

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка качества движений человека при помощи динамической стабилометрической платформы

УДК 616-009.2-047.43:681.586

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д41	Карпач Александр Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фокин Александр Васильевич	К. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фокин Александр Васильевич	К. т. н.		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общепрофессиональные и профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте биомедицинской и экологической техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области биотехнических систем и медицинской техники
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делегированием ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Фокин А. В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Д41	Карпач Александру Андреевичу

Тема работы:

Оценка качества движений человека при помощи динамической стабилометрической платформы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 9489/с от 30.11.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Провести анализ системы управления динамической стабилометрической платформы. Рассмотреть методы и технические средства для управления углом наклона платформы.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Нагрузка платформы – не более 150 кг.2. Максимальный угол наклона - 30°.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературных источников. 2. Анализ и выбор структурной схемы устройства. 3. Анализ принципиальной схемы драйвера двигателя. 4. Заключение.
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Структурная схема системы управления платформы. 2. Принципиальная схема драйвера двигателя.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность	Николаенко Валентин Сергеевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

--

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фокин Александр Васильевич	К. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д41	Карпач Александр Андреевич		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
Уровень образования: Бакалавриат
Отделение электронной инженерии
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(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)
28.12.2017	Учебно – исследовательская работа в 7 семестре	90
12.04.2018	Учебно – исследовательская работа в 8 семестре	55
19.06.2018	Защита бакалаврской работы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фокин Александр Васильевич	К. т. н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фокин Александр Васильевич	К. т. н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Д41	Карпач Александру Андреевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объектом исследования является динамическая стабилметрическая платформа.
Рабочая зона - СИБГМУ, в которой проходили все практические и большинство теоретических этапов.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации динамической стабилметрической платформы:</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения:</p>	<p>Анализ выявленных вредных факторов: -отклонение показателей микроклимата; -повышенный уровень электромагнитного излучения; -вредные вещества. Опасными факторами производственной среды являются: - пожар; - электрический ток; - термическая опасность.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>Не наносит вред окружающей среде.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможны следующие чрезвычайные ситуации: - пожары; - ситуации природного характера.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы).</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д41	Карпач Александр Андреевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Д41	Карпач Александру Андреевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Сумма бюджета проекта: 10 тыс. руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	В соответствии с нормами и нормативными расходования материалов.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Стандартная система налогообложения.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Проведена оценка коммерческого потенциала: <ol style="list-style-type: none"> 1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT – анализ.
---	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д41	Карпач Александр Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87 с., 17 рис., 26 табл., 19 источников, 3 прил.

Ключевые слова: динамическая, стабилметрическая, платформа, стабиллоплатформа, центр тяжести, оценка, параметр, движение человека, структурная схема, драйвер двигателя, актуатор, равновесие, вестибулярный аппарат.

Объектом исследования является динамическая стабилметрическая платформа.

Цель работы – анализ и описание технических средств для динамической стабилметрической платформы.

В процессе исследования проводилось изучение литературы по данной теме, разработка структурной схемы аппаратной части динамической стабилметрической платформы, выбор и обоснование схемы управления двигателями постоянного тока.

В результате исследования разработана структурная схема аппаратной части динамической стабилметрической платформы, выбран и рассчитан драйвер двигателя постоянного тока.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- Использование двух актуаторов ZT – HAD1 для линейного перемещения;
- Обеспечить прямой и обратный ход актуаторов.

Область применения: государственные больницы, частные клиники, центры реабилитации, индивидуальное использование.

Экономическая эффективность/значимость работы: замена дорогостоящим аналогам.

В будущем планируется усовершенствовать аппаратную часть динамической стабилметрической платформы.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Применены следующие термины с соответствующими определениями:

Стабилометрическая платформа – прибор для анализа способности человека управлять позой тела и обеспечения биологической обратной связи по опорной реакции.

Драйвер двигателя – устройство, которое преобразовывает управляющие маломощные сигналы в токи, достаточные для управления.

Использованы следующие сокращения с соответствующими расшифровками:

- МК – микроконтроллер
- ПК – персональный компьютер
- ОЦТ – общий центр тяжести
- КЗ – короткое замыкание
- ЦНС – центральная нервная система

Использованы следующие нормативные ссылки:

1. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
2. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»
3. СП 52.13330.2011 «Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*»
4. ГОСТ 12.1.038 – 82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)»
5. ГОСТ 12.1.030-81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)»

Оглавление

Введение.....	12
1. Литературный обзор	14
1.1. Принцип стабилотрии	14
1.2. Статическая и динамическая стабилотрия	15
1.3. Обзор стабилотрических платформ.....	18
2. Структурная схема динамической стабилотрической платформы	27
3. Драйвер управления двигателем постоянного тока	29
3.1. Технические характеристики актуаторов.	29
3.2. Схемотехнические решения для управления двигателями постоянного тока	31
3.2.1. Типы двигателей	32
3.2.2. Традиционные решения для управления электродвигателями	37
3.2.3. Решения для управления электродвигателями от TI	39
3.3. Выбор и расчёт драйвера	40
4. Социальная часть	45
4.1. Производственная безопасность	46
4.1.1. Анализ предполагаемых вредных факторов при разработке и эксплуатации динамической стабилотрической платформы.....	47
4.1.1.1. Отклонение показателей микроклимата	47
4.1.1.2. Вредные вещества.....	49
4.1.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений ...	51
4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого изделия	52
4.1.2.1. Пожарная безопасность.....	52
4.1.2.2. Электробезопасность.....	53

4.1.2.3. Термическая опасность	56
4.2. Экологическая безопасность	56
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	56
4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57
4.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства	57
4.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	57
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	59
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	59
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования .	59
5.1.2. SWOT-анализ	60
5.1.3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	63
5.2. Планирование научно-исследовательских работ	64
5.2.1. Определение трудоемкости выполнения работ.....	66
5.2.2. Разработка графика проведения научного исследования.	67
5.2.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	68
5.2.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	68
5.2.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	69
5.2.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	69
5.2.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	71
5.2.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	72

5.2.3.6. Накладные расходы	73
5.2.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	74
5.2.3.8. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
5.2.3.9. Организационная структура проекта.....	78
Заключение	79
Список использованных источников	80
Приложение А - SWOT- анализ НИР.....	83
Приложение Б- Временные показатели проведения научного исследования.....	85
Приложение В – Календарный план- график проведения НИОКР по теме	86

Введение

Такое умение как четкое выполнение определенных движений частей тела или точное движения тела в целом, для занятия какого-либо положения в пространстве, является очень важным аспектом в жизни человека. На протяжении длительного промежутка времени исследуется и изучается координация человека. Это очень необходимо для нормальной деятельности человека в целом.

Если учесть тот факт, что для четкой координации тела человека используются многие отделы ЦНС, можно сделать вывод о необходимости диагностики этих самых отделов ЦНС. Сниженная точность движений, нарушение симметрии правой и левой стороны, слабость и уменьшенная скорость движений, а также ухудшение устойчивости, все это проявления нарушенного режима работы отделов ЦНС. Регистрация пространственных и временных характеристик движений предоставляет возможность оценки степени двигательных расстройств при некоторых заболеваниях, процесс восстановления нормальных двигательных функций и разработать эффективные методики по реабилитации пациента[1].

Ни для кого не секрет, что при ухудшенной координации движений вероятность травмироваться выше, чем при нормальной координации. Чаще всего такая проблема возникает у людей во взрослом и пожилом возрасте, а также у людей, перенесших различные заболевания, например, инсульт. Заболевания опорно-двигательного аппарата развивают нарушения координации движения. Взглянув на человека с такими проблемами отчетливо бросается в глаза его неуверенная ходьба или же отсутствие у тела вертикального положения при ходьбе. Движения выглядят немощно, расхлябанно, просматривается большая амплитуда движений.

Прибегают к еще одному методу. Суть этого метода заключается в касании указательным пальцем кончика носа, и далеко не у всех получается это сделать. По почерку больного можно судить о мышечном контроле. Если

буквы и строчки наползают друг на друга, то мышечный контроль считается в ненормальном состоянии [2].

На сегодняшний день существует множество методов функциональной диагностики, одним из развивающихся можно назвать стабилometriю. Суть данного метода заключается в исследовании колебания ОЦТ по отношению к опоре, при этом на пациента всячески воздействуют. Стабилometriя так же может применяться при разных положениях пациента[1].

Следовательно, важную роль играют системы оценивания равновесной координации человека. На сегодняшний день идет активная разработка системы оценивания равновесной координации человека на базе стабилметрической платформы. Метод динамической стабилметрии используется для приобретения большей информации [3].

Цель моей работы заключается в анализе и описании технических средств для динамической стабилметрической платформы, которая находится в стадии разработки и сборки на кафедре кибернетике в Сибирском государственном медицинском университете.

Для реализации этой цели мне необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор стабилметрических методов и анализ комплекса технических средств для проведения динамического стабилметрического исследования.

2. Разработать структурную схему аппаратной части динамической стабилметрической платформы.

3. Выбрать и рассчитать схему управления двигателями постоянного тока.

1. Литературный обзор

1.1. Принцип стабилотрии

Стабилотрия – это метод технической диагностики, который позволяет выявить отклонения в равновесии у пациента. К одному из самых значимых умений человека можно отнести умение человека держать равновесие. Это означает, что индивид, способен быть абсолютно самостоятельным и независимым, следовательно, улучшается качество жизни в целом. Удержание баланса способствует минимизации риска падения, отсутствие страха потерять контроль над своим телом во время движения [4].

Метод стабилотрии появился в пятидесятых годах прошлого столетия на территории бывшего Советского Союза, затем в восьмидесятых годах по мере развития компьютерных технологий этот метод взяли на вооружение западные школы. Появилось множество модификаций специальных устройств, которые на основе компьютерных комплексов стали активно развивать методику стабилотрии.

В диагностике, в реабилитации данным методом пользуются неврологические, ортопедические, отоларингологические направления медицины. Метод достаточно универсален и уникален тем, что одно оборудование может использоваться и для диагностических и для реабилитационных целей: провести диагностику пациента и затем, не уходя от аппарата, переключив режим работы, заняться реабилитацией пациента, то есть проведением специальных процедур, которые позволят обучиться удерживать равновесие тела под контролем зрения [5].

При диагностике, реабилитации метод стабилотрии является безальтернативным и не имеющим аналога. Существует достаточное количество возможных методов исследования, которые специализируются на исследовании возможностей равновесия и поддержания баланса тела в

вертикальном положении. К таким методам относится регистрация движений головы в горизонтальной плоскости, при чем эти движения связаны с движением тела в вертикальной плоскости [4]. Регистрация осуществляется ультразвуковыми датчиками, без прямого контакта с головой. Если проанализировать данные движений головы и данные стабиллометрии тела, то можно заметить схожесть результатов измерения. По словам авторов, движения головы менее зависимы от роста человека и его веса, а значит у метода регистрации движений головы есть прямое преимущество, то есть уменьшаются проблемы обоснования конечной информации.

Стабиллометрическая платформа – узконаправленная, специальная установка которая позволяет фиксировать, регистрировать колебания ОЦТ. Стабиллометр, или стабиллограф, по сути синонимы стабиллометрической платформы. Стабиллометрическая платформа состоит из плоской плиты, на которую становится пациент. К плите прикреплены силоизмерительные датчики, которые позволяют измерять силу давления во точках плиты, также эти датчики являются опорой для плиты. Вычисление проекции ОЦТ тела основывается на давлении, которое действует на каждый датчик [6].

