильтрации исходных данных. Известные и широко применяемые фильтры не предоставляют высокую точность. Из-за различных особенностей технологических производств, каждый датчик обладает уникальными характеристиками, а также нужно учитывать окружение (технологическую обстановку). Учитывая это была поставлена задача – разработать метод настройки параметров фильтра Калмана для более качественной фильтрации поступающего сигнала. Данный метод был применен и реализован для датчика гироскопа GY-521, который может быть установлен на беспилотных аппаратах, в системе навигационных спутников, также, смартфонах и игровых приставках.

Arduino - это электронный конструктор и эффективное средство для быстрой разработки электронных устройств. Платформа Arduino представляет собой простую плату с микроконтроллером, а также включает в себя

специальную среду разработки для написания программного обеспечения. Устройства на базе Arduino могут быть использованы для управления различными исполнительными устройствами. Язык программирования Arduino основан на языке Wiring, а среда разработки основана на среде Processing.

Существует множество других микроконтроллеров и микропроцессорных устройств, предназначенных для программирования других аппаратных средств, таких как: Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard и многие другие. Данные устройства предлагают пользователю похожую функциональность и предоставляют удобный интерфейс для их программирования. Arduino упрощает процесс работы с микроконтроллерами и предоставляет ряд преимуществ:

Низкая стоимость. По сравнению с похожими аппаратными платформами, платы могут быть приобретены в сборе или собраны пользователем вручную.

Кроссплатформенность. Программное обеспечение Arduino может работать на операционных системах Windows, Macintosh, OSX и Linux.

Простая и удобная в освоении среда программирования. Среда программирования Arduino понятна и проста для начинающих пользователей и достаточно гибка для более продвинутых пользователей.

Расширяемое программное обеспечение с открытым исходным кодом. Программное обеспечение Arduino имеет открытый исходный код, благодаря этому можно изменять и дополнять его. Возможности языка программирования Arduino можно также расширять при помощи C++ библиотек.

Расширяемое открытое аппаратное обеспечение. Устройства Arduino построены на базе микроконтроллеров Atmel ATmega8 и ATmega168. Опытные инженеры и разработчики могут создавать свои версии устройств на основе существующих.

Целью данной работы является программная реализация модифицированного алгоритма фильтра Калмана на базе контроллера Arduino UNO.

1 АППАРАТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ARDUINO

1.1 Общие сведения контроллер Arduino UNO

Arduino UNO - это устройство построенное на базе микроконтроллера ATmega328.

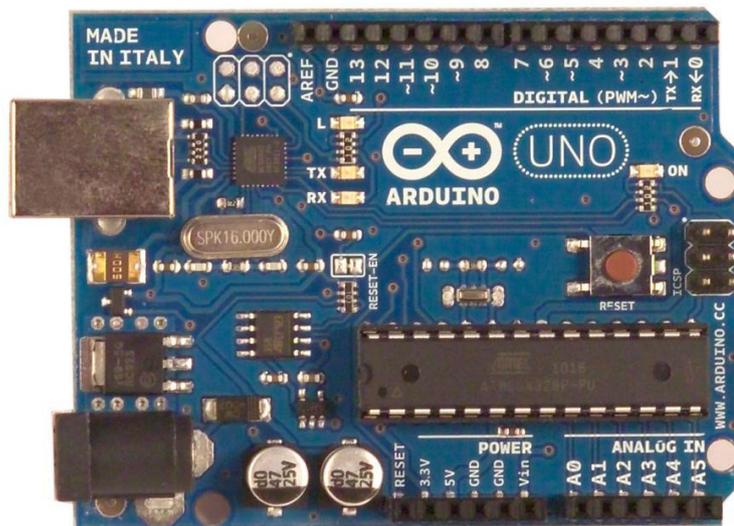


Рисунок 1.1 – Внешний вид платы Arduino UNO

Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использовать выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки.

Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, новый Arduino UNO использует микроконтроллер ATmega8U2. [1]

1.2 Характеристики контроллера Arduino UNO

Характеристики контроллера Arduino UNO:

- Микроконтроллер – Atmega328
- Рабочее напряжение – 5 В
- Входное напряжение(рекомендуемое) - 7-12 В
- Входное напряжение (предельное) – 6-20 В
- Цифровые Входы/Выходы – 14 (6 из которых могут использовать как выходы ШИМ)
- Аналоговые входы – 6
- Постоянный ток через вход/выход – 40мА
- Постоянный ток для выхода 3.3 В – 50 мА
- Флеш-память – 32 Кб (АТmega328) из которых 0.5 Кб используется для загрузчика
- ОЗУ – 2 Кб (АТmega328)
- EEPROM – 1 Кб (АТmega328)
- Тактовая частота – 16 МГц

Arduino UNO может быть запитан от внешнего источника питания, который выбирается автоматически, либо от USB-порта. [2]

В качестве внешнего источника питания используется сетевой AC/DC-адаптер или аккумулятор/батарея. Штекер адаптера (центральный контакт - положительный) вставить в соответствующий разъем питания на плате. В виде питания от аккумулятора/батареи, ее провода необходимо подсоединить к выводам GND и VIN разъема POWER.

Напряжение внешнего источника питания находится в пределах от 6-20 В. При уменьшении напряжения питания ниже 7 В – это приводит к уменьшению напряжения на выводе 5V, что может быть причиной нестабильно работы устройства.

Использование напряжения выше 12 В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон напряжения от 7 до 12 В.

Выводы питания расположенные на плате:

- VIN. Вход для подачи от внешнего источника питания (в отсутствие 5 В от разъема USB или другого регулируемого источника питания). Подача напряжения питания происходит через данный вывод.
- 5V. Регулируемый источник напряжения, используемый для питания микроконтроллера и компонентов на плате. Питание может подаваться от вывода VIN(7-12 В) через регулятор напряжения, или от разъема USB(5 В), или другого регулируемого источника напряжения 5 В.
- 3V3. Напряжение на выводе 3.3 В генерируемое встроенным регулятором на плате. Максимальное потребление тока 50 мА.
- GND. Вывод заземления. [1]

1.3 Входы и выходы контроллера Arduino UNO

Каждый из 14 цифровых выходов UNO может быть построен как вход или выход, используя функции `pinMode()`, `digitalWrite()`, `digitalRead()`. Напряжение на выходов ограничено - 5 В. Максимальный ток составляет 40 мА, который может отдавать или потреблять один вывод. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор 20-50 кОм (по умолчанию отключен). Некоторые выводы Arduino имеют дополнительные функции:

Последовательный интерфейс: выводы 0 (RX) и 1 (TX). Используются для получения (RX) и передачи (TX) данных по последовательному интерфейсу. Данные выводы соединены с соответствующими выводами микросхемы ATmega8U2, выполняющей роль преобразователя USB-UART.

Внешние прерывания: выводы 2 и 3. Служат источниками прерываний, либо на переднем или заднем фронте, спаде или низком уровне сигнала на выводах. [3]

ШИМ 3, 5, 6, 9, 10 и 11. Могут выводить 8-битные аналоговые значения в виде ШИМ-сигнала.

Интерфейс SPI: выводы 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SCK). Выводы могут, осуществляют связь по интерфейсу SPI с применением библиотеки SPI.

Светодиод: 13. Светодиод подключенный к цифровому входу 13. При полученном значении HIGH светодиод включается, при значении LOW – выключается.

На Arduino UNO присутствует 6 аналоговых входов (A0-A5), каждый из них представляет аналоговое напряжение в виде 10-битного числа. Стандартно выводы имеют диапазон измерения от 0 до 5 В. Верхнюю границу этого диапазона можно изменить, используя при этом вывод AREF и функции `analogReference()`. Некоторые аналоговые входы имеют дополнительные функции

TWI: вывод A4 или SDA и вывод A5 или SCL. При помощи библиотеки `Wire` эти выводы могут осуществлять связь по интерфейсу TWI.

Также на плате присутствует еще несколько выводов, такие как:

AREF. Опорное напряжение для аналоговых входов. Используется с функцией `analogReference()`.

Reset. При низком уровне сигнала(LOW) на данном выводе приведет к перезагрузке микроконтроллера. В основном применяется для подключения кнопки перезагрузки на плате расширения, закрывающей доступ кнопке на самой плате Arduino.

Также на платформе Arduino UNO установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, еще одним Arduino или другими микроконтроллерами. Микроконтроллер ATmega16U2 на плате обеспечивает связь приемопередатчика с USB-портом компьютера, и при подключении к компьютеру позволяет Arduino определяться как виртуальный COM-порт. Прошивка ATmega16U2 использует стандартные драйвера USB-COM, установка сторонних драйверов не требуется, но для Windows требуется файл `ArduinoUNO.inf`. В ATmega328 присутствует приемопередатчик UART, позволяющий осуществить последовательную связь посредством выводов 0 (RX) и 1 (TX). При передаче данных через микросхему-преобразователь USB-

UART, когда соединена плата с компьютером, на плате будут мигать светодиоды RX и TX. (При последовательно передаче данных при использовании выводов 0 и 1, без использования USB-преобразователя, светодиоды не задействуются). При помощи библиотеки SoftwareSerial происходит реализация последовательной связи на любых цифровых выводах Arduino UNO. [4]

1.4 Программирование Arduino UNO

ATmega328 в Arduino UNO выпускается с прошитым загрузчиком, который позволяет загружать в этот микроконтроллер новые программы без использования внешнего программатора. Взаимодействие с ним происходит через протокол STK500. Микроконтроллер можно прошить через разъем для внутрисхемного программирования ICSP (In-Circuit Serial Programming), не обращая внимания на загрузчик.

Прошивка ATmega16U2/8U2 включает в себя DFU-загрузчик (Device Firmware Update), который позволяет обновить прошивку микроконтроллера. Для активации этого режима необходимо:

На платах версии R1: замкнуть перемычку на обратной стороне платы.

На платах версии R2 и выше – для более простого перехода в режим DFU присутствует резистор, подтягивающий к земле линию HWB микроконтроллера 16U2/8U2. [4]

После перехода в DFU-режим для загрузки новой прошивки можно использовать программное обеспечение Atmel's FLIP (для Windows) или DFU programmer (для Mac OS X и Linux). Также есть альтернативный вариант - прошить микроконтроллер через разъем для внутрисхемного программирования ISP с помощью внешнего программатора, однако в этом случае DFU-загрузчик затрется.

Arduino UNO разработан так, что перед запись нового кода перезагрузка осуществляется самой программой Arduino на компьютере, а не

при помощи нажатия кнопки на платформе. Один из выводов ATmega16U2/8U2, участвующий в управлении потоком данных (DTR), соединен с выводом RESET микроконтроллера ATmega328 через конденсатор номиналом 100нФ. Когда на линию DTR приходит ноль, вывод RESET также на время, достаточное для перезагрузки микроконтроллера переходит в низкий уровень. Эта особенность используется, чтобы можно было прошивать микроконтроллер всего одним нажатием кнопки в среде программирования Arduino. Данная архитектура позволяет уменьшить таймаут загрузчика, так как процесс прошивки синхронизирован всегда со спадом сигнала на линии DTR.

При подключении UNO к компьютерам, работающим на MAC OS X или Linux, его микроконтроллер будет сбрасываться при каждом соединении программного обеспечения с платой. На Arduino UNO, после сброса, на время около полсекунды активизируется загрузчик. Независимо от того, что загрузчик запрограммирован на игнорирование посторонних данных (все данные, не касающиеся процесса прошивки новой программы), он может перехватывать несколько первых байт данных из пересылки, отправляемой плате сразу после установки соединения с ней. Если в программе, которая работает на Arduino, предусмотрено получение от компьютера некоторых настроек или других данных при первом запуске, программное обеспечение, с которым взаимодействует Arduino, может не осуществлять отправку спустя секунду после установки соединения. [3]

Также на плате Arduino UNO присутствует дорожка (обозначенная как RESET-EN), при размыкании которой, отключается автоматический сброс микроконтроллера. Для восстановления автоматического сброса нужно спаять между собой выводы, расположенные по краям этой дорожки. Также автоматический сброс может быть выключен, при подключении резистора номиналом 110 Ом между выводом RESET и 5 В. [2]

1.5 Библиотеки программного обеспечения Arduino UNO

Библиотека EEPROM. В микроконтроллере Arduino присутствует EEPROM - память, в которой информация сохраняется даже в том случае, когда будет выключено устройство (схожесть с жестким диском). Эта библиотека помогает считывать информацию из этой памяти, а также используется для информации.

Объем памяти EEPROM различных микроконтроллеров, входящих в состав Arduino, может отличаться: 1024 байта в ATmega328, 512 байт - в ATmega168 и ATmega8, 4 КБ (4096 байт) - ATmega1280 и ATmega2560.

Библиотека Servo. Данная библиотека представляет собой набор различных функций для управления сервоприводами. Стандартные сервоприводы позволяют поворачивать привод на угол в диапазоне от 0 до 180 градусов. Некоторые сервоприводы позволяют совершать полные обороты на заданной скорости. [1]

Библиотека SPI. Позволяет Arduino взаимодействовать с SPI-устройствами, но при этом выступать в виде ведущего устройства.

Последовательный периферийный интерфейс (SPI) – это синхронный протокол последовательной передачи данных, используется для связи микроконтроллера с одним или, возможно, с несколькими периферийными устройствами. Данный интерфейс отличается высокой скоростью и предназначен для связи достаточно близко расположенных устройств. Также данный интерфейс может быть использован для взаимодействия двух микроконтроллеров. В основном микроконтроллер является ведущим и контролирует ведомые периферийные устройства. Все взаимодействующие устройства объединены тремя общими линиями:

MISO (Master In Slave Out) – линия для передачи данных от ведомого устройства (Slave) к ведущему (Master).