Метод стабиллометрии в клинической практике используется около 30 лет. Данный метод позволяет диагностировать отклонения на ранних этапах заболеваний, так как обладает высокой чувствительностью. Основными достоинствами метода стабиллометрии являются:

1. малое время исследований;
2. отсутствие крепления датчиков на тело человека;
3. высокая чувствительность;
4. высокоинформативность полученных параметров;
5. неинвазивность метода.

1.2. Статическая и динамическая стабиллометрия

Стабилометрия делится на два основных раздела, статическая и динамическая стабилометрия.

Статическая стабилометрия основывается на испытаниях или же тестах на удержание равновесия. Пациент встает на платформу и в качестве нагрузки на его равновесие используют различные геометрические предметы (цилиндрические фигуры, различные ролики и так далее), которые располагают между стопой и плитой, а также тесты проводят с закрытыми и открытыми глазами. Все эти нагрузки способствуют ослаблению равновесия [4].

Динамическая стабилометрия имеет принципиальное различие со статической стабилометрией в виде непостоянных внешних факторов. Такими факторами можно считать различные наклоны платформы, перемещения в плоскостях и подвижность пространства вокруг испытуемого. Обычно, такой методике сопутствует параллельное изучение поверхностей ЭМГ.

У стабилометрии существует еще одна формулировка – постурография. Постурография основывается на изучении равновесия исследуемого человека, находящегося в вертикальной плоскости относительно поверхности, на которую он опирается. Регистрируется положение в пространстве, а также отклонения и другие характеристики геометрической проекции от ОЦТ, приходящиеся на опираемую плоскость. Основа для системы динамической постурографии является опорная плоскость, она же платформа и кабина, которая окружает человека. Предназначение данной системы – это определение повреждённых компонентов системы равновесия, приводящие к головокружению исследуемого человека [5].

Современные представления об устройстве человека говорят о равновесии как о механизме, для обеспечения которого нужно нормальное функционирование зрительной системы, вестибулярного аппарата и проприоцептивной системы. Причем все эти системы должны работать

одновременно и слаженно. Любой сбой в одной из систем может вызвать частичную потерю координации. Чтобы равновесие было в норме, нужно чтобы проекция ОЦТ тела располагалась непосредственно внутри мнимого опорного контура, который представляет из себя часть опорной поверхности, находящийся между точками соприкосновения поверхности с опираемой плоскостью. Размер опорного контура определяется физическим размером стопы и углом опоры на плоскость стопы. Вертикальная поза человека не так проста, как кажется на первый взгляд. Для ее поддержания задействуется небольшая площадь опоры стопы на плоскость, а также в виду большого количества шарнирных соединений и удаленный центра тяжести от пола. Поддержание равновесия основывается на проекции центра тяжести относительно суставов ноги. Если опустить вертикаль из центра тяжести человека, то можно увидеть, как вертикаль проходит сзади от основной оси вращения в суставе, который крепится к тазобедренному поясу (тазобедренный сустав), перед коленными суставами и на небольшом расстоянии впереди голеностопных суставов [6].

Исходя из этих данных, можно сделать вывод, о том, что вся масса человека имеет “привычку” наклонять человека вперед. Самая большая нагрузка действует на мышцы задней поверхности голени. Эти мышцы не дают телу упасть вперед. Основная поза человека при его деятельности – вертикальная поза, она же и является активной из-за постоянного напряжения мышц человека, которые отвечают за устойчивость. Плохое кровоснабжение мозга может привести к потере сознания и к опасному падению человека на пол.

Для более четкого представления о равновесии нужно знать, какие группы мышц отвечают за него. Мышцы шеи, туловища, голеностопный сустав, коленный сустав – все эти группы отвечают за правильное положение тела в пространстве. Антигравитационные мышцы – группы мышц, отвечающие за поддержание вертикальной позы. Логично предположить, что для нормального равновесия необходима слаженная работы

антигравитационных мышц. Это и подтверждают биомеханические принципы тела. Клиническую значимость исследования увеличивает сочетание вестибулометрии и постурографии. Вестибулометрия – это изучение свойств и работы вестибулярного аппарата [1].

Постурографическая платформа также используется для диагностики и лечения различных заболеваний, связанных с вестибулярным аппаратом. Упражнения основываются на особенности биологической обратной связи. Задается программа, платформа начинает движение по заданной траектории, пациент в свою очередь, видит на мониторе графическое изображение собственного центра тяжести. Пациент должен удержать равновесие, воздействуя на свои антигравитационные мышцы. К такому методу применяется по ступенчатая система сложности.

Компьютерная постурография применяется для исследования и подробного изучения вестибулярной системы, зрительной системы, мышечных групп и взаимодействия всех этих систем между собой при поддержании функции равновесия. Также проводится реабилитация с помощью особых специальных программ, которые должны учитывать все индивидуальные особенности, этап на котором находится болезнь и ее характер. Наибольшую эффективность имеет постурография при исследовании пациентов с дисфункцией опорно-двигательного аппарата, нарушения равновесия и патологией вестибулярной системы [7].

1.3. Обзор стабилметрических платформ

Статическая стабилметрическая платформа состоит из неподвижной статичной поверхности (платформы). К платформе крепятся специальные датчики, которые измеряют вертикальную силу, действующую на платформу. Вертикальная сила давления определяет центр давления, который создает обследуемый, находящийся на стабиллоплатформе.

Стабилометрическая платформа работает по принципу измерения сил, которые действуют на силовые (тензометрические) датчики. Силы давления возникают в следствии стоянии человека на опорной поверхности - плиты. В результате производится вычисление координат всех точек прямой равнодействующей силы непосредственно от объекта на плоскость опоры. Для обработки данных используется ПК. Цифровой сигнал с датчиков поступает в МК, затем МК передает данные компьютеру. На компьютере, специально разработанная программа производит анализ по измеренным данным координат общего центра давления объекта на поверхность плиты за интервал исследования[7].

Российская компания «Мера» под торговой маркой «БиоМера» производит стабиллоплатформы модели ST-150 в двух комплектациях. Модель ST-150 является основной комплектацией. Она состоит из опорной плиты, тензорезистивных датчиков, которые дополнительно выполняют роль опоры. Объект встает в центр плиты, усилие, которое создает объект, фиксируется тензорезистивными датчиками, что позволяет определить проекцию ОЦТ тела на плоскость опоры. Все данные передаются в компьютер и обрабатываются с помощью специальной программы «STPL». Платформа подключается к компьютеру через USB кабель.

Преимуществом платформы ST-150 перед остальными является ее незначительные габариты и малый вес. Не смотря на габариты и вес, аппарат выполнен прочным и жестким. В качестве плиты используется толстое и прочное стекло. Благодаря этому, точность и корректность данных, снимаемых со стабиллоплатформы не искажаются.

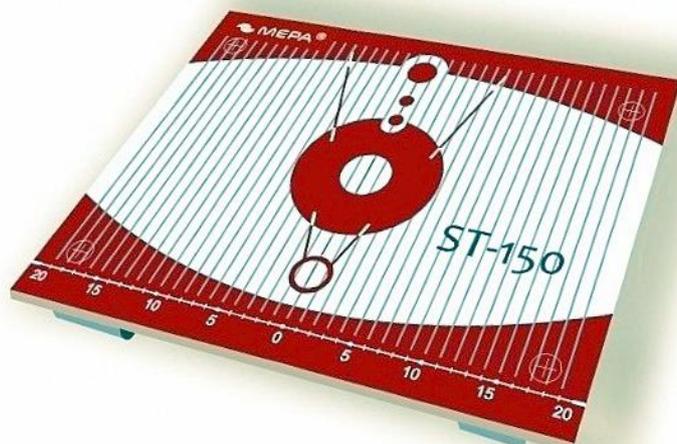


Рисунок 1.1 - Статическая стабилметрическая платформа, модель ST-150

Стоимость ST-150 480000 тысяч рублей. Помимо самой платформы в стоимость входит комплект оборудования, такое как ноутбук с программным обеспечением «STPL», монитор со стойкой, соединительный кабель, страховочная опора и так далее.

Стабилоплатформа ST-150 может быть автономным переносным комплексом в совокупности с ноутбуком.



Рисунок 1.2 - Стабилоплатформа ST-150 в комплекте с ноутбуком

Платформа подключается к компьютеру через USB кабель. Питание платформы осуществляется от ноутбука через USB кабель. Таким образом, получается переносной, компактный и мобильный стабилметрический комплекс [8]. В таблице 1.1 приведены технические характеристики ST-150.

Таблица 1.1- Технические характеристики ST-150

Параметр	Значение
Вес объекта	Минимум 20 кг, максимум 150 кг
Абсолютная погрешность для определяемых координат	Не более 1 мм
Абсолютная погрешность для измеряемого веса	Не более 0,0002 кг
Геометрические размеры платформы	500 x 400 x 100 мм
Температурный диапазон работы	10 – 40 °С
Электропитание	Стандартный USB провод
Потребляемая мощность	Не более 15 ВА
Частота срабатывания датчиков	33,7 Гц
Полный вес платформы	~ 10 кг

Польская фирма «Technomex» разработала стабилуплатформу Sigma. Sigma – это слияние балансирующей и статической стабилуплатформы. Sigma состоит из плоской верхней плиты и нижней плиты с опорой, расположенной по центру. Верхняя поверхность опирается на нижнюю не целиком, а только центральной частью. За счет такой конструкции верхняя опорная поверхность стабилуплатформы Sigma может наклоняться в любом направлении. Для более тщательного исследования пациента были разработаны сменные насадки, которые позволяют регулировать сложность выполнения упражнения путем изменения угла наклона верхней плиты относительно горизонтальной плоскости.



Рисунок 1.3 - Стабилуметрическая платформа Sigma

Стабилуплатформу Sigma можно использовать как для тренировки рук, так и упражнения для стабилизации позвоночника. Также предусмотрено выполнение упражнений на ноги. Помимо выше перечисленного, конструкция Sigma позволяет выполнять динамические упражнения, например, прыжки.



Рисунок 1.4 -Комплект сменных насадок для Sigma

У стабилоплатформы Sigmanet конкретной цены. Все зависит от критериев заказчика [9].

Особенности стабилметрической платформы Sigma:

1. Возможна регулировка уровня сложности, путем изменения значения угла наклонов
2. Платформа работает от аккумуляторов
3. Конструкция позволяет совершать свободные наклоны в разные стороны вокруг опоры
4. Подключение к ПК беспроводное
5. Наличие обратной связи (визуальная ОС, звуковая ОС)
6. Работа с одной или двумя руками одновременно в положении стоя/сидя
7. Работа с одной или двумя ногами одновременно в положении стоя/сидя

В таблице 1.2 приведены технические характеристики стабилоплатформы Sigma.

Таблица 1.2 - Технические характеристики Sigma

Параметр	Значение
Размер платформы по диаметру	420 мм
Масса платформы	6,5 кг.
Амплитуда максимального отклонения платформы от положения равновесия (стандартная насадка)	12 °С
Питание платформы	2 аккумулятора типа ААА
Подключение к ПК	Беспроводное

Компания «АС International» разрабатывает и производит стабиллоплатформу Alfa. Это современный прибор, который предназначен для исследования и последующего оценивания равновесия объекта, оценивания степени нагрузки на опорную поверхность в неподвижном статическом состоянии. Также этот прибор может применяться для тренировки походки.