MOSI (Master Out Slave In) – линия для передачи данных от ведущего устройства (Master) к ведомым (Slave).

SCK (Serial Clock) – тактовые импульсы, генерируемые ведущим устройством (Master), для синхронизации процесса передачи данных. Помимо этих линий, на каждое устройство отводится отдельная линия:

SS (Slave Select) – вывод, присутствующий на каждом ведомом устройстве. Он предназначен для активизации Мастером того или иного периферийного устройства. Периферийное устройство (Slave) взаимодействует с ведущим (Master) тогда, когда на выводе SS будет присутствовать низкий уровень сигнала. В другом случае данные от Master-устройства будут проигнорированы. Данная архитектура предоставляет возможность взаимодействовать с несколькими SPI-устройствами, подключенными к одной и той же шине: MISO, MOSI и SCK. [2]

Таблица 1 – Номера выводов, использующиеся шиной SPI

Плата Arduino	MOSI	MISO	SCK	SS (Slave)	SS (Master)
UNO	11 или ICSP-4	12 или ICSP-1	13 или ICSP-3	10	-

На всех платах выводы MOSI, MISO и SCK соединены с одними и теми же контактами разъема ICSP. Данное расположение удобно при создании универсальных плат расширения, работающих на всех моделях Arduino.



Рисунок 1.2 – разъем In-Circuit Serial Programming

Библиотека SoftwareSerial. В Arduino присутствует реализация аппаратной поддержки интерфейса последовательной передачи данных через выводы 0 и 1 (они также используются для связи с компьютером при помощи USB). Аппаратная работа с последовательным интерфейсом осуществляется при помощи специального устройства встроенного в микроконтроллер, он же приемопередатчик UART(Universal asynchronous receiver/transmitter). Данный

приемопередатчик позволяет микроконтроллеру ATmega обрабатывать данные, даже при работе с другими задачами. Библиотека SoftwareSerial позволяет реализовать последовательный интерфейс на любых цифровых выводах Arduino при помощи программных средств, дублирующих функциональность UART. Также позволяет программно создать несколько последовательных портов, работающих на скорости 115200 бод. Устройства, работающие с инвертированным сигналом, также используются при помощи параметра включающего инвертирование содержащегося в данной библиотеке.

2 ОПИСАНИЕ МОДУЛЯ GY-521

2.1 Общие сведения модуля GY-521

Модуль GY-521 на микросхеме MPU-6050 – это трехосевой гироскоп и акселерометр, распространенный на три координаты, а также датчик температуры окружающей среды. Кроме этого на плате самого модуля GY-521 размещены необходимые для надежного функционирования подтягивающие резисторы. Обмен данными с контроллером управления осуществляется при помощи шины I2C. Необходимое напряжение питания для модуля и всех имеющихся на нем датчиков 3.3V.

Модуль GY-521 на микросхеме MPU-6050 - это решение, объединяющее трехкоординатный гироскоп, трехкоординатный акселерометр и 9-координатные алгоритмы Motion Fusion. [10]

В устройстве модуля GY-521 объединены: трехкоординатный гироскоп и трехкоординатный акселерометр на одном кремниевом кристалле, а также процессор Digital Motion Processor, способный обработать 9-координатные алгоритмы Motion Fusion. Алгоритмы собирают информацию с магнитометров, а также других датчиков через шину I2C без участия системного процессора. Датчики на основе чипов MPU-6050 имеют точно такие же размеры и распиновку, как и предыдущее семейство MPU-3000

трехкоординатных гироскопов, что позволяет легко произвести модернизацию уже созданного оборудования.

Для наиболее точного трекинга быстрых или медленных движений, возможно, самостоятельно запрограммировать необходимые режимы: ± 250 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 гр/сек для гироскопа, а также $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$ для акселерометра. [11]

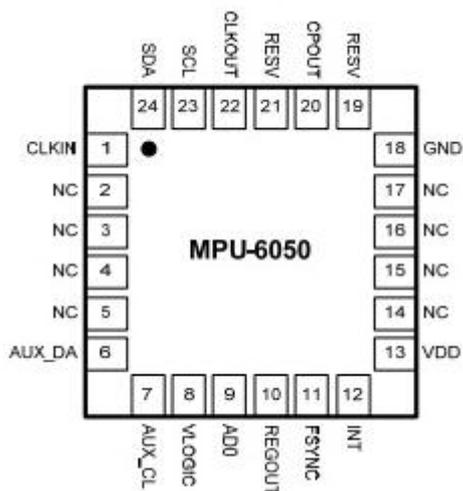


Рисунок 2.1 – Микросхема MPU-6050

2.2 Спецификация и характеристики модуля GY-521

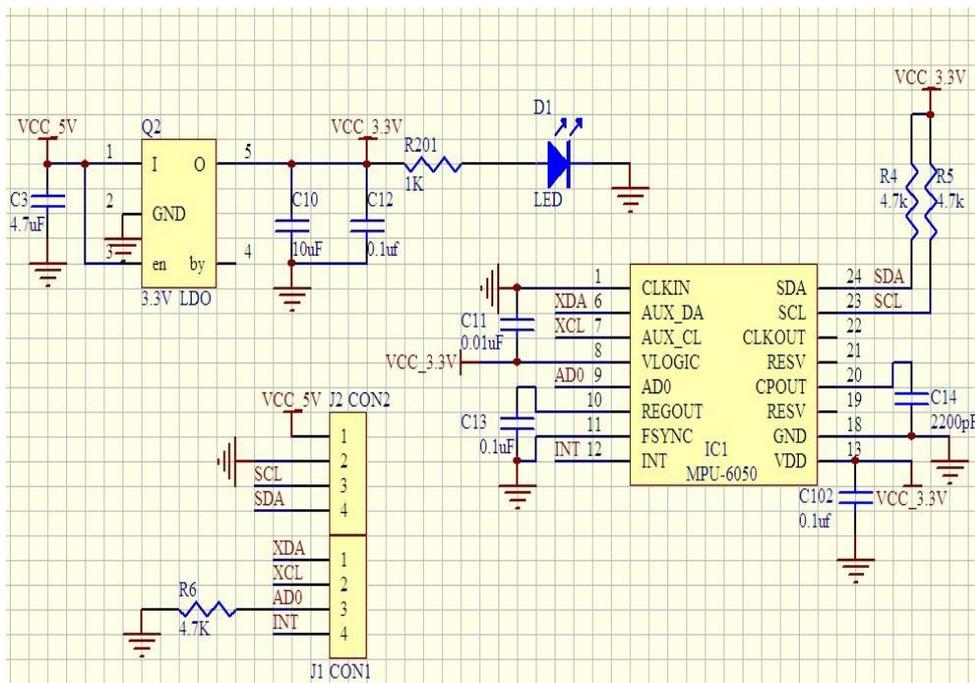


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема модуля GY-521

Микросхема: MPU-6050 (гироскоп 3-осевой + акселерометр на 3 координаты);

Напряжение питания модуля: от 3.3V до 5V (DC);

Чип MPU-6050: 16 битный АЦП, 16 битный вывод данных;

Гироскоп диапазон: ± 250 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 гр/сек;

Акселерометр диапазон: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$;

Связь с контроллером по стандартному коммуникационному протоколу I2C;

Размеры модуля: 15x20 мм;

Вес модуля: 5 грамм. [10]

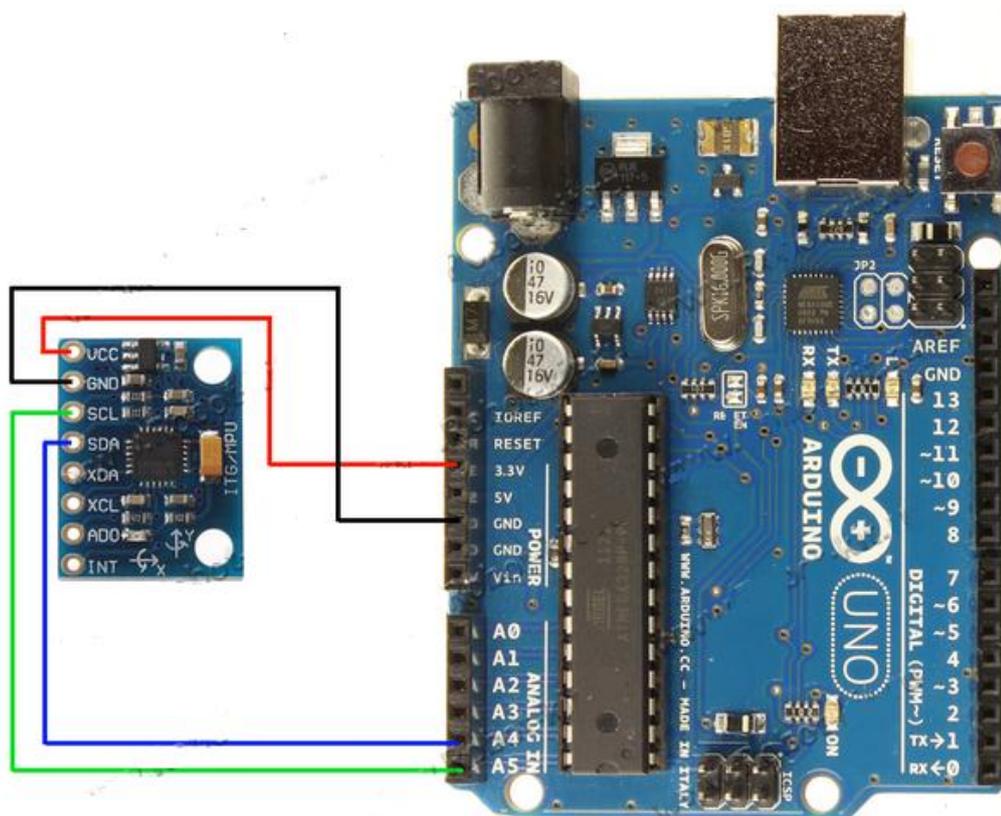


Рисунок 2.3 – Схема подключения модуля GY-521 к контроллеру Arduino UNO

2.3 Акселерометр модуля GY-521

Трехосевой акселерометр ”чувствует” проекции ускорения на оси X, Y и Z. Если прибор размещен строго горизонтально и не движется, то проекции ускорения силы тяжести на оси X и Y равны нулю. Сила тяготения воспринимается только чувствительными элементами вертикальной оси Z. Время от времени в состоянии покоя производят проверку и калибровку акселерометра. Во время движения объект постоянно то ускоряется, то замедляется. Идеально равномерного движения не существует. Это и позволяет использовать акселерометр не только для определения положения объекта, но и для определения динамических параметров при движении. Акселерометр регистрирует сумму ускорения при движении и гравитацию.

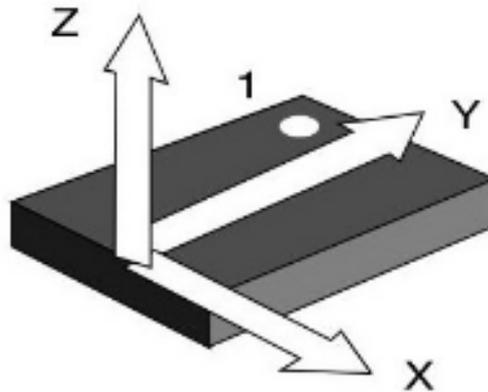


Рисунок 2.4 – проекции ускорения на оси X, Y и Z

2.4 Гироскоп модуля GY-521

Гироскоп (в переводе значит «вращение» или «смотреть») — это устройство, которое способно измерить у связанного с ним предмета изменение углов его ориентации относительно инерциальных систем координат и которое основано на законе сохранения момента импульса. Гироскопы от количества степеней свободы подразделяются на двухстепенные и на трехстепенные. А по своему принципу действия гироскопы могут делиться на механические гироскопы и оптические гироскопы. Также принято гироскопы делить по режиму их действия на указатели направления и датчики угловой скорости. Зачастую одни устройства могут функционировать в различных режимах и это зависит от типа управления.

Трехосевой гироскоп – датчик поворота объекта, позволяющий вычислить углы поворотов по осям X, Y, Z благодаря определению угловых скоростей.

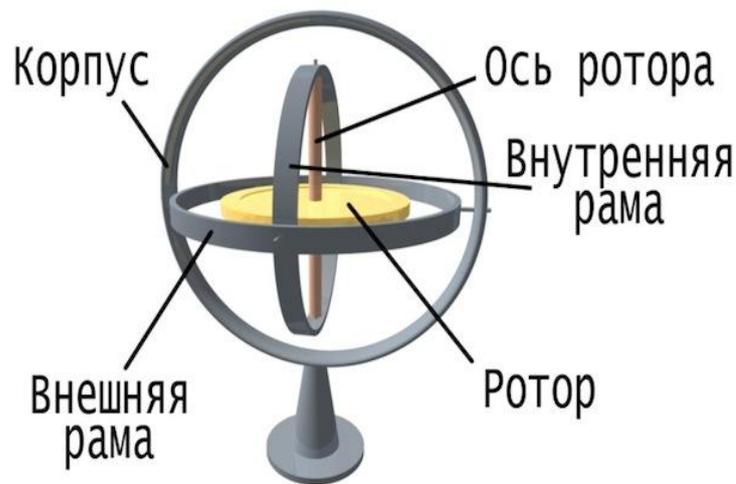


Рисунок 2.5 – Схема трехстепенного гироскопа

3 ФИЛЬТРАЦИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И СРАВНЕНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ФИЛЬТРОВ

Подсистема стабилизации — очень важный компонент любого беспилотного летательного аппарата или балансирующего устройства. Именно этот блок устройства позволяет ему всегда оставаться в заданном положении, несмотря на действие различных внешних сил.