Принцип работы у стабиллоплатформы Alfa такой же, как и у стабиллоплатформы ST-150. Платформа собрана в специальной стойке с поручнями. Поручни выполняют функцию опоры для людей с серьезными расстройствами системы равновесия. Перед стойкой устанавливается стойка с монитором. На мониторе пациент будет видеть различные графические задания, с которыми он должен справляться, управляя исключительно нижними конечностями. Для корректной работы стабиллоплатформы Alfa нужен компьютер средней мощности. На компьютер устанавливается и настраивается особое программное обеспечение. При помощи ПО можно задавать различные встроенные упражнения и анализировать данные. Питание на платформу подается через USB кабель.



Рисунок 1.5 - Стабилометрическая платформа Alfa

В программное обеспечение стабиллоплатформы Alfa входит ряд классических стабиллометрических тестов и несколько упражнений, разработанных специально для этой установки. Программа может выдать результаты в виде отчета, который содержит полную информацию по тестам и упражнениям. Все результаты сохраняются в базе программы для последующего анализа и сравнения.

Платформа делается на заказ, в свободной продаже ее нет[10].

Особенности стабиллометрической платформы Alfa:

1. Наличие специальных упражнений и классических тестов в ПО.
2. Питание осуществляется через USB кабель, нет необходимости в отдельном питании.
3. Реализована биологическая обратная связь.
4. Для использования нет возрастных ограничений.
5. Широкая опорная поверхность способствует удобному выполнению упражнений и тестов.
6. Устойчивость платформы за счет оптимального веса.

Технические характеристики Alfa представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Технические характеристика стабилоплатформы ALFA

Параметры	Значение
Габариты прибора	550 x550 x80 мм
Масса	27 кг
Максимальная нагрузка	150 кг
Подключение кПК	Проводное
Питание	USB кабель стандартного разъема

В результате обзора стабилметрических платформ ST-150, Sigma и Alfa можно сделать вывод о том, что всех эти платформы являются статическими, за исключением стабилоплатформы Sigma. В конструкции Sigma предусмотрены элементы динамической нагрузки на пациента, но полноценной динамической стабилоплатформой она не является. Принцип работы стабилоплатформ одинаковый для всех устройств такого типа. Цены на стабилоплатформы достаточно высокие из-за отсутствия серийного производства, а также в виду узкой направленности прибора.

2. Структурная схема динамической стабилометрической платформы

Структурная схема стабилометрической платформы представлена на рисунке 2.1.

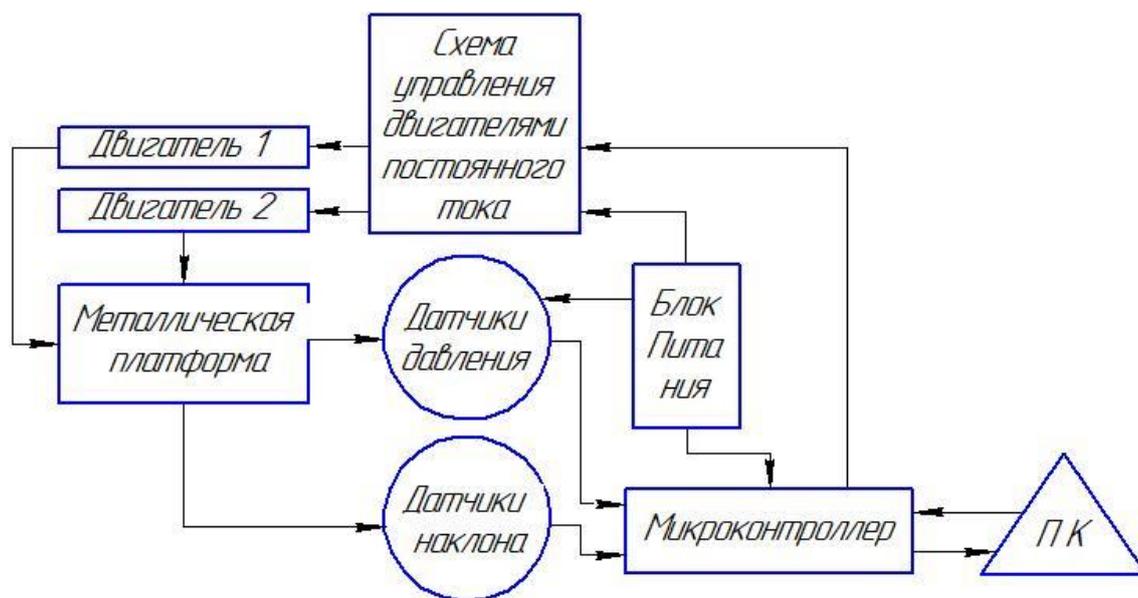


Рисунок 2.1 - Структурная схема динамической стабилометрической платформы

Металлическая платформа служит точкой опоры, на которую становится человек при обследовании. Платформа является незаменимым компонентом и представляет из себя плоский металлический лист, на который по середине встает пациент. Для большей наглядности на лицевую сторону платформы можно нанести разметку. По разметке будет очень просто встать строго в центр, или же выбрать особое положение для индивидуального исследования.

Управляют динамической стабилометрической платформой два электромеханических двигателя «ZT-HAD1». Они устанавливаются с разных сторон. Это позволит наклонять платформу в двух плоскостях.

Датчики наклона передают электрический сигнал МК. С помощью датчиков наклона можно контролировать, а значит и задавать угол наклона динамической стабилоплатформы. Максимальные углы наклона определяются конструктивным исполнением установки.

Датчики давления определяют ОЦТ исследуемого человека для дальнейшего лечения или реабилитации. В качестве датчиков давления выступают тензометрические датчики. Они преобразуют величину деформации в электрический сигнал, который поступает напрямую на МК.

МК осуществляет управление схемой управления двигателями постоянно тока, обрабатывает электрические сигналы от датчиков в цифровые, а также связан с компьютером двусторонней связью, что позволяет управлять динамической стабилоплатформой только с помощью компьютера. Все данные с датчиков, с помощью МК, выводятся на компьютер.

Для преобразования управляющих сигналов малой мощности в достаточные для управления электромеханическими двигателями токи, используется схема управления двигателями постоянного тока – двухканальный драйвер двигателей.

Блок питания запитывает датчики давления, МК, а также драйвер двигателя.

ПК выводит все данные на монитор. Вся установка управляется только с компьютера. Для корректного управления стабилоплатформой нужно специальное программное обеспечение.

3. Драйвер управления двигателем постоянного тока

3.1. Технические характеристики актуаторов.

Актуатор – специальный электрический привод. Управление актуатором осуществляется при помощи устройства управления. Актуаторы могут быть с мотором (электромеханический тип), так и без мотора (механический). В данном случае используется электромеханический тип. Назначение актуатора состоит в линейном или вращательном движении, все зависит от конструктивного исполнения [11].

Для сферы медицины разработаны специальные актуаторы. Принцип построения и функции, которые выполняет медицинский актуатор такие же, как и у промышленного. Отличия состоят в особых материалах. Такие актуаторы должны быть пыленепроницаемые и водонепроницаемые, нужно это при очистке и дезинфекции медицинской аппаратуры где применяются актуаторы. По мимо все прочего, эти двигатели должны быть готовы к работе с экстремальными нагрузками, быть практически бесшумными и безопасными. Актуаторы являются электромеханическими приводами и их применение в медицинской технике очень разнообразно. Таким образом, медицинские актуаторы по всем характеристикам гораздо лучше подходят для использования их непосредственно в медицинской аппаратуре. Особенно это прослеживается в безопасности данного изделия. Актуатор построен таким образом, чтобы максимально обезопасить и исключить человеческий фактор при работе с медицинской аппаратурой[12].

Если классифицировать медицинские актуаторы по конструкции, то можно обозначить 2 типа. Кареточные и штоковые актуаторы – работают на подъем и опускание. Также существует актуатор с двойным приводом.

При установке актуатора на стабилметрическую платформу необходимо помнить, что актуаторы прочны только в линейном перемещении, то есть когда нагрузка действует параллельно рабочей оси.

Нагрузки, прикладываемые сбоку, перпендикулярно рабочей оси, не должны быть высоки. Устройство не рассчитано на такое использование и может быстро выйти из строя. Актуаторы необходимы чтобы автоматизировать рабочий процесс исследования, увеличить безопасность и повысить удобность использования установки в целом. Идеальным решением для проблемы линейного перемещения является штоковый актуатор, в виду его доступности, установки и простоте использовании. Важными характеристиками для актуатора будут скорость работы, рабочий ход и усилие, которое они развивают [13].

Исходя из выше приведенного анализа медицинских актуаторов, выполняющих все условия эксплуатации, а также фактор доступности, применяется линейный актуатор ZT-HAD1.



Рисунок 3.1 -Актуатор для линейного перемещения ZT – HAD1

В таблице 3.1 приведены технические характеристики линейного актуатора ZT - HAD1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики актуатора ZT – HAD1

Параметр	Значение
Рабочая длина перемещения	250 мм
Входной сигнал	12 В DC

Максимальная скорость	8 мм/с
-----------------------	--------

Продолжение таблицы 3.1

Параметр	Значение
Динамическая нагрузка	1300 Н
Статическая нагрузка	600 Н
Непрерывный ток	2.5-3А

Плюсы использования линейного актуатора ZT-HAD1:

1. Минимально издаваемый шум при работе;
2. Доступность;
3. Простота в использовании и монтаже
4. Компактность

3.2. Схемотехнические решения для управления двигателями постоянного тока

Электродвигатели находят широчайшее применение в современном высокотехнологическом укладе жизни. Этот тип электромеханического привода по-прежнему является одним из наиболее распространенных и востребованных. Электродвигатели самого разного назначения являются одной из основных составляющих любого производства, повсеместно используются в офисной и домашней технике, в системах мониторинга и управления зданий и объектов. Очень широкое распространение электродвигатели нашли на современном транспорте. Еще более впечатляющее будущее уготовано электродвигателям в электромобилях и роботах.

С развитием технологий традиционные двигатели совершенствуются и находят все новые области применения. Современные высокоточные станки и робототехника немислимы без электродвигателей с

интеллектуальными системами управления. На земле, в воздухе и под водой электродвигатели остаются широко востребованным преобразователем электрической энергии в механическую[14].

3.2.1. Типы двигателей

Коллекторные двигатели постоянного тока (Brushed DC или BDC, по терминологии TI) сегодня относятся к одним из наиболее распространенных механизмов электромагнитного вращения.

В магнитном поле собранного из постоянных магнитов статора вращается многосекционный ротор с катушками, которые попарно и попеременно подключаются через коммутируемые коллекторные ламели на оси ротора (рисунок 3). Выбор пары активизируемых катушек выполняется на основании закона Лоренца в соответствии с правилом Буравчика. Источник тока всегда подключен к катушкам, силовые линии магнитного поля которых смещены на угол, близкий к 90° , относительно магнитного поля статора.



Рисунок 3.2 - Принцип действия коллекторного электродвигателя (BDC)

Электродвигатели подобного типа часто используют статор с постоянными магнитами. Они позволяют легко регулировать скорость вращения и отличаются невысокой стоимостью [14].

Достоинства коллекторных двигателей:

1. малая стоимость;
2. простая система управления;
3. 2-обмоточные коллекторные двигатели, обладающие высоким крутящим моментом и способные работать на постоянном и переменном токе.

Особенности эксплуатации коллекторных двигателей:

1. щетки требуют периодического обслуживания, понижают надежность двигателя;
2. в процессе коммутации возникают электрические искры и электромагнитные помехи;
3. затруднен отвод тепла от перегревающегося ротора.

Несколько менее распространенными среди двигателей постоянного тока являются модели с бесщеточной конструкцией (BrushLess DC или BLDC), использующие ротор с постоянными магнитами, которые вращаются между электромагнитами статора. Коммутация тока здесь выполняется электронным способом. Переключение обмоток электромагнитов статора заставляет магнитное поле ротора следовать за его полем.

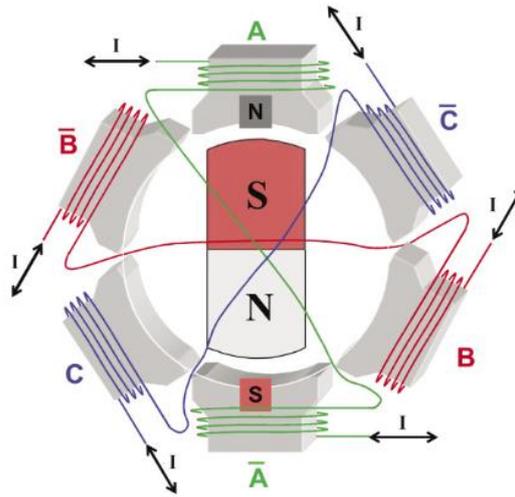


Рисунок 3.3 -Принцип действия бесколлекторного электродвигателя (BLDC)

Принцип работы основан на том, что контроллер коммутирует обмотки статора так, чтобы вектор магнитного поля статора всегда был сдвинут на угол, близкий к 90° или -90° относительно вектора магнитного поля ротора. Вращающееся при переключении магнитное поле заставляет перемещаться вслед за ним ротор с постоянными магнитами.

При использовании трехфазного сигнала управления подключенными к источнику тока всегда оказываются только две пары обмоток, а одна – отключена. В результате последовательно используется комбинация из шести состояний [14].

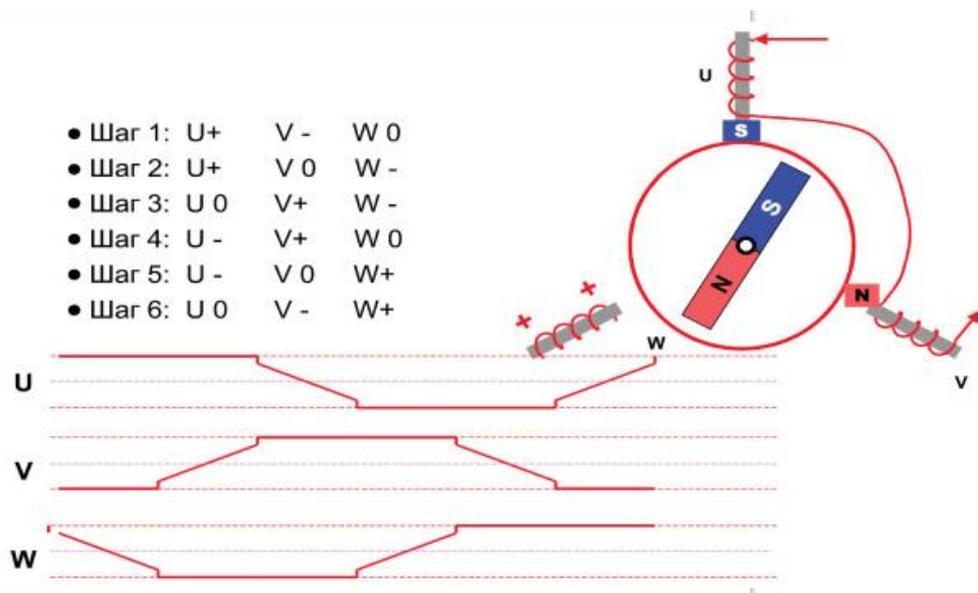


Рисунок 3.4 - Чередование фаз при вращении BLDC

Преимущества бесколлекторных двигателей (BLDC):

1. высокая эффективность;
2. отсутствие щеток, обеспечивающее повышенную надежность, снижение затраты на обслуживание;
3. линейность тока/крутящего момента;
4. упрощенный отвод тепла.

Особенности применения бесколлекторных двигателей (BLDC):

1. более сложная система управления с обратной связью по положению ротора;
2. пульсации крутящего момента.

Шаговые двигатели (ШД) получили достаточно широкое распространение в системах автоматики и управления. Они являются еще одним типом бесколлекторных двигателей постоянного тока. Конструктивно ШД включает в себя ротор из магнитных материалов и статора. На статоре находятся обмотки возбуждения. ШД с ротором из магнитных материалов обеспечивают жесткое крепление ротора и большой крутящий момент при обесточенных обмотках.

В процессе вращения ротор ШД перемещается шагами под управлением подаваемых на обмотки статора импульсов питания. Шаговые двигатели удобны для использования в приводах машин и механизмов, работающих в старт-стопном режиме. Их диапазон перемещения задается определенной последовательностью электрических импульсов. Такие двигатели отличаются высокой точностью, не требуют датчиков и цепей обратной связи. Угол поворота ротора зависит от количества поданных импульсов управления. Точность позиционирования (величина шага) зависит от конструктивных особенностей двигателя, схемы подключения обмоток и последовательности подаваемых на них управляющих импульсов.

В зависимости от конфигурации схемы подключения обмоток шаговые двигатели могут быть униполярными и биполярными. Биполярный

двигатель содержит в каждой из двух фаз единую обмотку для обоих полюсов статора, которая для реверса магнитного поля должна переполюсовываться драйвером. Для управления таким ШД требуется мостовой драйвер или полумостовая схема с 2-полярным питанием. При биполярном управлении одновременно работают две обмотки и крутящий момент примерно на 40% больше. На рисунке 3.5 представлена последовательность сигналов управления при вращении биполярного ШД.

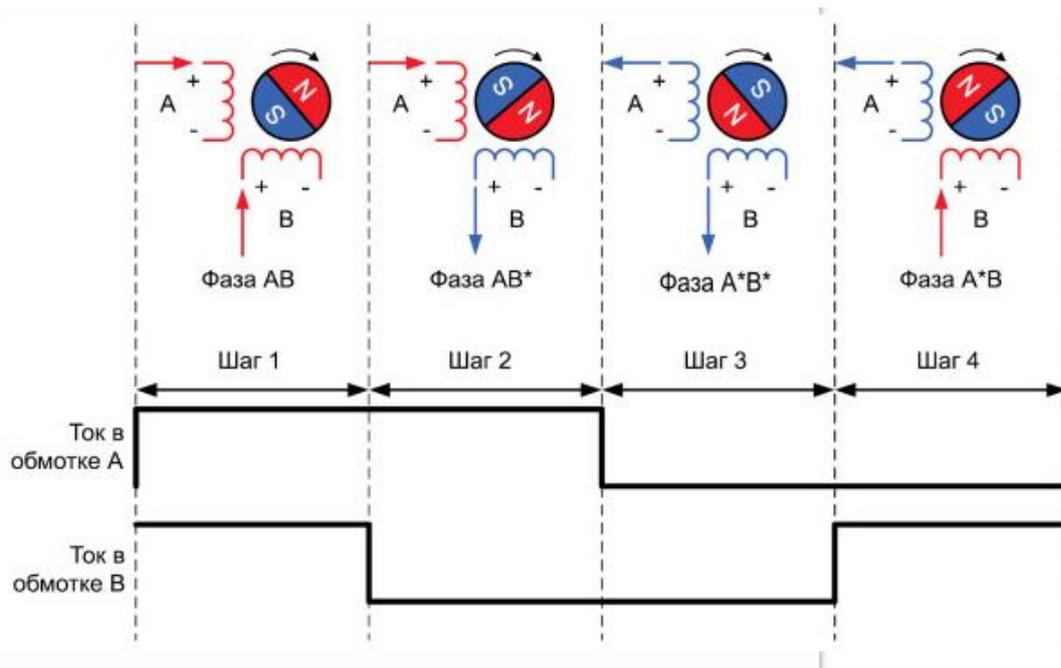


Рисунок 3.5 - Последовательность сигналов управления биполярным ШД

Униполярный двигатель использует в каждой фазе одну обмотку со средним выводом и позволяет использовать более простую схему управления с одним ключом на каждую из четырех полуобмоток [14].

Достоинства шаговых двигателей:

1. невысокая стоимость благодаря отсутствию схем контроля скорости вращения и позиционирования;
2. высокая точность позиционирования;
3. широкий диапазон скоростей вращения;
4. простой интерфейс управления с цифровыми контроллерами;

5. очень высокая надежность;
6. хороший удерживающий момент.

Особенности применения шаговых двигателей:

1. ШД присуще явление резонанса;
2. из-за отсутствия обратной связи возможна потеря контроля положения;
3. затраты энергии не изменяются при работе без нагрузки;
4. на больших скоростях работы затрудняется;
5. низкая удельная мощность;
6. схема управления сложнореализуемая.

3.2.2. Традиционные решения для управления электродвигателями

Современная прецизионная система управления электродвигателем постоянного тока включает в себя МК для обработки данных и блок управления питанием обмоток двигателя, часто называемый драйвером. В состав драйвера входит логическая схема для преобразования кодированных посылок в цифровые управляющие сигналы, из которых в блоке GateDriver формируются аналоговые сигналы для управления силовыми ключами на основе полевых транзисторов (FET). FET могут входить в состав драйвера или размещаться в отдельном блоке. Кроме того, в состав драйвера входят схемы защиты силовых цепей и цепи обратной связи для контроля работы двигателя.

На рисунке 3.6 представлены варианты блок-схем для интегрированного и предварительного драйверов.

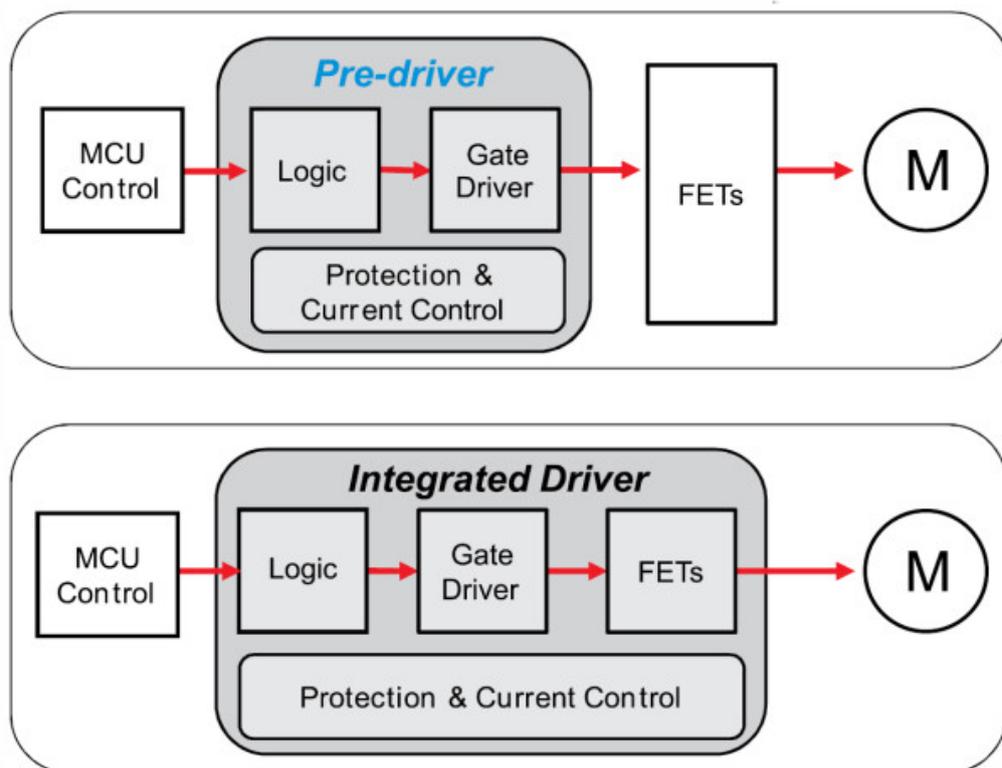


Рисунок 3.6- Блок – схемы систем управления двигателями

Каждое из решений имеет свои преимущества и особенности. Предварительный драйвер (Pre-Driver) имеет значительно облеченный температурный режим, позволяет выбирать внешние силовые ключи в соответствии с мощностью подключаемого двигателя. Полнофункциональный интегрированный драйвер позволяет создавать более компактные системы управления, минимизирует внешние соединения, но значительно усложняет обеспечение необходимого температурного режима.