Для того чтобы осуществить эту стабилизацию, устройство должно:

- определить углы наклона устройства относительно поверхности земли;
- вычислить отклонение устройства от требуемого положения;
- подать управляющие сигналы для компенсации отклонения и приведения устройства в требуемое положение.

Первую задачу решает прибор, называемый инклинометром. Третью задачу — ПИД регулятор, который не используется в моей выпускной квалификационной работе, но необходим далее при разработке устройства стабилизации.

Самый простой инклинометр может быть сконструирован либо с помощью гироскопа, либо с помощью акселерометра. В первом случае угол

наклона устройства легко вычисляется с помощью дискретного интегрирования скорости его вращения, определяемого именно гироскопом.

Однако, у гироскопа GY-521 есть один серьезный недостаток, который называется дрейфом нуля. Суть этого недостатка сводится к тому, что при остановке вращения гироскопа, он все еще будет показывать значение отличное от нуля. Другим недостатком такого решения, является применение процедуры дискретного интегрирования, которая по своей природе дает неточный результат. Третья проблема тесно связана с предыдущей. Она выражается в постепенном накоплении ошибки вычисления угла из-за ограниченной точности переменных микроконтроллера.

Исходя из этого можно сделать вывод, что если строить инклинометр только на основе гироскопа, он будет довольно неточен. Значит и стабилизация устройства будет весьма посредственная.

Если мы конструируем инклинометр с помощью акселерометра, то для определения угла наклона достаточно применить простые геометрические преобразования к его показаниям. Акселерометр позволяет определять точные углы наклона прибора только в состоянии покоя. Пока на него не действуют внешние силы, на выходе прибора мы получим значение проекции ускорения свободного падения на наблюдаемую ось. На рисунке 3.1 показания акселерометра для одной из его осей отмечены буквой X .

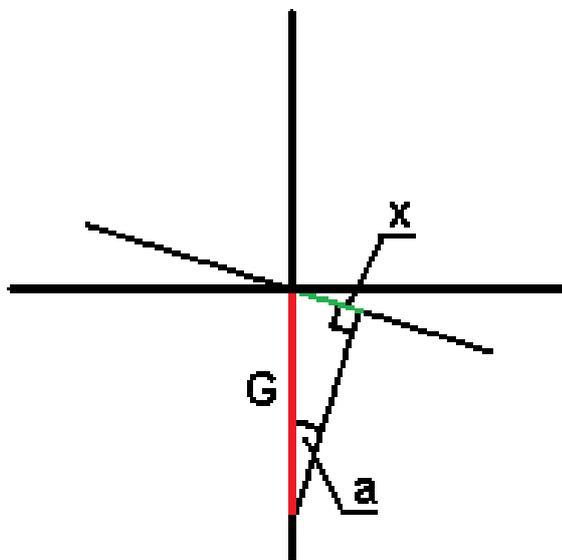


Рисунок 3.1 – датчик GY-521 на базе MPU-6050

Зная G и X , можно вычислить угол отклонения акселерометра от горизонтального положения - a :

$$\sin(a) = X/G \quad (3.1)$$

$$a = \arcsin(X/G) \quad (3.2)$$

Делая такие вычисления, важно учитывать, что X и G должны измеряться в одинаковых единицах. Например, если показания акселерометра преобразовывать к единицам гравитации, другими словами $G = 1$ *земная гравитация*, то выражение для угла a примет вид:

$$a = \arcsin(X) \quad (3.3)$$

Таким образом, на основе одного только акселерометра можно также достаточно легко построить инклинометр. Но, к сожалению, любое воздействие внешней силы вносит в эти вычисления ошибку. Такой внешней силой может быть, например, внезапный порыв ветра. Частично снять это воздействие можно с помощью ФНЧ, но побочным эффектом подобной обработки сигнала будет сильное уменьшение быстродействия инклинометра.

3.1 Комплементарный фильтр

В итоге у нас имеется два прибора, каждый из которых позволяет рассчитать углы наклона устройства относительно поверхности земли. Но в случае гироскопа точность таких расчетов снижается из-за дрейфа нуля и ошибок интегрирования. В случае же акселерометра слишком велика чувствительность к внешним воздействиям.

Возникает естественное желание объединить показания этих двух устройств для устранения их недостатков. Сделать такое объединение позволяет комплементарный фильтр, работа которого определяется достаточно простым выражением:

$$a[i] = (1-K)*(a[i-1] + gyr) + K*acc \quad (3.4)$$

Здесь

$a[i]$ — отфильтрованный, результирующий угол наклона;

$a[i-1]$ — отфильтрованный, результирующий угол наклона на предыдущем шаге;

gyr и acc — значения угла наклона, полученные при помощи гироскопа и акселерометра;

K — коэффициент комплементарного фильтра.

Как видно, итоговая величина угла наклона представляет собой сумму интегрированного значения гироскопа и мгновенного значения акселерометра. По сути, главная задача комплементарного фильтра здесь в том, чтобы нивелировать дрейф нуля гироскопа и ошибки дискретного интегрирования. Указанное выражение именно это и делает. На каждом шаге интегрирования (по сути шаге цикла стабилизации устройства) мы корректируем интеграл угла наклона с помощью показаний акселерометра. Сила же этой коррекции определяется коэффициентом фильтра K .

Выбор коэффициента K зависит от величины дрейфа нуля гироскопа, от скорости накопления ошибок вычисления и от условий использования устройства. Так, слишком большое значение K приведет к тому, что на результат работы фильтра будет сильно влиять внешние факторы (ветер, вибрации поверхности). Слишком же малое значение K может оказаться недостаточным, чтобы ликвидировать дрейф нуля гироскопа. Как правило, коэффициент комплементарного фильтра подбирается вручную для каждого инклинометра исходя из вышеуказанных условий. Например, для нашего устройства он колеблется в диапазоне от 0,05 до 0,1.

3.2 Фильтр Калмана

Фильтр Калмана имеет возможность сгладить несколько показаний датчиков с балансом шумоподавления и приспособляемости фильтра к изменениям внутри системы.

Для этого необходимо знать состояние системы, основанное на некоторых шумных датчиках. Имея показания датчиков, система может предсказывать собственное состояние, исходя из данных, полученных на

последнем шаге, и, используя скорректированные данные, сделать новые прогнозы для следующего состояния системы:

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{\bar{k}} + K_k (y_k - h(\hat{x}_{\bar{k}})), \quad (3.5)$$

где \hat{x}_k – новая исправленная оценка состояния системы; $\hat{x}_{\bar{k}}$ – предыдущая оценка состояния системы; K_k – коэффициент усиления (на данный момент, это просто некоторая константа); y_k – измерения датчика; h – функция измерения преобразования вектора состояния системы; $h(\hat{x}_{\bar{k}})$ – предсказание измерения; и наконец $(y_k - h(\hat{x}_{\bar{k}}))$ – ошибка предсказания измерения или вектор инноваций;

Следующий шаг – это оценка, основанная на новой исправленной оценке и измерении показаний датчика:

$$\hat{x}_{\bar{k+1}} = f(\hat{x}_{\bar{k}}, u_k), \quad (3.6)$$

где u_k – фактическое измерение с датчика; $\hat{x}_{\bar{k}}$ – получаем из уравнения (3.5); $\hat{x}_{\bar{k+1}}$ – новое прогнозируемое состояние системы; f – функция, которая связывает предыдущее состояние системы и нынешние показания датчика.

Фильтр Калмана используется для того, чтобы избавиться от пресловутого дрейфа нуля гироскопа. Для этого необходимо знать дрейф нуля на выходе, который нужно скорректировать сигналом на входе. Так же необходимо знать угол смещения системы, поэтому сигнал с выхода датчика необходимо перевести из радиан в градусы:

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \omega_k \delta, \quad (3.7)$$

$$\theta_{k+1} = \theta_k + (y_k - bias_k) \delta, \quad (3.8)$$

$$\omega_{k+1} = \omega_k, \quad (3.9)$$

$$\omega_{k+1} = y_k - bias_k, \quad (3.10)$$

$$bias_{k+1} = bias_k, \quad (3.11)$$

где θ – угол; ω – угловая скорость; δ – размер выборки; $bias$ – угловая скорость смещение гироскопа; y – выходной сигнал с гироскопа.

Получим выходной сигнал в виде суммы угловой скорости смещения гироскопа и угловой скорости вращения:

$$y_k^{gyro} = \omega_k + bias_k, \quad (3.12)$$

Из уравнений 3.7, 3.8, 3.9 и 3.10 видно, что есть как минимум два пути для модулирования θ и ω . Тем не менее, если выбрать неправильный набор уравнений, фильтр Калмана может не работать. Использование в коде уравнений 3.8 и 3.10 поможет избежать нелинейности в системе, которая может привести к появлению расходящейся ошибки.

Необходимо взять производную от коэффициента усиления по отношению к погрешности, чтобы подать нужное усиление и таким образом минимизировать ошибку.

Получим выходной сигнал с гироскопа. Обновим H используя выходной сигнал и сигнал со входа:

$$K = PH'(HPH^T + VRV^T)^{-1}, \quad (3.13)$$

$$P = (I - KH)P, \quad (3.14)$$

$$x = x + K(y - h(x)), \quad (3.15)$$

Сохраним исправленные x для системы. Далее перепишем x с предсказанием следующего шага. Обновим F используя новые значения x , полученные в выражении 3.15:

$$P = FPF^T + WQW^T, \quad (3.16)$$

$$x = f(x, y), \quad (3.17)$$

здесь K – коэффициент усиления Калмана, который имеет размерность $m \times n$, где m – количество переменных состояния, а n – количество

датчиков. K показывает число настроечных состояний системы, исходя из разницы между измерением и предсказанием измерения.

Q – дисперсия шума в состоянии, матрица размером $m \times m$ показывает число ошибок на каждое состояние системы.

R – дисперсия шума при изменении состояния системы, матрица размером $n \times n$.

P – матрица, которая приравнивается к матрице Q перед итерацией.

H – матрица для преобразования из старого состояния к состоянию измерения с помощью функции $h(x)$ (см. уравнение 3.15). Если уравнение является нелинейным, то просто берётся его частная производная относительно измеряемых переменных.

V – это частная производная от функции выходного сигнала по отношению к выходному шуму. Обычно это единичная матрица размерностью $n \times n$.

I – это единичная матрица размерностью $m \times m$.

F – матрица преобразования в новое состояние с учётом старого состояния системы. Это частная производная функции P по отношению к каждой переменной состояния, если уравнение не является линейным.

W – частная производная состояния функции f по отношению к состоянию шума, как правило, это единичная матрица размерностью $m \times m$.

Важно применять эти уравнения в точной последовательности. Учитывая выходной сигнал, делается коррекция текущего состояния и затем используется исправленное состояние, чтобы сделать предсказание нового состояния. Данные уравнения отличаются от расширенной версии фильтра Калмана лишь тем, что матрицы H и F – это частные производные, в то время как для оригинального фильтра Калмана это просто постоянные матрицы.

Другое отличие состоит в том, что улучшение оригинального фильтра Калмана будет сходиться к некоторому значению, в то время как расширенный фильтр Калмана будет меняться во времени.

Чтобы сделать фильтр более интересным добавим данные с акселерометра, который можно использовать, чтобы скорректировать дрейф нуля гироскопа.

Сформируем матрицы состояний, необходимые для работы фильтра:

$$x_k = \begin{bmatrix} \theta_k \\ \omega_k \\ bias_k^{gyro} \end{bmatrix}, \quad (3.18)$$

$$y_k = \begin{bmatrix} y_k^{gyro} \\ y_k^{accel} \end{bmatrix}, \quad (3.19)$$

$$f(x_k, u_k) = \begin{bmatrix} \theta_k + \delta(y_k^{gyro} - bias_k^{gyro}) \\ y_k^{gyro} - bias_k^{gyro} \\ bias_k^{gyro} \end{bmatrix}, \quad (3.20)$$

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\delta \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.21)$$

$$h(x_k) = \begin{bmatrix} x_k + bias_k^{gyro} \\ \theta_k \end{bmatrix}, \quad (3.22)$$

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (3.23)$$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.24)$$

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.25)$$

$$V = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.26)$$

$$R = \begin{bmatrix} sd_{gyro}^2 & 0 \\ 0 & sd_{accel}^2 \end{bmatrix}, \quad (3.27)$$

$$Q = \begin{bmatrix} 0.2\delta \\ 0.2 \\ 0.1 \end{bmatrix} [0.2\delta \quad 0.2 \quad 0.1], \quad (3.28)$$

4 РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ

4.1 Среда разработки

Для написания программы (Sketch) используется среда разработки Arduino IDE. Arduino IDE представляет собой редактор (на базе Java-IDE Processing), компилятор (AVR-GCC), программатор (avrdude).

Sketch – это программа для Arduino. Единичный проект, который загружается и выполняется платой.

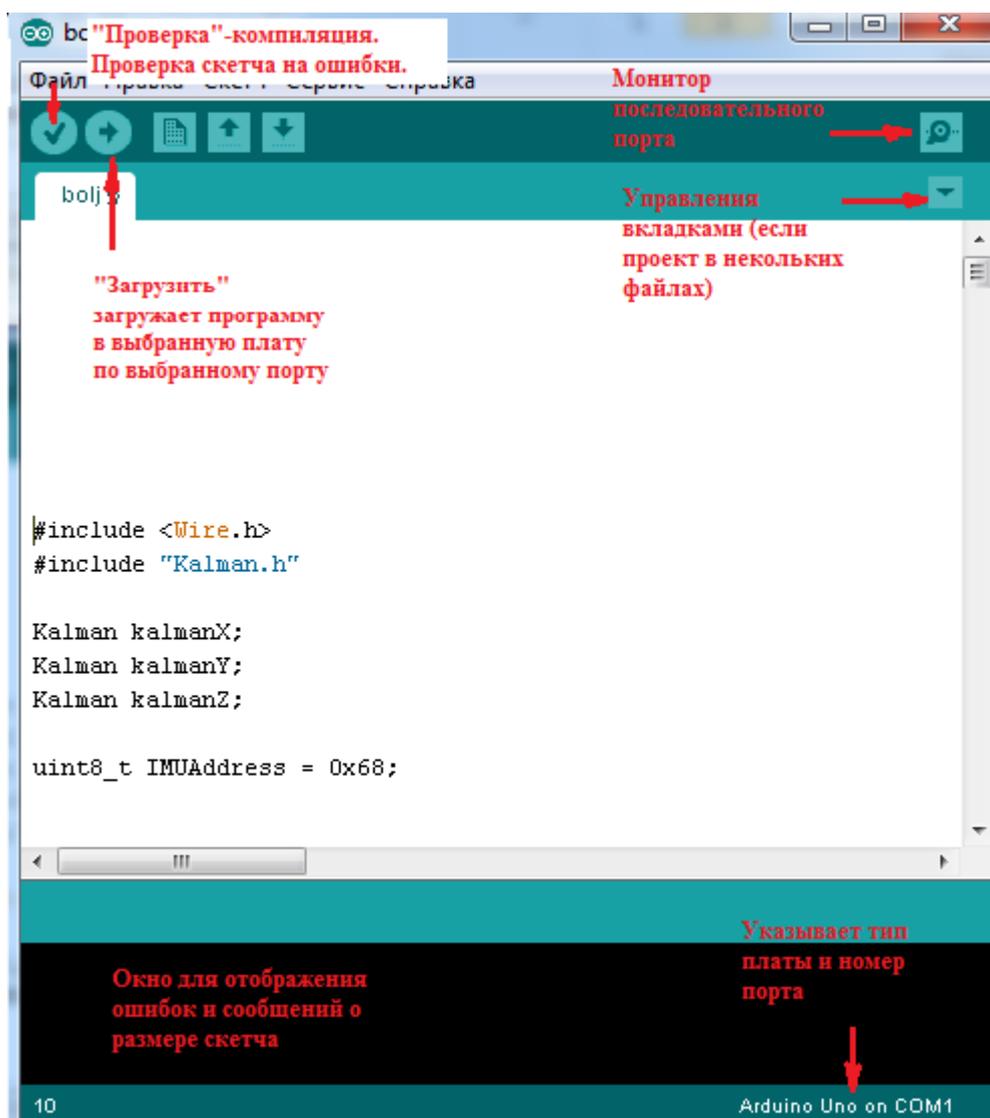


Рисунок 4.1 – Окно среды разработки Arduino IDE

Для написания программы модифицированного фильтра Калмана использовалась стандартная библиотека `<Wire.h>`. И также специально написанный класс: `<Kalman.h>`

Обязательным для написания программы является использование таких функций как: `setup`, `loop`.

Функция `setup()` вызывается тогда, когда стартует скетч. Используется для инициализации переменных, определения режимов работы выводов, запуска используемых библиотек и т.д. Функция `setup` запускается только один раз, после каждой подачи питания или сброса платы Arduino.

Функция `loop()` используется после функции `setup()`, которая инициализирует и устанавливает первоначальные значения, функция `loop`

крутится в цикле, позволяя программе совершать вычисления и реагировать на них. Используется для активного управления Arduino.

Данные функции не используются без типа данных void, который вызывается при объявлении функций. Указывает на то, что объявляемая функция не возвращает никакого значения той функции, из которой она была вызвана. [2]

4.2 Настройка фильтра и оценка его работы

В наше время строго стоит вопрос с фильтрацией данных в различных отраслях промышленности, так как растут требования к точности и своевременности фильтрации исходных данных. Широко применяемые фильтры не дают такой высокой точности. Из-за особенности технологических производств, каждый датчик обладает уникальными характеристиками, а также нужно учитывать окружение (технологическую обстановку), все эти показатели тем или иным образом влияют на дисперсию сигнала и на ошибку в текущий момент времени. В связи с этим была поставлена задача автоматической настройки фильтра Калмана перед эксплуатацией объекта управления. Используя теоретические данные построим полезный сигнал и сигнал помехи



Рисунок 4.2 – Нанесение шума на полезный сигнал

На графике изображен полезный сигнал в виде синусоиды поступающей на датчик. Выделен полезный сигнал, обозначенный зеленым цветом и сопровождающий его сигнал помехи, изображенный красным.

Теперь проведем сравнение использованных комплементарного фильтра и модифицированного фильтра Калмана между собой и выясним, какой из фильтров лучше подходит к системе. Для этого достаточно провести анализ фильтруемого с помощью данных фильтров сигнала. Для этого построим график фильтрации при помощи комплементарного фильтра и модифицированного нами фильтра Калмана. На рисунке 4.3 представлен график работы комплементарного фильтра.

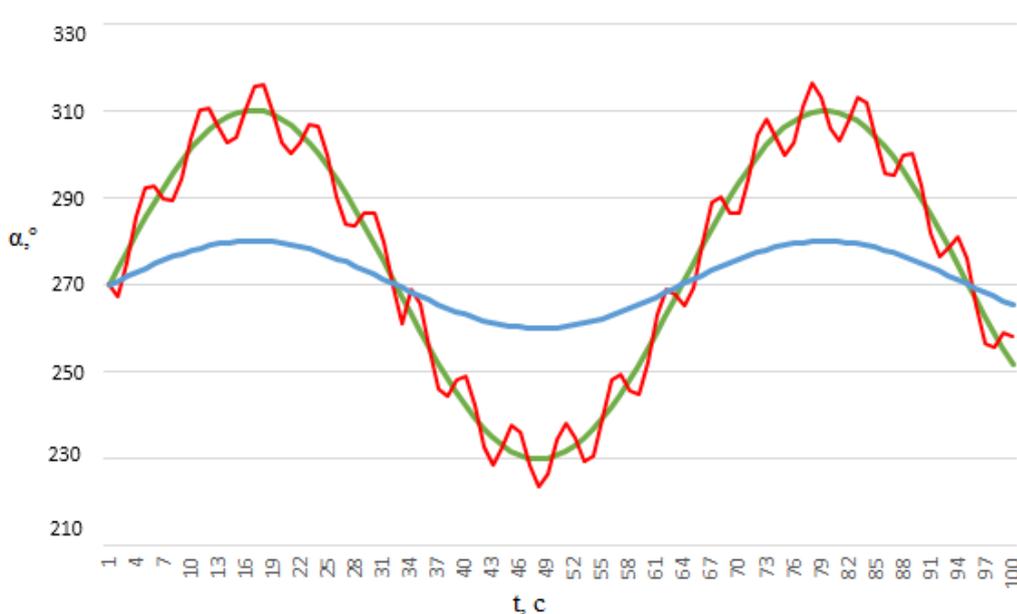


Рисунок 4.3 – График работы устройства на основе комплементарного фильтра

Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 22,803508^\circ \quad (4.1)$$

На графике изображен полезный сигнал в виде синусоиды поступающей на датчик. Выделен полезный сигнал, обозначенный зеленым цветом, сопровождающий его сигнал помехи, изображенный красным и

отфильтрованный сигнал помехи при помощи комплементарного фильтра, обозначенный синим цветом.

Как мы видим, комплементарный фильтр не дает нам должно результата. На рисунке 4.4 представлен график работы модифицированного фильтра Калмана.

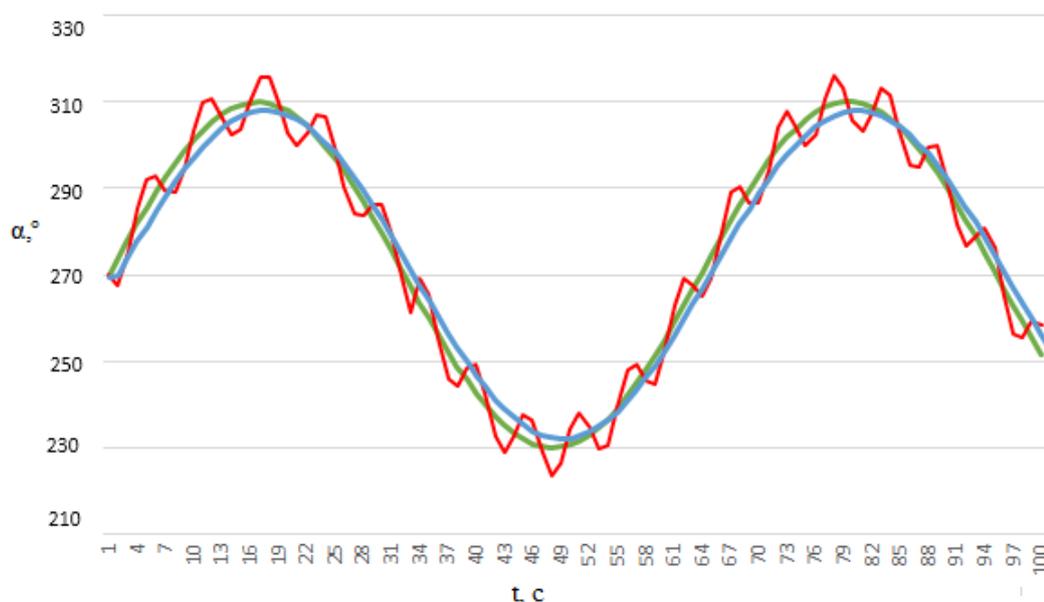


Рисунок 4.4 – График работы устройства на основе модифицированного фильтра Калмана

Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 1,732051^\circ \quad (4.2)$$

На графике изображен полезный сигнал в виде синусоиды поступающей на датчик. Выделен полезный сигнал, обозначенный зеленым цветом, сопровождающий его сигнал помехи, изображенный красным и отфильтрованный сигнал помехи при помощи модифицированного фильтра Калмана обозначенный синим цветом. В основу модифицированного фильтра Калмана входит автоматический просчет дисперсии до применения фильтра, занесения этих показаний в фильтр с дальнейшим использованием.

Из графиков и учитывая интегральные показатели качества видно, что для системы стабилизации, более высокого уровня фильтрации достигает модифицированный фильтр Калмана.

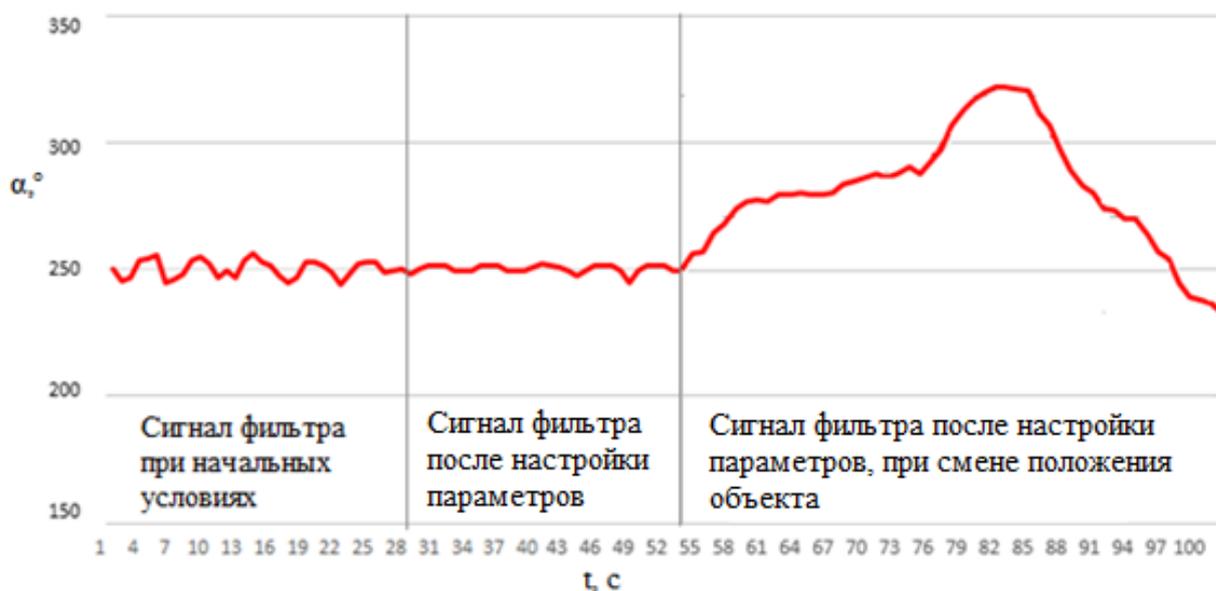


Рисунок 4.5 – График поэтапной фильтрации сигнала помехи при использовании модифицированного фильтра Калмана

На графике показана поэтапная фильтрация сигнала помехи при использовании модифицированного фильтра Калмана. Первая часть: объект находится в положении покоя, в это время производится автоматическая настройка фильтра. Вторая часть: после настройки фильтра производится фильтрация сигнала помехи, когда объект находится в положении покоя. Третья часть: Фильтрация сигнала помехи при изменении положения объекта.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСНАБЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями моего исследования могут являться как физические, юридические лица, так и коммерческие организации различных размеров, ориентирующиеся на выпуск оборонной, авиакосмической, гражданской промышленности и науки.