Так, у интегрированного драйвера TI DRV8312 максимальная рабочая температура отдельных элементов на плате может достигать 193°C, а у предварительного драйвера DRV8301 этот показатель не превышает 37°C.

Одной из наиболее распространенных схем для коммутации обмоток двигателей является мост типа “Н”. Название схемы связано с конфигурацией подключения, которая похожа на букву “Н”. Эта электронная схема позволяет легко изменять направление тока в нагрузке и,

соответственно, направление вращения ротора. Напряжение, прикладываемое к обмоткам через транзисторы моста, может быть как постоянным, так и модулированным с помощью ШИМ. H-мост предназначен, в первую очередь, для смены полярности питания двигателя – реверса, но также позволяет тормозить вращение, коротко замыкая выводы обмоток [14].

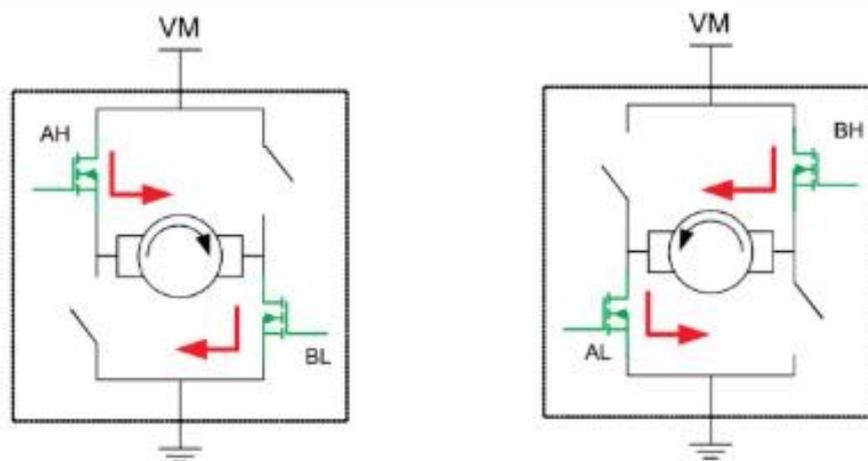


Рисунок 3.7 - Смена направления вращения коллекторного двигателя

3.2.3. Решения для управления электродвигателями от TI

TexasInstruments (TI) – американская компания по производству электроники. Среди полупроводниковых компонентов, выпускаемых компанией TI, представлен обширный ассортимент различных драйверов для управления электродвигателями постоянного тока. Все они требуют минимума внешних компонентов, позволяют создавать компактные решения для управления двигателями с рабочим напряжением до 60 В, отличаются повышенной надежностью, обеспечивают быстрое и простое проектирование систем привода электродвигателями.

Встроенные в драйверы интеллектуальные функции требуют минимальной поддержки внешнего управляющего МК (MCU), обеспечивают расширенные коммутационные возможности для обмоток, поддерживают внешние датчики и цифровые контуры управления. Комплекс защитных

функций включает ограничение напряжения питания, защиту от превышения тока и короткого замыкания, понижения напряжения и повышения рабочей температуры.

Весь модельный ряд драйверов TI разбит на три раздела: шаговые, коллекторные и бесколлекторные двигателей постоянного тока. В каждом из них на сайте компании действует удобная система подбора по целому ряду параметров. Есть отдельные драйверы, предназначенные для использования с двигателями разных типов [14].

3.3. Выбор и расчёт драйвера

Для управления двумя линейными актуаторами ZT-HAD1 необходим двухканальный драйвер двигателя. Без драйвера невозможно обойтись, так как подключение актуаторов напрямую к МК не заставит работать двигатели. Если подключить актуатор непосредственно к МК, последний не сможет выдать необходимый рабочий ток, соответственно двигатели работать не будут. Для работы каждого двигателя необходим рабочий ток не менее 3 ампер, входной напряжение должно быть постоянным и не ниже 12 вольт, а также актуаторы должны работать как в прямом, так и в обратном направлении. Поэтому драйвер должен поддерживать работу двух двигателей одновременно, в добавок использование именно двухканального драйвера, а не одноканального, упростит устройство стабиллоплатформы в целом [15].

Драйвер двигателя – устройство для преобразования управляющего сигнала малой мощности в токи достаточной мощности для управления двигателями постоянного тока.

Данным техническим требованиям полностью удовлетворяет мощный мостовой двухканальный драйвер двигателей постоянного тока, собранный на двух микросхемах VNH2SP30 (RKP-VNH2SP30). С помощью этот

устройства можно управлять вращением двух полностью независимых двигателей постоянного тока.

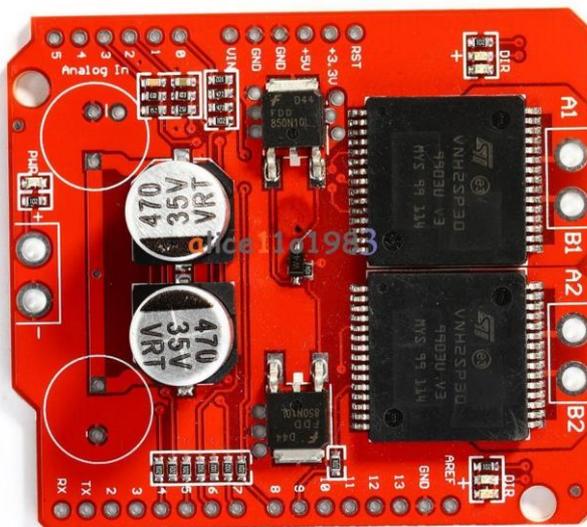


Рисунок 3.8 - Драйвер двигателей двухканальный на VN12SP30

Достоинства драйвера RKP-VN12SP30:

1. Возможность управлять вращением двух независимых высокочастотных двигателей DC;
2. Вывод питания и выходы с утолщенной контактной поверхностью, возможна пайка толстых проводов;
3. Защита от перегрева;
4. Защита от КЗ;
5. Защита от слабого или большого напряжения;
6. Большое сопротивление у переходов транзисторов.

Недостатки драйвера RKP-VN12SP30:

1. Существенный нагрев платы при протекании больших токов.

В таблице 3.2 представлены технические характеристики драйвера RKP-VN12SP30.

Таблица 3.2 – Технические характеристики драйвера RKP-VN12SP30

Параметр	Значение
Питание схемы	5.5 – 16 В

Продолжение таблицы 3.2

Параметр	Значение
Рабочий ток	14 А
Пиковый ток	До 30 А
Управление логическим уровнем	3.3 В
Максимальная частота ШИМ	20 кГц
Размер	53 x 22 мм
Вес	25 гр

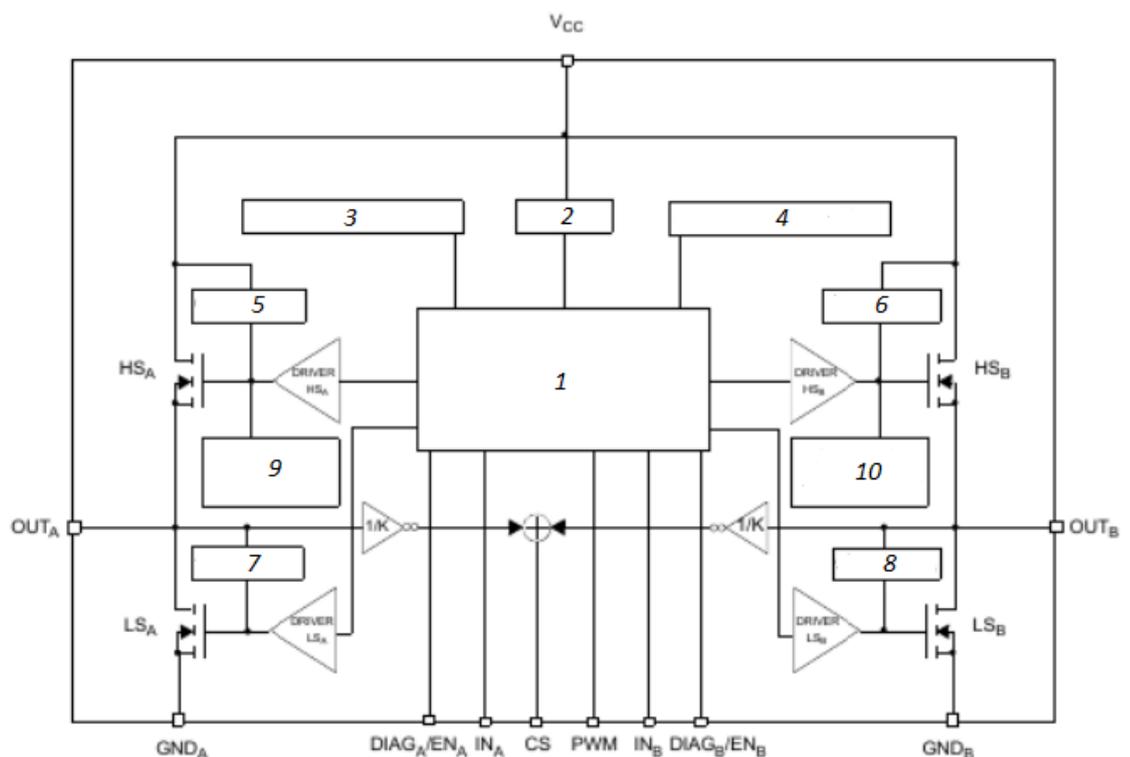


Рисунок 3.9 - Блок – схема микросхемы VN12SP30

1 – Логический контроль: позволяет включать/выключать верхнюю сторону переключателей HS_A , HS_B и нижнюю сторону переключателей LS_A , LS_B согласно таблице истинности.

2 – Перенапряжение: отключает микросхему, если она не попадает в интервал напряжений 5.5В – 16В для защиты от перенапряжения.

3,4 – Защита от перегрева: защищает микросхему от перегрева в случае короткого замыкания по левой и правой стороне.

5,6,7,8 – Зажимы: защищают верхнюю и нижнюю стороны от высокого напряжения во всех конфигурациях для двигателя

9,10 – Линейный ограничитель тока: ограничивает то двигателя за счет уменьшения напряжения на затворном источнике с высоким боковым переключателем, когда происходит КЗ на землю.

В таблице 3.3 представлено описание функций контактов микросхемы VNH2SP30.

Таблица 3.3 – Описание функций контактов микросхемы VNH2SP30

Обозначение контакта	Описание выполняемой функции
V_{CC}	Подключение аккумулятора
GND_A, GND_B	Силовые контакты, всегда должны быть связаны друг с другом
OUT_A, OUT_B	Подключения питания к двигателю
IN_A, IN_B	Контролируют состояние моста при нормальной работе согласно таблице истинности
PWM	Регулировка скорости вращения двигателя
$EN_A/DIAG_A, EN_B/DIAG_B$	Открытые дренажные двунаправленные логические выводы.
CS	Аналоговый выходной ток. Создает ток, пропорциональный текущему току двигателя

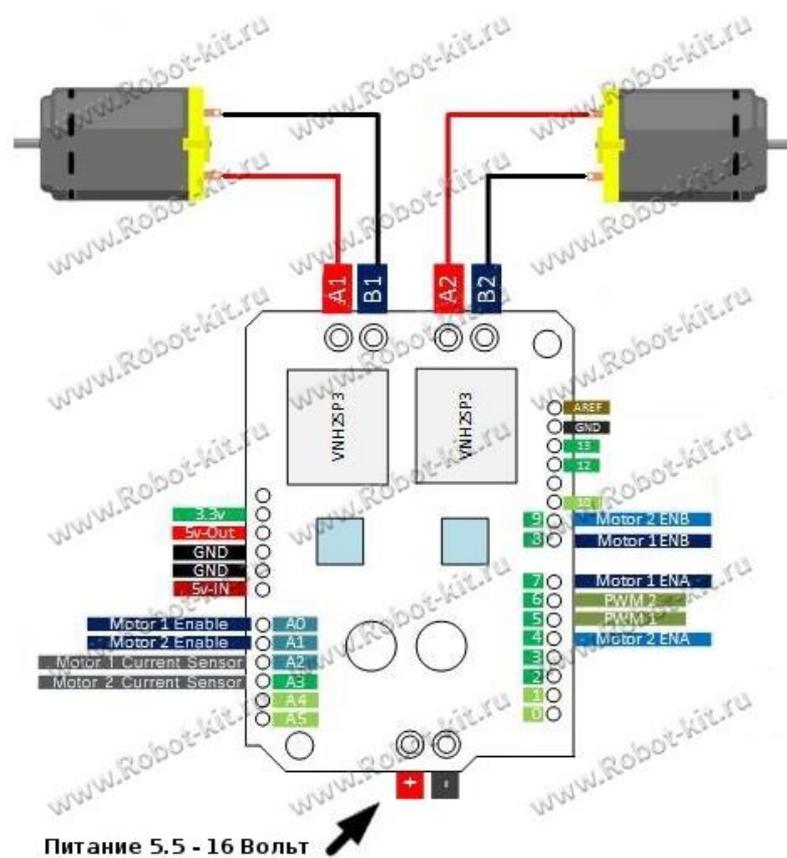


Рисунок 3.10–Блок схема драйвера RKP-VNH2SP30

Назначение выводов:

- A0: включение (1) / выключение (0) двигателя 1.
- A1: включение (1) / выключение (0) двигателя 2.
- A2: датчик тока для двигателя 1.
- A3: датчик тока для двигателя 2.
- D7: движение по часовой стрелке (CW) для 1 двигателя.
- D8: движение против часовой стрелки (CCW) для двигателя 1.
- D4: движение по часовой стрелке (CW) для 2 двигателя.
- D9: движение против часовой стрелки (CCW) для двигателя 2.
- D5: ШИМ для двигателя 1.
- D6: ШИМ для двигателя 2.

4. Социальная часть

Проектирование стабилоплатформы и разработка системы управления осуществлялись в лабораториях СибГМУ. В данной работе проектируется схема управления электромеханическими двигателями для динамической стабилометрической платформы. Используется тензодатчики, микроконтроллер и схема управления драйвером двигателей. Конструирование интегральной схемы для управления электромеханическими двигателями позволит снизить риски поломки двигателей и улучшить их работу в целом. При разработке проекта одним из важных факторов является обеспечение надежной и безопасной работы в учебных лабораториях, включая аварийные ситуации, и разработка системы мероприятий, позволяющих максимально снизить или полностью исключить возможность угрозы для жизни и здоровья человека и окружающей среды.

4.1. Производственная безопасность

Для оценки опасных факторов, возникающих при работе с данной системой, используется ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные фактор».

Опасные и вредные факторы при разработке системы управления двигателями динамической стабилметрической платформы представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1- Производственная безопасность

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Физические – работа за компьютером при разработке и монтаже схемы	1)Отклонение показателей микроклимата	1) Опасность возникновения пожара	1)СанПиН 2.2.4.548-96;
	2)Вредные вещества	2) Опасность Поражения электрическим током	2)СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;
	3)Повышенный уровень электромагнитных излучений	3)Термическая опасность	3)ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ
			4)ФЗ от 22.07.2013 г. №123
			5)ГОСТ 12.0.003- 4

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96, работа со стабилметрической платформой относится к 1а категории: работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

4.1.1. Анализ предполагаемых вредных факторов при разработке и эксплуатации динамической стабилплатформы

4.1.1.1. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ показателями характеризующими микроклимат являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Указанные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. При определенных их значениях человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит, тонзиллит и др.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения.

Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура,

относительная влажность и скорость движения воздуха СанПиН 2.2.4.548-96. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в Вт. Работа инженера – разработчика относится к категории Іб (работа с интенсивности от 140 до 174 Вт)[16]. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.4.548-96 приведены для категории Іб приведены в таблице 4.2- 4.3

Таблица 4.2 – Оптимальные показатели микроклимата

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

Таблица 4.3 - Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура, град. С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	19 – 20,9	23,1 – 24	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	20 – 21,9	24,1 – 28	15 – 75	0,1	0,3

Отопление лаборатории и корпуса в целом водяное с применением радиаторов, что обеспечивает постоянное и равномерное нагревание воздуха в холодное время года. В рабочем помещении имеется естественная вентиляция, принудительная отсутствует. Измеренные показатели микроклимата лаборатории соответствуют оптимальным показателям.

4.1.1.2. Вредные вещества

В работе выполнялась пайка с использованием флюса и припоя. При пайке, обжога изоляции и лужения выделяются вредные вещества в зависимости от типа используемого флюса и припоя. В таблице 4.4 представлены выделяемые вредные вещества и их ПДК согласно ГОСТ 12.1.005-88.

Таблица 4.4 - ПДК вредных веществ

	Вещество (составы)	Класс опасности	ПДК в воздухе, мг/м ³
Припой	ПОС 40; ПОС 61	1	0,01 (по свинцу)
Компоненты флюсов	бензин	4	100
	этилацетат	4	200
Газы	окись углерода	4	20
	окислы азота	2	5
	углеводороды	4	300

По классу опасности видно, что самые опасные вещества — это свинец, кадмий, окись углерода, бензин и окислы азота.

Загрязнение вредными веществами окружающей среды, приводит к накоплению ядов в атмосфере почвы и водной среде, с последующим попаданием в организм человека через дыхание или пищу.

Свинец относится к кумулятивным ядам, т.е. накапливается в теле человека. Он поражает внутренние органы, сердечнососудистую систему, центральную и периферическую нервную систему, систему крови. Отравления свинцом может происходить бессимптомно, и обнаруживаются только при анализе крови.

Кадмий является промышленным ядом, который не благоприятно влияет на обоняние, и вызывает носовые кровотечения и желтизну зубов.

Окислы азота нарушают функциональность дыхательной системы, и может вызвать пневмонию, отек легких, бронхит.

Окись углерода определяется уровнем концентрации в промежутке между 1,000 и 10,000 млн¹ вызывает симптомы головной боли, головокружения и тошноты в течение 13-15 минут и потерю сознания и смерть, если воздействие продолжается от 10 до 45 минут. Чем ниже уровни концентрации, тем больше проходит до начала возникновения симптомов.

Пары бензина очень токсичны для человека, и их вдыхание может вызвать как острое, так и хроническое отравление. Токсические свойства связаны с наркотическим действием на центральную нервную систему. Отравления могут возникать при поступлении паров бензина в дыхательные пути, при воздействии на большие участки кожных покровов.

По своим химическим свойствам этилацетат схож с ацетоном, поэтому при работе с веществом нужно соблюдать максимальную осторожность. Установлен предельно допустимый уровень концентрации этилацетата в воздухе в помещении, он составляет 200 мг/м³. При превышении данного уровня концентрации могут возникнуть раздражения оболочки глаз и слизистых дыхательных путей, а также дерматиты и экземы.

Воздействие на организм углеводов выражается в нарушениях функционального состояния центральной нервной системы. Это связано с наркотическим действием углеводов. В очень низких концентрациях действие углеводов приводит к функциональным расстройствам нервной системы, неврастении, вегетоневрозам, вспыльчивости и

раздражительности - вплоть до сильного головокружения при резких движениях головой.

Поскольку корпус хорошо проветривается и есть вытяжная система, влияние испарений вредных веществ на человека незначительно. Но в самой аудитории(лаборатории) нет окон и вентиляции, тем самым она является вредным помещением для пайки [17].

4.1.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Уровень электромагнитных излучений при работе за персональным компьютером является вредным фактором производственной среды, величины параметров которого определяются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Основными источниками электромагнитных излучений в производственных помещениях, являются компьютеры и мобильные устройств, сеть, электропроводки, системные блоки, блоки питания.

- Излучения можно разделить на следующие классы:
- Переменные электрические поля (5 Гц – 400 кГц);
- Переменные магнитные поля (5 Гц – 400 кГц).

Воздействие данных излучений на организм человека носит необратимый характер и зависит от напряженности полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения нервной системы и другие заболевания. В таблице 4.5 приведены допустимые уровни параметров электромагнитных полей

Таблица 4.5 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых техникой на рабочих местах.

Наименование параметров		Допустимые значения
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

4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого изделия

Возможными опасными факторами при разработке и эксплуатации схемы управления двигателями динамической стабилометрической платформы являются поражение электрическим током и возникновение пожара. Таким образом, следует разработать ряд мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и электробезопасности [18].

4.1.2.1. Пожарная безопасность

Возникновение пожара является одним из самых опасных производственных факторов, так как пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб и часто сопровождается травмами и

несчастными случаями. Регулирование пожаробезопасности производится ФЗ от 22.07.2013 г. №123.

Причины возникновения пожара:

- короткое замыкание;
- неисправность электросетей;
- незнание правил противопожарной безопасности или небрежность обслуживающего персонала.

В связи с этим в лаборатории необходимо выполнять следующие нормы пожарной безопасности:

- для предохранения сети от перегрузок запрещается включать дополнительные не предусмотренные потребители;
- работы в лаборатории проводить только при исправном состоянии оборудования, электропроводки;
- иметь средства для тушения пожара (огнетушитель);
- иметь в наличии план эвакуации людей, который должен висеть на видном месте;
- оборудование размещать так, чтобы был достаточный проход к выходу.

Также в лаборатории запрещается:

- пользоваться открытым огнем, курить;
- производить зарядку аккумуляторных батарей;

Здание лабораторного корпуса СГМУ, в котором располагается лаборатория, соответствует требованиям пожарной безопасности [19].