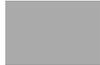
Выберем сегментацию рынка для коммерческой организации и сегментируем его по разработке программного обеспечения (ПО).

		ПО			
		Фильтр Калмана	Медианный фильтр	Комплементарный фильтр	Фильтр скользящего среднего
Потребители	Carduino				
	Elagu.s				
	AndrIvano-ff				

Рисунок 5.1 – карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет ресурсов

 – Carduino

 – Elagu.s

 – AndrIvanoff

Из приведённой на рис. 4.1 карты сегментирования можно сделать следующие выводы:

- 1) основными сегментами рынка являются ПО фильтра Калмана и ПО фильтра скользящего среднего;
- 2) необходимо создавать ПО фильтра Калмана, комплиментарного фильтра для потребителя AndrIvanoff, ПО комплиментарного фильтра для Elagu.s;
- 3) в будущем возможно создание ПО медианных и комплиментарных фильтров для всех потребителей.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку

сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок), где B_{k1} – «CyberLab», B_{k2} – «Elmot».

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в чтении и корректировке программного кода	0.15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
2. Потребность в ресурсах памяти контроллера	0.05	3	5	3	0,15	0,25	0,15
3. Функциональное исполнение фильтра	0.1	5	3	1	0,5	0,3	0,1
4. Качество сглаживаемого сигнала	0.05	3	5	3	0,15	0,25	0,15
5. Возможность использования с любым другим контроллером на базе Arduino UNO	0.05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность ПО	0.1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2. Уровень востребованности среди потребителей ПО	0.1	1	5	3	0,1	0,5	0,3
3. Цена	0.1	3	5	1	0,3	0,5	0,1
4. Финансирование разработки ПО	0.2	3	3	3	0,6	0,6	0,6
5. Срок исполнения фильтра	0.1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
Итого	1	36	46	30	3,7	4,4	3

Исходя из расчётов, сделанных выше, можно сделать вывод, что наша разработка имеет средний уровень конкурентоспособности.

Позиции конкурентов особенно уязвимы в потребности в ресурсах памяти и ценовом диапазоне. Так же в зоне уязвимости может оказаться финансирование научной разработки.

Конкурентное преимущество нашей разработки в функциональной мощности, сроке выхода на рынок и конкурентоспособности.

5.1.3 SWOT-анализ

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе.

Таблица 5.2 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей). С2. Функциональная мощность (предоставляемые возможности). С3. Конкурентоспособность продукта. С4. Срок выхода на рынок. С5. Высоко квалифицированный научный труд.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки. Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания ПО. Сл4. Уровень проникновения на рынок. Сл5. Большой срок поставок плат, используемых для проведения научного исследования.</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения ПО на рынок. В2. Использование развитой международной инфраструктуры для более быстрой доставки плат. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Использование инновационной структуры ТПУ позволит повысить конкурентоспособность ПО и ускорить выход на рынок. Так же использование развитой международной инфраструктуры поможет ускорить выход ПО на рынок. Возможно появление дополнительного спроса на новый продукт благодаря использованию высоко квалифицированного научного труда. Благодаря снижению таможенных пошлин на платы возможно повышение конкурентоспособности ПО.</p>	<p>Появление дополнительного спроса на новый продукт может привести к отсутствию у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях может привести к увеличению срока поставки плат, используемых для проведения научного исследования.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция производителей ПО. У3. Ограничения памяти платы Arduino. У4. Выпуск более новых чипов для Arduino.</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства может замедлить срок выхода ПО на рынок и понизить квалификацию научного труда. Развитая конкуренция производителей ПО может привести к снижению конкурентоспособности</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства и высокая стоимость оборудования и плат может привести к отсутствию прототипа научной разработки, отсутствию потенциальных потребителей, необходимого</p>

У5. Высокая стоимость оборудования и плат.	продукта. Ограничения памяти платы Arduino и высокая стоимость оборудования и плат требует более высоко квалифицированный научный труд и затягивает срок выхода на рынок.	оборудования для проведения испытания ПО, ухудшить уровень проникновения на рынок и увеличить сроки поставки плат. Выпуск более новых чипов для Arduino может способствовать к отсутствию необходимого оборудования для проведения испытания ПО.
--	---	--

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Таблица 5.3 – Морфологическая матрица для контроллера Arduino UNO

	1	2	3
А. Модель гироскопа	GY-521	MPU-6050	Без гироскопа
Б. Питание платы	5V	Без питания	
В. Протокол передачи данных	I2C	SPI	Без протокола
Г. ПО для программирования контроллера	Arduino	Любое другое (Visual Studio C++)	
Д. Соединение с ПК	проводное	беспроводное	
Е. Получение данных	Putty	Internet browser	Без получения данных
Ж. Место крепления контроллера	Штатив	без крепления	

Возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения:

- 1) А1Б1В1Г1Д1Е1Ж1 – модель гироскопа GY-521; питание платы 5V; протокол передачи данных I2C; ПО для программирования контроллера Arduino; соединения с ПК – проводное; получение данных через Putty; место крепления контроллера – штатив.

- 2) А2Б1В2Г2Д1Е2Ж1 – модель гироскопа MPU-6050; питание платы 5V; протокол передачи данных SPI; ПО для программирования контроллера Visual Studio C++; соединения с ПК – проводное; получение данных через Internet browser; место крепления контроллера – штатив.
- 3) А1Б1В2Г1Д1Е1Ж1 – модель гироскопа GY-521; питание платы 5V; протокол передачи данных SPI; ПО для программирования контроллера Arduino; соединения с ПК – проводное; получение данных через Putty; место крепления контроллера – штатив.

Модель гироскопа GY-521 представляет собой разделенный гироскоп и акселерометр и встречается чаще, чем MPU-6050, который представляет собой совмещенный гироскоп и акселерометр в одном чипе. Так же у GY-521 немного выше диапазон частот дискретизации сигнала, чем у MPU-6050. В остальном данные устройства полностью идентичны. Вывод данных с гироскопов может производиться как через “Putty” так и через любой Internet Browser установленный на ПК.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По

каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 5.4.

Таблица 5.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Проведение патентных исследований	Научный руководитель, инженер
	4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, инженер
Проектирование структуры ПО	5	Обсуждение литературы	Научный руководитель, инженер
	6	Проектирование структуры ПО	Научный руководитель, инженер
	7	Разработка ПО	Научный руководитель, инженер
	8	Тестирование ПО	Инженер
Проведение ОКР			
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	9	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер
	10	Оформление графического материала	Инженер
	11	Подведение итогов	Научный руководитель, инженер

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.1)$$

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

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 5.4 работ требуются специалисты:

инженер (И);

научный руководитель (НР).

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 научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

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

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

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.3)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5.4)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 366$);

$T_{вых}$ – выходные дни ($T_{вых} = 52$);

$T_{пр}$ – праздничные дни ($T_{пр} = 12$).

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 12} = 1,212$$

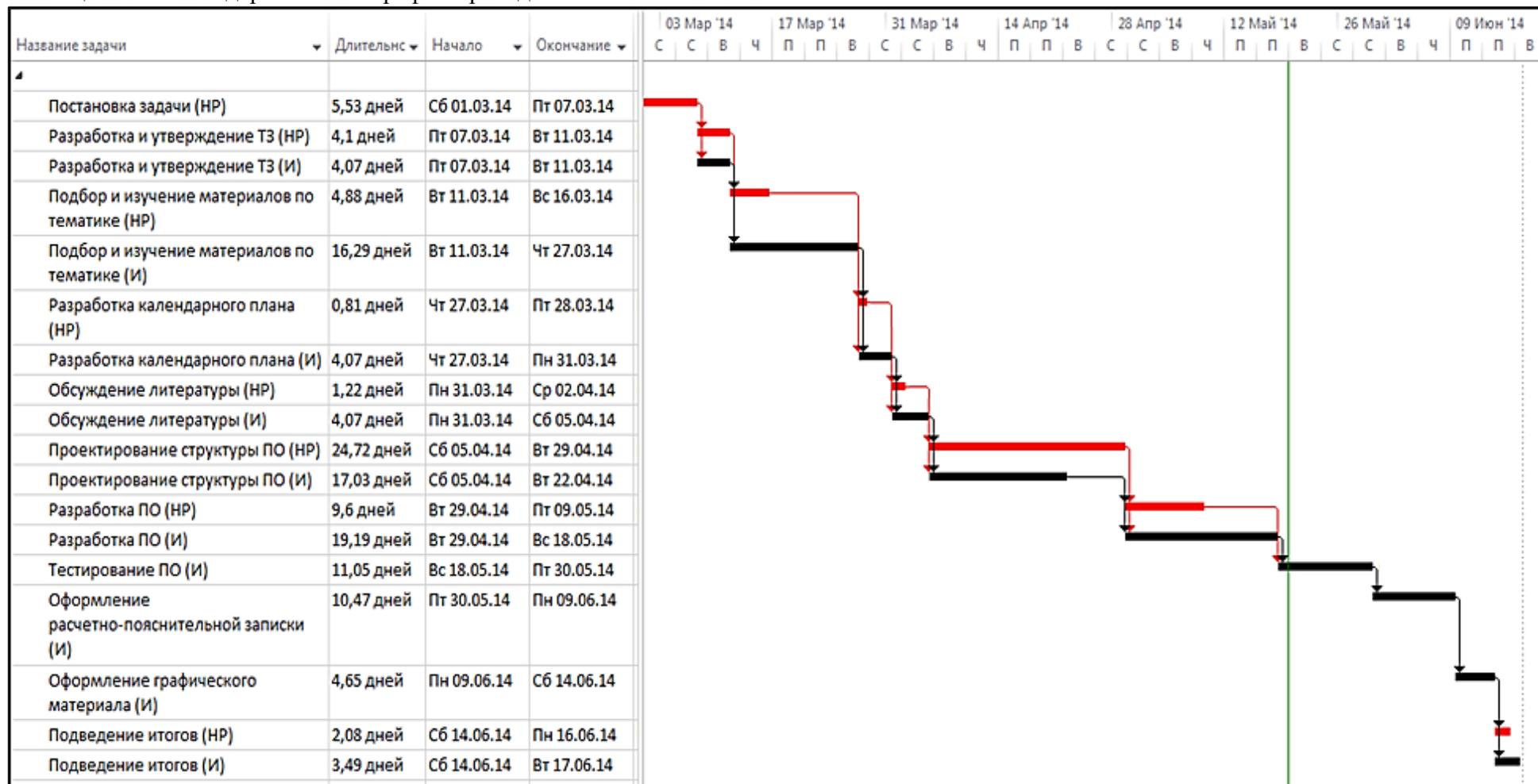
В таблице 5.5 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 5.5 – График проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
					T_{Pi}		T_{K}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка задачи	НР	3	5	3,8	4,56	–	5,53	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	4	2,8	0,34	3,36	0,41	4,07
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	13	11,2	4,03	13,44	4,88	16,28
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	0,67	3,36	0,81	4,07
Обсуждение литературы	НР, И	2	4	2,8	1,01	3,36	1,22	4,07
Проектирование структуры ПО	НР, И	15	20	17	20,4	14,28	24,72	17,30
Разработка ПО	НР, И	12	15	13,2	7,92	15,84	9,60	19,19
Тестирование ПО	И	6	10	7,6	-	9,12	-	11,05
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	6	9	7,2	-	8,64	-	10,47
Оформление графического материала	И	2	5	3,2	-	3,84	-	4,65
Подведение итогов	НР, И	2	3	2,4	1,72	2,88	2,08	3,49
Итого:				74	40,65	78,12	49,27	94,68

На основе таблицы 5.5 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 5.6 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 5.6 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме



5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для

эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи 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. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5.5)$$

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.);

C_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, заносятся в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Блокнот	40	2 шт.	80
Бумага для принтера формата А4	150	2 уп.	300
Ручка шариковая	10	4 шт.	40
Карандаш	10	2 шт.	20
Стирательная резинка	5	2 шт.	10
Итого:			450

Расходы на материалы составили

$$З_m = 450 \text{ рублей.}$$

5.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 5.8.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в табл. 5.8.

Таблица 5.8 – Материальные затраты на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Arduino UNO	600	1 шт.	600
Штатив	300	1 шт.	300
Затраты на доставку Arduino UNO	90	1 шт.	90
Итого:			990

Расходы на приобретение спецоборудования для научных работ:

$$З_{CO} = 990 \text{ рублей.}$$

5.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.9.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная з/плата} = \frac{\text{Месячный оклад}}{25,17 \text{ дней}} \quad (5.6)$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 5.9. При расчете учитывалось, что в году 302 рабочих дня и, следовательно, в месяце 25,17 рабочих дня. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 5.5. Также был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{ПР} = 0,3$ и районный коэффициент $K_{РК} = 0,3$ ($K = 1,3 * 1,3 = 1,69$).