4.1.2.2. Электробезопасность

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку человек имеет дело с электрооборудованием, то вопросу электробезопасности, в ходе выполнения работы, должно уделяться особое внимание. Нормы электробезопасности на

рабочем месте регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, вопросы требований к защите от поражения электрическим током освещены в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий, направленных на защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока.

Электроустановки классифицируют по напряжению – с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные) (согласно Правилам устройства электроустановок).

Для обеспечения безопасной работы необходимо исключить возможные источники поражения электрическим током:

- случайные прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- появление напряжения на механических частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т.д.) вследствие повреждения изоляции или других причин;
- возникновение напряжения на земле или опорной поверхности;

По степени опасности поражения электрическим током аудитория(лаборатория) относится к помещениям без повышенной опасности, это сухое помещение, температура воздуха нормальная.

Все электрооборудование и приборы находятся на своих местах и имеют защитное заземление с сопротивлением не более 4 Ом (ГОСТ 12.1.030-81.) Все сотрудники проходят первичный инструктаж по электробезопасности.

Перед началом работы необходимо проверить исправность токопроводящих проводов. Запрещается использовать для подключения электроприборов провода с поврежденной изоляцией или вообще без изоляции, а также провода, не снабженные штекерами или припаянными

клеммами. По окончании работы необходимо отключить оборудование от сети.

Поражение электрическим током при проведении исследования может возникнуть при неаккуратном обращении с проводами или при возникновении аварийной ситуации – замыкания токоведущих частей электрического прибора на корпус при отсутствии заземления. Допустимые уровни напряжений прикосновения и токов представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

Режим	Род тока					
	Переменный, 50 Гц			Постоянный		
	U, В	I, мА	Продолжительность, мин	U, В	I, мА	Продолжительность, мин
Нормальный	2	0,3	<10	8	1	<10

Первая помощь пострадавшему от удара электрическим током: требуется сразу же отключить ток, отсоединить (в резиновых перчатках) пострадавшего от проводов и вызвать бригаду скорой помощи. Пострадавшему, находящемуся в сознании, необходимо обеспечить покой до прихода врача.

Если пострадавший потерял сознание, дыхание присутствует, требуется расположить его на ровной поверхности, расстегнув стесняющую одежду, создать приток свежего воздуха, дать вдыхать нашатырный спирт, обрызгать водой, растереть и согреть тело.

Если дыхание судорожное, редкое, необходимо приступить к искусственному дыханию. Если пострадавший не подает признаков жизни (отсутствуют дыхание и сердцебиение), его нельзя считать умершим, требуется немедленно приступить к сердечно-легочной реанимации.

4.1.2.3. Термическая опасность

В лаборатории для проведения ряда работ используются приборы с высокой рабочей температурой, такие как паяльная станция.

Согласно ГОСТ 12.3.004-75 нагретые, в процессе обработки, детали, размещаются в местах, оборудованных вытяжной вентиляцией. При термической обработке применяются пожаробезопасные жидкости и материалы. А также все термически опасное оборудование оснащено термоизоляционными ручками и специальными местами размещения.

4.2. Экологическая безопасность

Согласно ГОСТ 17.2.1.01-76 разработка аппаратной части стабилоплатформы не наносит вред окружающей среде. Разработка проводится с помощью ПК и высокотехнологичных устройств, токсические вещества в проекте не используются, отходов не образуется. Количество вредных веществ, выделяемых при пайке, не превышает установленных норм, вещества выделяются лишь периодически, но слабо выводятся из помещения путем диффузии. Жизненный цикл динамической стабилометрической платформы 20-25 лет. Проишествия срока план утилизации таков: демонтаж платы и разборка платформы, так как она из железа. То ее нужно передать физическим или юридическим лицам, занимающиеся утилизацией металлов.

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На рабочих местах возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций техногенного характера:

- Пожары и взрывы в зданиях и на коммуникациях;

- Внезапное обрушение зданий.

Среди возможных стихийных бедствий можно выделить метеорологические (ураганы, ливни, заморозки), гидрологические (наводнения, паводки, подтопления), природные пожары.

К чрезвычайным ситуациям биолого-социального характера можно отнести эпидемии, эпизоотии, эпифитотии. Экологические чрезвычайные ситуации могут быть вызваны изменениями состояния, литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы в результате деятельности человека

4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

К общей части нормативно-правовых основ охраны труда относится: Трудовой кодекс Российской Федерации. Договорный характер труда и установления его условий. Условия работы с динамической стабилметрической платформы.

Пятидневный рабочий график с 09 00-18 00. А так же равноправие сторон трудовых договоров при их заключении и расторжении. И предоставление услуг от профкома и медицинских учреждений.

4.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Организация рабочего места заключается в обеспечении условий, исключающих утомляемость и профессиональные заболевания и выборе необходимой технической базы для обеспечения этих условий.

Помещение, в котором расположено рабочее место должно иметь большие и чистые окна. Большие окна дают необходимую освещенность на

рабочем месте с естественным дневным светом. Для обеспечения благоприятных условий микроклимата помещение должно быть оборудовано системой вентиляции.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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.

Цель исследования – определение потребности в интеллектуальных и материальных ресурсах, необходимых для проведения комплекса этих работ. Суть работы заключается в проектировании прототипа стабилметрической платформы, с целью выявления наилучших и эффективных решений усовершенствования данного аппаратно-программного комплекса.

В данном разделе необходимо определить продолжительность выполнения работ, расчет трудовых затрат на выполнение проекта. Для уменьшения затрат следует организовать эффективное производство, что невозможно без экономических обоснований всех инженерных решений.

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

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Разрабатываемое устройство предназначено для управления двигателями постоянного тока. Данная установка представляет собой неподвижную (статичную) платформу, которая снабжена схемой управления двигателями постоянного тока при помощи драйвера двигателя.

Применяется стабиллоплатформа в целях диагностики, медицинской реабилитации или тренировок. Стабилометрические платформы используются в объективной оценке состояний человека.

5.1.2. SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно - исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. С помощью него проведем анализ сильных и слабых сторон НИР, возможностей и угроз. SWOT-анализ проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. SWOT-анализ представлен НИР в приложении А.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 5.1, 5.2, 5.3, 5.4.

Таблица 5.1- Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта								
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	B1	+	0	+	+	+	-	+
	B2	+	-	+	0	+	+	+
	B3	+	-	+	+	+	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы. Можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: Возможность 1 – Сильные стороны проекта C1, C3, C4, C5, C7. Возможность 2 – C1, C3, C5, C6, C7. Возможность 3 –C1, C3,C4, C5.

Таблица 5.2- Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	0	-	0
	B2	+	+	+	+
	B3	+	+	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы. Можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: возможность 1 – слабые стороны проекта Сл1, возможность 2 – Сл1, Сл2, Сл3, возможность 3 –Сл1,Сл2.

Таблица 5.3- Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта								
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	У1	+	+	-	-	-	+	
	У2	+	0	+	0	0	-	+
	У3	+	0	+	0	0	+	+
	У4	0	0	+	0	0	0	0
	У5	+	0	+	+	0	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы. Можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: Угроза 1 – Сильные стороны проекта C1,C2, C6,C7 Угроза 2 – C1,C3, C7, Угроза 3 – C1,C3, C6, C7, Угроза 4 – C3, Угроза 5 – C1,C3,C4.

Таблица 5.4 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	0	+	+	-
	У3	+	+	+	+
	У4	-	-	+	-
	У5	-	-	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы. Можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: Угроза 1 – Слабые стороны проекта Сл1, Сл2, Сл3, Угроза 2 – Сл2, Сл3 Угроза 3 –Сл1,Сл 2, Сл3, Сл4 Угроза 4 – Сл3, Угроза 5 – Сл4.

5.1.3. 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. Результаты занесены в таблицу 5.5.

Таблица 5.5- Морфологическая матрица для комплекса по цифровой обработке сигналов.

	1	2	3
А. Источник питания	постоянный источник питания	аккумулятор	сеть
Б. Главный элемент	Интегральная схема	микропроцессор	микросхема
В. Программа для расчетов параметров	собственно разработанная	Fдав Matlab	Mathcad
Г. Инструментальный усилитель	комбинированная	зарубежная	отечественная
Д. Двигатель	Комбинированный	Зарубежный	отечественный
Е. Корпус	комбинированный	металлический	пластмассовый

В морфологической матрице указаны три вида исполнения программы по цифровой обработке сигналов.

Исполнение 1: A1B1B1Г1Д1Е1;

Исполнение 2: A2B2B2Г2Д2Е2;

Исполнение 3: A3B3B3Г3Д3Е3.

В данной научно - исследовательской работе представлено первое исполнение.

5.2. Планирование научно-исследовательских работ

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 5.6.

Таблица 5.6 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, студент

Продолжение таблицы 5.6

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	3	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент
	4	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	5	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Выбор и обоснование наиболее подходящей и перспективной методики	Студент
	7	Определение блоков модернизации прибора	Научный руководитель, студент
	8	Выбор структурной схемы	Студент
	9	Выбор принципиальной схемы	Студент
Обобщение и оценка результатов	10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Научный руководитель, студент
	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Работа над выводами по проекту	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки к работе	Студент

5.2.1. Определение трудоемкости выполнения работ

Определим продолжительность работ на каждом этапе проектирования. Продолжительность работ определяется по следующей формуле.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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.

В данном дипломном проекте трудоемкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют инженер и научный руководитель. Исходя, из полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (2)$$

где

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

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

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

5.2.2. 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

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

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2015 год, количество календарных дней составляет 365 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных – 104 дней, а количество предпраздничных дней – 14, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \quad (5)$$

$$k_{\text{кал}} = 1,48.$$

Все полученные значения заносим в таблицу 5.7 (Приложение Б).

После заполнения таблицы, строим календарный план-график (Приложение В). График строится для, максимального по длительности, исполнения работы в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

5.2.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

5.2.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (6)$$

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.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15 – 25% от стоимости материалов. Материальные затраты представлены в таблице

Таблица 5.8 - Материальные затраты.

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z _м),		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Операционный усилитель	шт	1	1	1	4	4	3	4800	4800	3600
Интернет	Безлимит	1	1	1	300	300	300	345	345	345
Ручка	шт.	1	1	1	18	18	18	21	21	21

Продолжение таблицы 5.8

Тетрадь	шт.	1	1	1	40	40	40	50	50	50
Двигатель	шт.	2	2	2	180	1850	1900	3600	3700	3800
Плата МС33886	шт.	1	1	1	930	930	930	930	930	930
Электроэнергия	кВт/час	25	30	38	3	3	3	77,5	93	118
Итого								9823	9939	10064

5.2.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Согласно исследованию, приведенному в данной работе, затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

5.2.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно 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.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 6);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года ($M=10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 48 раб.дня);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб.дн. Баланс рабочего времени представлен в таблице 5.9.

Таблица 5.9 - Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней – выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезням	32	32
Действительный годовой фонд рабочего времени	216	216

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} (1 + k_{пр} + k_d) k_p, \quad (10)$$

где Z_{tc} - заработная плата по тарифной ставке, руб;

$k_{пр}$ - премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

k_d - коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от Z_{tc});

k_p - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 - Расчет основной заработной платы.