Таблица 5.9 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	936,97	9	1,69	14327,21
И	7 915	318,77	73	1,69	39536,09
Итого:					53863,3

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили

$$Z_{\text{ОСН}} = 53863,3 \text{ руб.}$$

5.3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (5.7)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 5.10).

Таблица 5.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	14327,21	–
И	39536,09	–
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$k_{внеб} = 30\%$	
Итого:	16158,99	

$$З_{внеб} = 30 \times 53863,3 = 16158,99$$

5.3.4.5 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 следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр}, \quad (5.8)$$

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

¹ Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (16158,99 + 53863,3 + 990 + 450) \cdot 0,16 = 11433,9664$$

5.3.4.6 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 по каждому варианту исполнения приведен в табл. 5.11.

Таблица 5.11 – Расчёт бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	450	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	990	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	53863,3	Пункт 3.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	16158,99	Пункт 3.4.4
5. Накладные расходы	11433,97	16 % от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НИИ	82896,26	Сумма ст. 1- 5

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

В рамках работы не представляется возможным оценить экономическую эффективность проекта, потому что для этого необходимо проводить полноценное исследование.

В процессе работы был произведен модифицированный алгоритм фильтра Калмана. Модификация основана на адаптируемом изменении коэффициента усиления фильтра Калмана.

Результатом выполнения работы является автоматическая смена коэффициента фильтра Калмана в различных условиях использования данного фильтра и заданным объектом управления.

Значимость данной работы состоит в том, что на ее примере возможна модификация фильтра Калмана без особых экономических затрат.

Представленный метод может быть реализованы в широком круге производств.

Экономический эффект работы не представляется возможным охарактеризовать, потому что для этого необходимо проводить полноценное исследование.

5.5 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается научно-технический прогресс в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок. Бальная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям или рассчитывают по формуле. На этой основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (5.9)$$

где $K_{НТУ}$ – коэффициент научно-технического уровня;
 R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 5.12 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИОКР	R_i
Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	0,4
Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	0,1
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,5

Таблица 5.13 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 5.14 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 5.15 – Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

6.1 Производственная безопасность

Отрицательное влияние компьютера на человека является комплексным, во время работы за компьютером, при исследовании алгоритма фильтра Калмана, на организм влияет целый ряд негативных факторов, а именно:

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Персональный компьютер	1. Отклонение параметров микроклимата; 2. Недостаточная освещённость рабочего места; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенная напряженность магнитного поля.	Электрический ток	ГОСТ 12.0.003-74; СанПиН 2.2.4-548-96 [2]; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [3]; ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ [4]; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1].

Далее более подробно рассмотрим данные опасные и вредные факторы.

6.2 Отклонения параметров микроклимата

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Лаборатория является помещением, относящимся к категории помещений где выполняются легкие физические работы, поэтому должны соблюдаться требования, приведенные в таблице 6.1 в соответствии с [14].

Таблица 6.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений при исследовании методов корневого анализа систем с интервальными параметрами.

Период года	Наименование параметра			
	Температура воздуха, С°	Температура поверхностей, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с.
Холодный	23-25	21-25	40-60	0,1
Теплый	20-22	22-26	40-60	0,1

Для создания и автоматического поддержания в лаборатории независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года должно использоваться водяное отопление, в теплое время года должно применяться кондиционирование воздуха.

Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

6.3 Недостаточная освещенность рабочего места

Работа, выполняемая с использованием вычислительной техники относится к III разряду зрительной работы, имеют следующие недостатки:

- отражение экрана.
- вероятность появления прямой блескости;
- ухудшенная контрастность между изображением и фоном.

Помещение с ПК должно иметь естественное и искусственное освещение.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3...0,5мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5...1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ЛБ, которые попарно

объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно [15].

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная - 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно.

При недостатке на рабочем месте естественного освещения, можно выполнить следующие мероприятия:

- в случае наличия в помещении зон с достаточным и недостаточным естественным освещением изменение расположения рабочих мест с их перемещением в зону с достаточным естественным освещением;
- анализ степени загрязнения стекол в светопроемах, их чистка и последующие контрольные измерения КЕО;
- установка более мощных ламп в светильник;
- установка дополнительного количества светильников;
- установка дополнительного светильника для местного освещения рабочей поверхности;
- косметический ремонт помещения с использованием светлых отделочных материалов и последующие контрольные измерения КЕО.

Мероприятия по обеспечению нормативных требований к показателю ослеплённости (прямой блескости):

- увеличением высоты установки светильников;
- уменьшением яркости светильников путем закрытия источников света светорассеивающими стеклами;
- уменьшением яркости светильников путем закрытия источников света светорассеивающими стеклами;
- уменьшением яркости светильников путем закрытия источников света светорассеивающими стеклами.

6.4 Воздействие шума. Защита от шума

Источниками шумовых помех могут стать вентиляционные установки, кондиционеры, ЭВМ и его периферийные устройства, а также серверные комнаты. Длительное воздействие этих шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала.

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [14] эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА. Мероприятия по защите от шума:

- облицовка потолка и стен звукопоглощающим материалом.

Снижает шум на 6-8 дБ;

- рациональная планировка помещения.

- установка в компьютерных помещениях оборудования, производящего минимальный шум;

- экранирование рабочего места, путем постановкой перегородок, диафрагм;

Защиту от шума следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 [14], а звукоизоляция ограждающих конструкций должна отвечать требованиям СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий» [15].

6.5 Повышенный уровень напряжённости магнитного поля

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человека. Основным источником этих проблем, связанных с охраной здоровья людей, использующих в своей работе автоматизированные информационные системы на основе персональных компьютеров, являются дисплеи (мониторы), они представляют собой источники наиболее вредных излучений, неблагоприятно влияющих на здоровье человека.

Предельно допустимые значения излучений от ЭВМ в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16] приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

На расстоянии 5-10 см от экрана и корпуса монитора уровни напряженности могут достигать 140 В/м по электрической составляющей, что значительно превышает допустимые значения.

Все дисплеи должны проходить испытания на соответствие требованиям безопасности, например, международным стандартам MRP 2, TCO 99.

6.6 Электрический ток

На рабочем месте из всего оборудования металлическим является лишь корпус системного блока компьютера, но здесь используются системные блоки, отвечающие стандарту фирмы IBM, в которых кроме рабочей изоляции предусмотрен элемент для заземления и провод с заземляющей жилой для присоединения к источнику питания.

Электробезопасность обеспечивается в соответствии с ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [17]. Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляется в виде электротравм.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека.

Электробезопасность в помещении лаборатории должна обеспечиваться техническими способами и средствами защиты, а также организационными и техническими мероприятиями.

Рассмотрим основные причины поражения человека электрическим током на рабочем месте:

- прикосновение к металлическим нетоковедущим частям (корпусу, периферии компьютера), которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции;
- нерегламентированное использование электрических приборов;
- отсутствие инструктажа сотрудников по правилам электробезопасности.

Кроме того, при неисправности каких-либо блоков компьютера, приборов корпус может оказаться под током, что может привести к электрическим травмам или электрическим ударам. Для устранения этого обеспечивается подсоединение металлических корпусов оборудования к заземляющей жиле.

Так как все токоведущие части ЭВМ и других используемых приборов изолированы, то случайное прикосновение к токоведущим частям исключено. Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяется защитное заземление.

Заземление корпуса ЭВМ обеспечено подведением заземляющей жилы к питающим розеткам. Сопротивление заземления 4 Ом, согласно ПУЭ для электроустановок с напряжением до 1000 В.

Основным организационным мероприятием является инструктаж и обучение безопасным методам труда, а также проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе.

6.7 Экологическая безопасность

Работа с ПК не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Исключением являются лишь случаи утилизации персонального компьютера, как твердого отхода и как следствие загрязнение почвы или выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, углекислого газа, образование тепла в случае пожара.

При завершении срока службы ПК, их можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования (например, кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы) согласно [17]. Пластмассовые части ПК утилизируются при высокотемпературном нагреве без доступа воздуха. Части компьютера, печатные платы, содержащие тяжелые металлы и замедлители горения могут при горении выделять опасные диоксиды. Поэтому для опасных отходов существуют специальные печи, позволяющие использовать теплоту сжигания. Но подобный способ утилизации является дорогостоящим, поэтому не стоит исключать вероятность образования токсичных выбросов.

Отходы, не подлежащие переработке и вторичному использованию подлежат захоронению на полигонах.

6.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств пожар предупреждения и защиты.

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

В целях предотвращения пожара предлагается проводить с инженерами, работающими в лаборатории, противопожарный инструктаж.

В лаборатории источниками воспламенения могут быть неисправное электрооборудование, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях.

Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр и своевременно устранять все неисправности и неисправные электроприборы и не использовать неисправные электроприборы.

Обогревание помещения открытыми электронагревательными приборами могут привести к пожару, т.к. в помещении находятся бумажные документы и справочная литература. Следовательно, использование открытого нагревательного прибора неприемлемо.

В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.

В летний период во время грозы возможно попадание молнии вследствие чего возможен пожар. Во избежание этого рекомендуется установить на крыше здания молниеотвод.

Несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару. Поэтому курение в помещении лаборатории необходимо категорически запретить.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

6.9 Организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место - это часть пространства, в котором инженер осуществляет трудовую деятельность, и проводит большую часть рабочего времени. Рабочее место, хорошо приспособленное к трудовой деятельности работника, правильно и целесообразно организованное, в отношении пространства, формы, размера обеспечивает ему удобное положение при работе и высокую производительность труда при наименьшем физическом и психическом напряжении.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [16] конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места должны быть соблюдены следующие основные условия:

- оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места;
- достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения;
- необходимо естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач;
- уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения.

Главными элементами рабочего места являются письменный стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Поэтому для исключения возникновения заболеваний, связанных с малой подвижностью работника, необходимо иметь возможность свободной перемены поз. Также необходимо соблюдать режим труда и отдыха с перерывами, заполняемыми “отвлекающими” мышечными нагрузками на те звенья опорно-двигательного аппарата, которые не включены в поддержание основной рабочей позы.

По условиям работы рабочее место относится к индивидуальному рабочему месту для работы сидя. Рабочее место должно занимать площадь не

менее 6 м, высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека.

Рабочий стул должен быть снабжен подъемно-поворотным механизмом. Высота сиденья должна регулироваться в пределах (400 - 500) мм. Глубина сиденья должна составлять не менее 380 мм, а ширина - не менее 400 мм. Высота опорной поверхности спинки не менее 300 мм, ширина - не менее 380 мм. Угол наклона спинки стула к плоскости сиденья должен изменяться в пределах (90 – 110)°.

6.10 Правовые вопросы обеспечения безопасности

Производственный экологический контроль (ПЭК) - непосредственная деятельность предприятий, организаций, учреждений по управлению воздействием на окружающую среду на основе описания, наблюдения, оценки прогноза источников воздействия и отходов.

Производственный контроль проводится самим предприятием - природопользователем на своих объектах с целью обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности требований природоохранного законодательства и соблюдения установленных нормативов в области охраны окружающей среды, а также самопроверки рациональности природопользования на своих объектах и выполнения планов мероприятий по ограничению и уменьшению воздействия на окружающую среду. Содержание такого контроля, прежде всего, зависит от специфики деятельности предприятия.

Требования по осуществлению ПЭК в соответствии с [14]:

- ПЭК в области охраны окружающей среды осуществляется в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды;

- субъекты хозяйственной и иной деятельности обязаны представлять сведения о лицах, ответственных за проведение производственного экологического контроля, об организации экологических служб на объектах хозяйственной и иной деятельности, а также результаты производственного экологического контроля в соответствующий орган государственного надзора.

Объектами производственного экологического контроля являются:

- стационарные и передвижные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- системы очистки отходящих газов;
- источники сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду (в водные объекты, на рельеф, в подземные горизонты), в системы канализации и сети водоотведения;
- системы очистки отработанных вод;
- системы оборотного и повторного водоснабжения;
- источники образования отходов производства;
- объекты размещения и утилизации отходов (площадки временного хранения, стационарные полигоны);
- склады и хранилища сырья, материалов, реагентов;
- объекты окружающей среды, расположенные в пределах промышленной площадки, территории, где осуществляется природопользование, санитарно-защитной зоны;
- природные ресурсы;
- природные среды, загрязненные химическими веществами по вине природопользователя.

Проводить производственный экологический контроль в соответствии с [14] обязана экологическая служба, которая в соответствии с [15] должна быть организована соответствующим юридическим лицом. Сведения об организации производственного экологического контроля предприятия обязаны представлять в органы исполнительной власти и органы местного самоуправления.

В соответствии с [15] экологический контроль преследует следующие задачи:

- обеспечения органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами исполнения законодательства в области охраны окружающей среды;

- соблюдения требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды;

- обеспечения экологической безопасности.

Охрана окружающей среды не ограничивается соблюдением требований соответствующего законодательства. Для разработки научных прогнозов и планов сохранения и восстановления окружающей среды, оценки последствий негативного воздействия на окружающую среду деятельности человека, совершенствования законодательства в области охраны окружающей среды необходимо проведение научных исследований в области охраны окружающей среды. Кроме того, в [16] предусмотрены основы создания экологической культуры.

За нарушение законодательства в области охраны окружающей среды устанавливается имущественная, дисциплинарная, административная и уголовная ответственность в соответствии с законодательством. Споры в области охраны окружающей среды разрешаются в судебном порядке в соответствии с законодательством согласно [16].

В организации должна быть сформирована комиссия по чрезвычайным ситуациям (КЧС). В ряде случаев при отсутствии КЧС предусмотрено возложение координирующих функций на руководителя организации согласно [16].

Основными задачами объектовой КЧС являются в соответствии с [16]:

- руководство разработкой и осуществлением мероприятий по предупреждению ЧС, повышению надежности работы объекта, обеспечению устойчивости его функционирования при возникновении ЧС;

- организация работ по созданию на потенциально опасном объекте локальной системы оповещения, поддержание ее в постоянной готовности;

- обеспечение готовности органов управления, сил и средств к действиям при чрезвычайных ситуациях, руководство их ликвидацией и эвакуацией персонала объекта;
- руководство созданием и использованием резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- организация подготовки руководящего состава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проектирования выпускной квалификационной работы приведено:

- краткое описание и технические характеристики платформ Arduino;
- описание ПО Arduino;
- детальное описание контроллера Arduino Uno и его возможностей;
- описание характеристик гироскопа GY-521 на основе датчика MPU-6050;
- описание алгоритма фильтрации комплементарного фильтра;
- описание алгоритма фильтрации фильтра Калмана;
- фильтрация исходных данных комплементарным фильтром и модифицированным фильтром Калмана;
- сравнение используемых фильтров.

В процессе выполнения работы была разработана методика автоматической настройки параметров фильтра Калмана для более качественной фильтрации и применение его в датчике гироскопа. В среде разработки Arduino реализованы программные коды комплементарного фильтра и модифицированного фильтра Калмана. Сравнение используемых алгоритмов фильтрации исходных данных проводилось с помощью программного пакета Microsoft Excel.

По результатам сравнения был сделан вывод о том, что модифицированный фильтр Калмана справляется с задачей фильтрации исходных данных лучше, чем комплементарный фильтр.

CONCLUSION

In the process of designing the final qualifying of the operation:

- brief description and specifications of hardware-computing platform Arduino;
- description of the software Arduino;
- detailed description of the controller Arduino Uno and its possibilities;
- description of the characteristics of GY-521 gyro-based sensor MPU-6050;
- description of the filtering algorithm complementary filter;
- description of the filtering algorithm of the Kalman filter;
- raw data filtering complementary filter and modified Kalman filter;
- comparison of the filters used.

In progress the work procedure automatically configure the parameters of the Kalman filter has been designed for better filtration and its application to the gyroscope. In the Arduino IDE implemented program codes complementary filter and a modified Kalman filter. Compare used filtering algorithms baseline data was performed using Microsoft Excel software package.

By comparing the results, it was concluded that modified Kalman filter does the job filtering the original data better than a complementary filter

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Arduino UNO. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://arduino.ua/ru/hardware/Uno> свободный. – Загл. с экрана.
2. Аппаратная часть платформы Arduino. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware> свободный. – Загл. с экрана.
3. Arduino Software. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://arduino.cc/en/main/software> свободный. – Загл. с экрана.
4. Техническая документация ATmega328. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://lib.chipdip.ru/882/DOC000882846.pdf> свободный. - 448 с.
5. Комплементарный фильтр и фильтр Калмана. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://robottini.altervista.org> свободный. – Загл. с экрана.
6. Arduino и MPU6050. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://arduino-diy.com/arduino-MPU6050>. – Загл. с экрана.
7. Модуль GY-521. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://robot-kit.ru/product_info.php/ свободный. – Загл. с экрана.
8. Исследования летательных аппаратов. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
9. Адаптивный фильтр для оценивания нестационарных процессов. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
10. Модуль 3-х осевого гироскопа и акселерометра GY-521 MPU-6050. [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://arduino-kit.ru//](http://arduino-kit.ru/) свободный. – Загл. с экрана.
11. Гироскоп MPU-6050.акселерометр. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://carduino.ru/product_info.php?products_id=1954 свободный. – Загл. с экрана.
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
13. СНиП 2.04.05-91 *. Отопление, вентиляция и кондиционирование

14. СНиП II-12-77. Строительные нормы и правила. Часть ii Нормы проектирования. Защита от шума
15. СанПиН 2.2.4/2.1.8.989-00. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)
16. Правила устройства электроустановок. Издание 7-е, перераб. – М.: «Норматика», 2013. – 464с. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
17. Зинченко В.П. Основы эргономики. – М.: МГУ, 1979. – 179с.
18. Статья 8.1. КоАП РФ. Несоблюдение экологических требований при осуществлении градостроительной деятельности и эксплуатации предприятий, сооружений или иных объектов
19. Постановление от 30 декабря 2003 г. N 794 О Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. [Электронный ресурс] режим доступа – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159106/
20. НПВ 105-95 Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений, 1995.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Обязательное)

Листинг программы

```
#include <Wire.h>
#include "Kalman.h"

Kalman kalmanX;
Kalman kalmanY;
Kalman kalmanZ;

uint8_t IMUAddress = 0x68;

/* IMU Data */
int16_t accX;
int16_t accY;
int16_t accZ;
int16_t tempRaw;
int16_t gyroX;
int16_t gyroY;
int16_t gyroZ;

double accXangle;
double accYangle;
double accZangle;

double temp;
double gyroXangle = 180;
double gyroYangle = 180;
double gyroZangle = 180;
double compAngleX = 180;
double compAngleY = 180;
double compAngleZ = 180;
double kalAngleX;
double kalAngleY;
double kalAngleZ;

//char buf[20];

uint32_t timer;

const int ANGLES_COUNT = 50;
double xAngles[ANGLES_COUNT];
double yAngles[ANGLES_COUNT];
double zAngles[ANGLES_COUNT];
int anglesCount = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();
  i2cWrite(0x6B,0x00);  if(i2cRead(0x75,1)[0] != 0x68) { // Disable sleep
mode
    Serial.print(F("MPU-6050 with address 0x"));
    Serial.print(IMUAddress,HEX);
    Serial.println(F(" is not connected"));
    while(1);
  }
  kalmanX.setAngle(180);
  kalmanY.setAngle(180);
  kalmanZ.setAngle(180);
```

```

    pinMode(8, INPUT_PULLUP);
    timer = micros();
}

void loop() { //вызов функции луп
/* Update all the values */
Serial.print(gyroZangle);
Serial.print("\t");
if (anglesCount < ANGLES_COUNT)
{
    xAngles[anglesCount] = gyroXangle;
    yAngles[anglesCount] = gyroYangle;
    zAngles[anglesCount] = gyroZangle;
    anglesCount++;
}
else
{
    for (int i = 0; i < ANGLES_COUNT - 1; i++)
    {
        xAngles[i] = xAngles[i + 1];
        yAngles[i] = yAngles[i + 1];
        zAngles[i] = zAngles[i + 1];
    }
    xAngles[ANGLES_COUNT - 1] = gyroXangle;
    yAngles[ANGLES_COUNT - 1] = gyroYangle;
    zAngles[ANGLES_COUNT - 1] = gyroZangle;

    double expectationX = 0.0;
    double expectationY = 0.0;
    double expectationZ = 0.0;

    for (int i = 0; i < ANGLES_COUNT; i++)
    {
        expectationX += xAngles[i];
        expectationY += yAngles[i];
        expectationZ += zAngles[i];
    }
    expectationX /= ANGLES_COUNT;
    expectationY /= ANGLES_COUNT;
    expectationZ /= ANGLES_COUNT;

    double varianceX = 0.0;
    double varianceY = 0.0;
    double varianceZ = 0.0;
    for (int i = 0; i < ANGLES_COUNT; i++)
    {
        varianceX += xAngles[i] * xAngles[i];
        varianceY += yAngles[i] * yAngles[i];
        varianceZ += zAngles[i] * zAngles[i];
    }
    varianceX -= ANGLES_COUNT * expectationX * expectationX;
    varianceY -= ANGLES_COUNT * expectationY * expectationY;
    varianceZ -= ANGLES_COUNT * expectationZ * expectationZ;

    varianceX /= ANGLES_COUNT - 1;
    varianceY /= ANGLES_COUNT - 1;
    varianceZ /= ANGLES_COUNT - 1;

    kalmanX.setQangle(varianceX);
    kalmanY.setQangle(varianceY);
    kalmanZ.setQangle(varianceZ);
}
}

```

```

    }

    /*static bool buttonFlag = false;

    if(digitalRead(8) == HIGH && buttonFlag == false)
    {
        buttonFlag = true;
        kalmanX.setQangle(0.01);
    kalmanY.setQangle(0.01);
    kalmanZ.setQangle(0.01);
    }
    else if (digitalRead(8) == LOW && buttonFlag == true)
    {
        buttonFlag = false;
        kalmanX.setQangle(0.05);
    kalmanY.setQangle(0.05);
    kalmanZ.setQangle(0.05);
    }*/

    uint8_t* data = i2cRead(0x3B,14);
    accX = ((data[0] << 8) | data[1]);
    accY = ((data[2] << 8) | data[3]);
    accZ = ((data[4] << 8) | data[5]);
    tempRaw = ((data[6] << 8) | data[7]);
    gyroX = ((data[8] << 8) | data[9]);
    gyroY = ((data[10] << 8) | data[11]);
    gyroZ = ((data[12] << 8) | data[13]);
    /* Calculate the anpls based on the different
    accYangle = (atan2(accX,accZ)+PI)*RAD_TO_DEG;
    accXangle = (atan2(accY,accZ)+PI)*RAD_TO_DEG;
    accZangle = (atan2(accX,accY)+PI)*RAD_TO_DEG;

    double gyroXrate = (double)gyroX/131.0;
    double gyroYrate = -((double)gyroY/131.0);
    double gyroZrate = -((double)gyroZ/131.0);

    gyroXangle += gyroXrate*((double)(micros()-timer)/1000000); //
Calculate gyro angle using the unbiased rate
    gyroYangle += gyroYrate*((double)(micros()-timer)/1000000);
    gyroZangle += gyroZrate*((double)(micros()-timer)/1000000);

    compAngleX = (0.9*(compAngleX+(gyroXrate*(double)(micros()-
timer)/1000000)))+(0.1*accXangle); filter
    compAngleY = (0.9*(compAngleY+(gyroYrate*(double)(micros()-
timer)/1000000)))+(0.1*accYangle);
    compAngleZ = (0.9*(compAngleZ+(gyroZrate*(double)(micros()-
timer)/1000000)))+(0.1*accZangle);

    kalAngleX = kalmanX.getAngle(accXangle, gyroXrate, (double)(micros()-
timer)/1000000); // Calculate the angle using a Kalman filter
    kalAngleY = kalmanY.getAngle(accYangle, gyroYrate, (double)(micros()-
timer)/1000000);
    kalAngleZ = kalmanZ.getAngle(accZangle, gyroZrate, (double)(micros()-
timer)/1000000);
    timer = micros();

    temp = ((double)tempRaw + 12412.0) / 340.0;
    Serial.print("gyroX: ");
    Serial.print(accXangle);Serial.print("\t");
    Serial.print("gyroY: ");
    Serial.print(accYangle);Serial.print("\t");
    Serial.print("gyroZ: ");

```

```

Serial.print(accZangle);Serial.print("\t");

Serial.print("accX: ");
Serial.print(gyroXangle);Serial.print("\t");
Serial.print("accY: ");
Serial.print(gyroYangle);Serial.print("\t");
Serial.print("accZ: ");
Serial.print(gyroZangle);Serial.print("\t");

Serial.print("compX: ");
Serial.print(compAngleX);Serial.print("\t");
Serial.print("compY: ");
Serial.print(compAngleY); Serial.print("\t");
Serial.print("compZ: ");
Serial.print(compAngleZ); Serial.print("\t");

Serial.print("KalmX: ");
Serial.print(kalAngleX);Serial.print("\t");
Serial.print("KalmY ");
Serial.print(kalAngleY);Serial.print("\t");
Serial.print("KalmZ ");
Serial.print(kalAngleZ);Serial.print("\t");

Serial.print("QangleX: ");
Serial.print(kalmanX.getQangle());Serial.print("\t");
Serial.print("QangleY ");
Serial.print(kalmanY.getQangle());Serial.print("\t");
Serial.print("QangleZ ");
Serial.println(kalmanZ.getQangle());

    // The accelerometer's maximum samples rate is 1kHz
    delay(1);
}
void i2cWrite(uint8_t registerAddress, uint8_t data){
    Wire.beginTransmission(IMUAddress);
    Wire.write(registerAddress);
    Wire.write(data);
    Wire.endTransmission(); // Send stop
}
uint8_t* i2cRead(uint8_t registerAddress, uint8_t nbytes) {
    uint8_t data[nbytes];
    Wire.beginTransmission(IMUAddress);
    Wire.write(registerAddress);
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(IMUAddress, nbytes);
    for(uint8_t i = 0; i < nbytes; i++)
        data[i] = Wire.read();
    return data;
}

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(Обязательное)

Листинг программы

```
#ifndef _Kalman_h
#define _Kalman_h

class Kalman {
public:
    Kalman() {
        /* We will set the variables like so, these can also be tuned by
the user */
        Q_angle = 0.001;
        Q_bias = 0.003;
        R_measure = 0.03;

        bias = 0;
        P[0][0] = 0;
        P[0][1] = 0;
        P[1][0] = 0;
        P[1][1] = 0;
    };
    // The angle should be in degrees and the rate should be in degrees
per second and the delta time in seconds
    double getAngle(double newAngle, double newRate, double dt) {

        /* Step 1 */
        rate = newRate - bias;
        angle += dt * rate;

        // Update estimation error covariance - Project the error
covariance ahead
        /* Step 2 */
        P[0][0] += dt * (dt*P[1][1] - P[0][1] - P[1][0] + Q_angle);
        P[0][1] -= dt * P[1][1];
        P[1][0] -= dt * P[1][1];
        P[1][1] += Q_bias * dt;

        // Discrete Kalman filter measurement update equations -
Measurement Update ("Correct")
        // Calculate Kalman gain - Compute the Kalman gain
        /* Step 4 */
        S = P[0][0] + R_measure;
        /* Step 5 */
        K[0] = P[0][0] / S;
        K[1] = P[1][0] / S;

        // Calculate angle and bias - Update estimate with measurement zk
(newAngle)
        /* Step 3 */
        y = newAngle - angle;
        /* Step 6 */
        angle += K[0] * y;
        bias += K[1] * y;

        // Calculate estimation error covariance - Update the error
covariance
        /* Step 7 */
        P[0][0] -= K[0] * P[0][0];
        P[0][1] -= K[0] * P[0][1];
        P[1][0] -= K[1] * P[0][0];
    }
};
```

```

        P[1][1] -= K[1] * P[0][1];

        return angle;
    };
    void setAngle(double newAngle) { angle = newAngle; };
    double getRate() { return rate; };

    /* These are used to tune the Kalman filter */
    void setQangle(double newQ_angle) { Q_angle = newQ_angle; };
    void setQbias(double newQ_bias) { Q_bias = newQ_bias; };
    void setRmeasure(double newR_measure) { R_measure = newR_measure; };

    double getQangle () { return Q_angle; };
    double getQbias () { return Q_bias; };
    double getRmeasure () { return R_measure; };

private:
    /* Kalman filter variables */
    double Q_angle;
    double Q_bias;
    double R_measure;

    double angle;
    double bias;
    double rate;

    double P[2][2];
    double K[2];
    double y;
    double S;
};

#endif

```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(Обязательное)

Part 3

Modified Kalman filter based on Arduino controller

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM41	Алехин Дмитрий Викторович		

Консультант кафедры АИКС:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент каф. АИКС	Ефремов А.А.	-		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший пред. каф. ИЯИК	Логинова А.В.	-		

1 ARDUINO HARDWARE-CONTROLLED COMPUTATIONAL PLATFORM

1.1 Arduino hardware-controlled computational platform

Arduino is an open-source prototyping platform based on easy-to-use hardware and software. Arduino boards use an inputs signal a fiber pin, an actuated button, or a Twitter message - and turn it into an output signal LED turning, sensor actuating, publishing something online. You can tell your board what to do sending a set of instructions to the microcontroller. To do that, it is possible to use Arduino programming language (based on Wiring) and Arduino Software (IDE), based on data processing.

Over the years, Arduino has been the brain of thousands of projects, from everyday situations to complex scientific studies. A global community of developers - students, enthusiasts, artists, programmers, and professionals - gathered a great amount of platform source codes; their contribution is invaluable and is brought into effect by an incredible amount of accessible knowledge that can be of great help to novices and experts alike.

Arduino was developed at Ivrea Interaction Design Institute as a simple tool for fast prototyping, designed for students without any background and skills in electronics and programming. As soon as the microcontroller reached a wider community, Arduino board started changing to adjust to new needs and challenges, differentiating its offer from simple 8-bit boards to products for IoT applications, wearable devices, 3D printing, and embedded environments. All Arduino boards are completely open-source, empowering users to build them independently and eventually to adapt them to their particular needs. The software is open-source too.

Due to its overall simplicity and availability for users, Arduino has been used in thousands of different projects and applications. Arduino software is easy-to-use for beginners, yet flexible enough for advanced users. It runs on Mac, Windows, and Linux. Teachers and students use it to build low cost scientific instruments, to prove chemistry and physics principles, or to get started with programming and robotics.

Designers and architects build interactive prototypes, musicians and artists use it to install and to experiment with new musical instruments.

There are many other microcontrollers and microprocessor-based units available for various hardware programming: Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, etc. All these tools offer the similar functionality and take the minor details of microcontroller programming and wrap it up in an easy-to-use package. Arduino also simplifies the process of working with microcontrollers, but it offers some advantages for teachers, students, and radio amateurs over other systems:

- Low cost - Arduino boards are relatively inexpensive compared to other microcontroller platforms. The least expensive version of Arduino module can be assembled by hand, and even the pre-assembled Arduino modules cost less than \$50.
- Cross-platform - Arduino Software (IDE) runs on Windows, Macintosh OSX, and Linux operating systems. Thus, most microcontroller systems are limited to Windows.
- Simple, clear programming environment - Arduino Software (IDE) is easy-to-use for beginners, yet flexible enough for advanced users to take advantage of as well. For teachers, it is conveniently based on Processing programming environment, so students learning to program in that environment will be familiar with Arduino IDE.
- Open source and extensible software - Arduino software is an open source tool, available for extension by experienced programmers. The language can be expanded through C++ libraries, and people willing to understand the technical details can make the leap from Arduino to AVR C programming language on which it is based. Similarly, it is possible to add AVR-C code directly into your Arduino programs.
- Open source and extensible hardware - Arduino board schemes are published under a Creative Commons license, so experienced circuit designers can make their own versions of the module, extending it and improving it. Even relatively

inexperienced users can build prototype units in order to understand their operation principles and to save money.

1.2 Arduino UNO controller overview

Arduino Uno is a microcontroller board based on ATmega328P. It has 14 digital input/output pins (six of them can be used as PWM outputs), six analog inputs, a 16 MHz quartz crystal, a USB slot, a power jack, an ICSP header and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; it is necessary to connect it to a computer with a USB cable or power it with AC-to-DC adapter or a battery to get started. You can tinker with your UNO without worrying too much about doing something wrong, the worst scenario is that you can replace the chip for a few dollars and start over again.

"Uno" means one in Italian and was chosen to mark the release of Arduino Software (IDE) 1.0. The Uno board and version 1.0 of Arduino Software (IDE) were the reference versions of Arduino, now evolved in newer releases. Uno board is the last in a series of USB Arduino boards, and the reference model of Arduino platform.

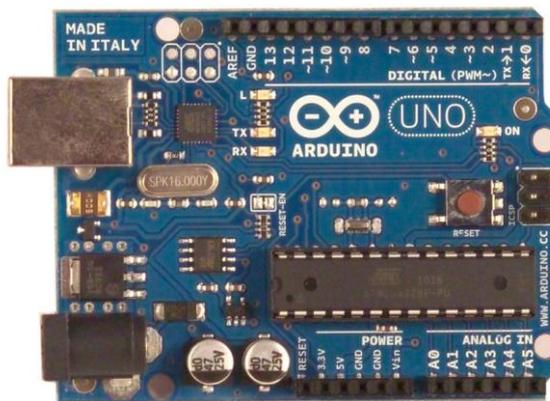


Fig. 1.1 –Arduino UNO controller

1.3 Arduino UNO technical characteristics

Technical characteristics:

- Microcontroller – Atmega328
- Operating Voltage – 5 V
- Input Voltage (recommended) - 7-12 V
- Input Voltage (limit) – 6-20 V
- Digital I/O Pins– 14 (6 provide PWM output)
- Analog Input Pins – 6
- DC Current per I/O Pin– 40 mA
- DC Current for 3.3V Pin– 50 mA
- Flash Memory – 32 KB (ATmega328P)

0.5 KB is used by bootloader

- SRAM – 2 KB (ATmega328)
- EEPROM – 1 KB (ATmega328)
- Clock Speed – 16 MHz

Uno board can be powered via the USB slot or an external power supply. The power source is selected automatically.

An external (non-USB) power can come either from AC-to-DC adapter (wall-wart) or a battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board power jack. Leads from the battery can be inserted in GND and VIN pin headers of POWER connector.

The board can operate on an external supply from 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, the 5V pin may supply less than five volts, it leads to the board instability. If the voltage is higher than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is from 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- VIN. The input voltage from an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). The voltage can be supplied through this pin or the power jack.

- **5V.** The controlled voltage source that is used to power the microcontroller and components on board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board.

- **3V3.** An output voltage of 3.3 volt generated by the on-board regulator.

Maximum current draw is 50 mA.

- **GND.** Ground pad.
- **IOREF.** This pin on the Uno board provides the voltage reference with which the microcontroller operates. A properly configured shield can read the IOREF pin voltage and select the appropriate power source or enable voltage translators on the outputs to work with the 5V or 3.3V.

1.4 Arduino UNO input and output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive 20 mA as a recommended operating condition and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhm. A maximum of 40mA is the value that must not be exceeded on any I/O pin to avoid a permanent damage of the microcontroller.

In addition, some pins have additional functions:

- **Serial interface:** 0 (RX) and 1 (TX) are used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of ATmega8U2 serving as USB-to-TTL converter.

- **External Interrupts:** pins 2 and 3 can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value.

- **PWM:** 3, 5, 6, 9, 10, and 11 provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.

- **SPI:** 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). These pins support SPI communication using SPI library.

- LED: 13. There is a built-in LED driven by the digital pin 13. When the value is HIGH, the LED is on, when the pin is LOW, it is off.
- TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin support TWI communication using the Wire library.

Uno has six analog inputs A0-A5, each of which provides a 10-bit resolution (i.e. 1024 different values). By default the voltage measurement is performed at the range from 0 to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using AREF pin and the analogReference () function.

There are some other pins on the board:

- AREF. Reference voltage for analog inputs is used with analogReference ().
- Reset. The LOW level will cause the reset of the microcontroller. Typically, this pin is used to add a reset button to shields.



Fig. 1.2 –In-Circuit Serial Programming joint

1.5 Arduino UNO track

Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Uno board, or other microcontrollers. ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). ATmega16U2 on the board maintains communication of this transceiver over USB and allows Arduino to serve as a virtual COM-port. 16U2 microchip weaving uses the standard USB COM drivers, and no external drivers are needed. However, for Windows, a .inf file is required. Arduino Software (IDE) includes a serial monitor, which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs will flash on the board when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

1.6 Arduino UNO libraries

Arduino and Genuino AVR microcontroller has EEPROM: memory whose data are kept when the board is turned off (like a tiny hard drive). This library enables you to read and write data.

The supported micro-controllers on various Arduino and Genuino boards have different amounts of EEPROM: 1024 bytes on ATmega328, 512 bytes on ATmega168 and ATmega8, 4 KB (4096 bytes) on ATmega1280 and ATmega2560.

This library allows Arduino board to control RC (hobby) servo motors. Servos have integrated gears and a shaft that can be precisely controlled. Standard servos allow the shaft to be positioned at various angles, usually between 0 and 180 degrees. Continuous rotation servos allow the rotation of the shaft to be set to various speeds.

The Servo library supports up to 12 motors on most Arduino boards and 48 on Arduino Mega. On boards different from Mega, the use of library disables `analogWrite()` (PWM) functionality on pins 9 and 10, whether or not there is a Servo on those pins. On Mega, up to 12 servos can be used without interfering with PWM functionality; the use of 12 to 23 motors will disable PWM on pins 11 and 12.

Servo motors have three wires: power, ground, and signal. The power wire is typically red, and should be connected to the 5V pin on Arduino board. The ground wire is typically black or brown and should be connected to a ground pin on Arduino board. The signal pin is typically yellow, orange or white and should be connected to a digital pin on Arduino board. It is worth to note that servos draw a considerable power, so if you need to drive more than one or two, you'll probably need to power them from a separate supply (i.e. not the +5V pin on your Arduino). Be sure to connect the grounds of Arduino and external power supply together.

This library allows you to communicate with SPI devices and with Arduino as a master device.

Serial Peripheral Interface (SPI) is a synchronous serial data protocol used by microcontrollers for communicating with one or more peripheral devices quickly over short distances. It can also be used for communication between two microcontrollers.

With an SPI connection there is always one master device (usually a microcontroller) which controls peripheral devices. Typically there are three lines common to all the devices:

- **MISO** (Master In Slave Out) - The line to send data from the slave to the master,
- **MOSI** (Master Out Slave In) - The line to send data from the Master to the slave,
- **SCK** (Serial Clock) - The clock pulses which synchronize data transmission generated by the master

There is one specific line for every device:

- **SS** (Slave Select) - the pin on each device that the master can use to enable and disable specific devices.

When Slave Select pin is low, it communicates with the master. When it's high, it ignores the master. This allows you to have multiple SPI devices sharing the same MISO, MOSI, and CLK lines.

To write code for a new SPI device you need to note a few things:

- What is the maximum SPI speed your device can use? This is controlled by the first parameter in `SPI_Settings`. If you are using a chip rated at 15 MHz, use 15000000. Arduino will automatically use the best speed that is equal to or less than the number you use with `SPI_Settings`.

- Is data shifted in Most Significant Bit (MSB) or Least Significant Bit (LSB) first? This is controlled by the second `SPI_Settings` parameter, either `MSBFIRST` or `LSBFIRST`. Most SPI chips use MSB first data order.

- Is the data clock idle when high or low? Are samples on the rising or falling edge of clock pulses? These modes are controlled by the third parameter in `SPI_Settings`.

The SPI standard is loose and each device implements it a little differently. This means you have to pay special attention to the device datasheet when writing your code.