Исполнители	Z_{tc} , руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m ,руб	$Z_{дн}$,руб	T_p , раб.дн	$Z_{осн}$,руб
Руководитель	27 484	0,3	0,2	1,3	53594	2568,6	84,5	6,176
Студент	6976,2	0,3	0,2	1,3	13604	652,0	84,5	115,23 3
Итого, руб								121,39 9

5.2.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (11)$$

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

5.2.3.5. 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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), (12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – 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 – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	217063	217063	217063	26047,6	26047,6	26047,6
Студент - дипломник	55097	55097	55097	6611,6	6611,6	6611,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	80106					
Исполнение 2	80106					
Исполнение 3	80106					

5.2.3.6. Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

при первом исполнении $Z_{\text{накл}} = 103291 \cdot 0,16 = 16526,6$ руб.

при втором исполнении $Z_{\text{накл}} = 98881,5 \cdot 0,16 = 15821,04$ руб.

при третьем исполнении $Z_{\text{накл}} = 114526,5 \cdot 0,16 = 18324,24$ руб.

5.2.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 5.12 - Расчет бюджета затрат НИИ.

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	9823,5	9939	10064	Пункт 1.3.0
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	-	-	Пункт 1.3.1
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	21000	22000	23000	Пункт 1.3.2
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9900	9885	11520	Пункт 1.3.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	80106	80106	80106	Пункт 1.3.4
6. Накладные расходы	16526,6	15821,04	18324,24	Пункт 1.3.5
7. Бюджет затрат НИИ	137681,1	136221,04	139528,24	Пункт 1.3.6

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель *разработки* определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимости-го варианта исполнения;

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

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 5.13.

Таблица 5.13 -Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	3	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	4	4
5. Надежность	0,25	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	29	23	24

$$I_{p-исп1} = 4,8; \quad (16)$$

$$I_{p-исп2} = 3,8; \quad (17)$$

$$I_{p-исп3} = 3,95. \quad (18)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p1}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} \quad (19)$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p2}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп2}}} \text{ и т.д.} \quad (20)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}} \quad (21)$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 5.14.

Таблица 5.14 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки $I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}}$	0,89	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки (I_{p_i})	4,8	3,8	3,98
3	Интегральный показатель эффективности ($I_{\text{исп}}$)	5,39	3,8	3,98
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$)	1,4 1,35	0,7 0,9	0,7 1,1

Проведя сравнение значений интегральных показателей эффективности, можно выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Таким вариантом исполнения является первый вариант.

5.2.3.9. Организационная структура проекта

Реализация проекта полностью возложена на исполнителя, при должном консультировании от руководителя. Основные части работы: проектирование, разработка, сборка, эксперимент. Организационная структура проекта представлена на рисунке 5.1.

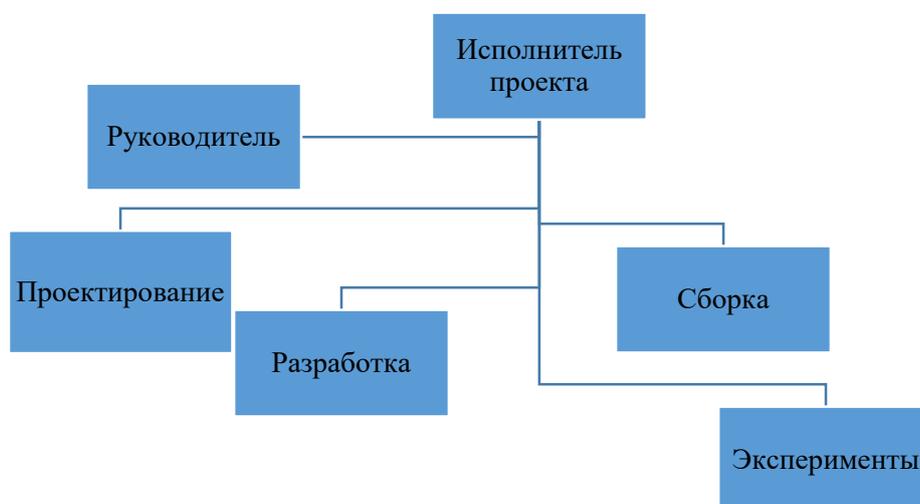


Рисунок 5.1- Организационная структура проекта

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе были выполнены все поставленные задачи, а именно: проведен обзор стабилметрических методов и анализ комплекса технических средств для проведения динамического стабилметрического исследования, разработана структурная схема аппаратной части динамической стабилметрической платформы, а также выбрана и рассчитана схема управления двигателями постоянного тока. Расчёты показали, что, выбранный драйвер двигателей двухканальный собранный на основе двух МКVNH2SP30 полностью удовлетворяет техническим требованиям для управления двумя актуаторами ZT – HAD1 одновременно и независимо друг от друга. В дальнейшем планирует улучшать конструкцию схемы управления аппаратной части динамической стабилплатформы. В итоге, можно сказать, что цели выпускной квалификационной работы были полностью достигнуты.

Список использованных источников

1. Покровский В. М., Коротько Г. Ф. Физиология человека: учебник. М.: Медицина, 2003. – 448 с.
2. Кубряк О.В., Гроховский С.С. Изменения параметров вертикальной позы при демонстрации разных изображений // Физиология человека. 2015. Т.41 № 2. С. 60-64.
3. Скворцов Д. В. Стабилометрическое исследование: краткое руководство. М.: Маска, 2010. 172 – с.
4. Нарушение координации движения [Электронный ресурс]// Медицинский портал. URL: <http://dr20.ru/health/narushenie-koordinacii/> (Дата обращения: 24.05.2018).
5. Гроховский С.С., Кубряк О.В. Метрологическое обеспечение стабилометрических исследований // Медицинская техника. 2014. № 4. С. 22-24.
6. Кубряк О.В., Гроховский С.С. Практическая стабилометрия. Статические двигательнo-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции. М.: Маска, 2012 . – 88 с.
7. Н.Е. Мясникова, Г.М. Проскуряков Медико-биологические основы работы стабилометрических платформ // Анализ, синтез и управление в сложных системах: Сборник научных трудов. - Саратовский государственный технический университет, 2009. С. 15-24
8. Стабилометрические платформы [Электронный ресурс]// Электронные средства измерений БиоМера URL: <https://www.biomera.ru>(Дата обращения: 24.04.2018).
9. Стабилоплатформа Sigma с нестабильной основой [Электронный ресурс]// Медицинское оборудование «Октопус» - официальный сайт URL: https://octomed.ru/details/stabilometricheskaya_platforma_Sigma/(Дата обращения: 17.03.2018).

10. Система стабилотрии COBS [Электронный ресурс]// AcInternationalEast – сайт производителя URL: <https://ac-international-east.upacom.ru>(Дата обращения: 19.04.2018)

11. Гидравлический привод и средства автоматки [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. Я. Свербилов, В. Н. Илюхин, В. Н. Решетов, Д. М. Стадник; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара, 2011.

12. Подбор актуатора линейного привода [Электронный ресурс]// Линейные актуаторы, линейные приводы URL:http://www.aktuator.ru/podbor/?_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTsyMDk3NTI0NTsyNzAzMTIzMzgyO3lhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt(Дата обращения: 20.05.2018).

13. Навороцкий К.Л. Теория и проектирование гидро и пневмоприводов: учебник для студентов вузов. М: Машиностроение, 199. – 28 с.

14. Драйверы от TI: Управляй любым электродвигателем [Электронный ресурс]// электронные компоненты и модули Компел URL:<https://www.compel.ru/lib/ne/2016/5/4-drayveryi-ot-ti-upravlyay-lyubyim-elektrodivigatelem>(Дата обращения: 25.04.2018).

15. Драйвер моторов двухканальный на VNH2SP30 (RKP-MD-VNH2SP30) [Электронный ресурс]// Робототехника и мехатроника URL:http://robot-kit.ru/product_info.php/info/p1791_Draiver-motorov-dvuhkanalny-na-VNH2SP30--RKP-MD-VNH2SP30-.html(Дата обращения: 18.03.2018).

16. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. М.: Стандартиформ, 2007. – 7 с.

17. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

18. СП 52.13330.2011 «Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*». М: Минрегион России, 2011.

19. ГОСТ 12.1.038 – 82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)». М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

Приложение А - SWOT- анализ НИР

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>С1. Малая конкуренция на отечественном рынке</p> <p>С2. Высокая точность визуализации.</p> <p>С3. Широкая область применения.</p> <p>С4. Удобство эксплуатации.</p> <p>С5. Невосприимчивость к изменениям окружающей среды.</p> <p>С6. Более устойчивая система к ошибкам оператора (человека).</p> <p>С7. Автоматическое управление.</p>	<p>Сл1. Необходима точная калибровка пьезодатчиков.</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей и квалифицированных кадров.</p> <p>Сл3. Сложность организации процесса массового производства</p> <p>Сл4. Зависимость от иностранного производителя элементной базы</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование проекта в смежных целях.</p> <p>В2. Повышение стоимости разработки.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p>Сильные стороны и возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Малая конкуренция на отечественном рынке 2. Широкая область применения. 3. Невосприимчивость к изменениям окружающей среды. 	<p>Слабые стороны и возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Необходима точная калибровка пьезоэлемента.
Угрозы:	Сильные стороны и угрозы:	Слабые стороны и

<p>У1. Отсутствие спроса на технологии производства.</p> <p>У2. Несвоевременное финансирование проекта.</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований и сертификации продукции.</p> <p>У4. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У5. Изменение в таможенной политике</p>	<p>1. Широкая область применения.</p> <p>2. Удобство применения способствует расширению спроса.</p>	<p>угрозы:</p> <p>1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.</p> <p>2. Зависимость от иностранного производителя элементной базы</p>
--	---	--

Приложение Б- Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календар-ных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож}$, чел-дни				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3							
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	4	4	4	2	2	2	Научный руководитель	3	3	3	4	4	4
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	1	1	4	4	4	2	2	2	Научный руководитель, студент	1	1	1	2	2	2
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	1	1	1	2	2	2	1	1	1	Студент	1	1	1	2	2	2
Подбор литературы по тематике работы	4	4	4	10	10	10	7	7	7	Студент	6	6	6	8	8	8
Сбор материалов и анализ существующих разработок	3	3	3	7	7	7	5	5	5	Студент	5	5	5	7	7	7
Выбор и обоснование наиболее подходящей и перспективной методики	2	2	2	6	6	6	4	4	4	Студент	3	3	3	4	4	4
Определение блоков модернизации прибора	2	2	2	4	4	4	3	3	3	Научный руководитель, студент	1	1	1	2	2	2
Выбор структурной схемы	2	2	2	7	7	7	4	4	4	Студент	4	4	4	6	6	6
Выбор принципиальной схемы	2	2	2	6	6	6	4	4	4	Студент	4	4	4	6	6	6
Согласование полученных данных с научным руководителем	2	2	2	3	3	3	2,5	2,5	2,5	Научный руководитель, студент	1	1	1	2	2	2
Оценка эффективности полученных результатов	1	1	1	3	3	3	2	2	2	Студент	2	2	2	3	3	3
Работа над выводами по проекту	1	1	1	2	2	2	1,5	1,5	1,5	Научный руководитель, студент	1	1	1	1,5	1,5	1,5
Составление пояснительной записки к работе	10	10	10	20	20	20	16	16	16	Студент	16	16	16	20	20	20

Приложение В – Календарный план- график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель	4	■												
2	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, студент	2	■												
3	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Студент	2	■	■											
4	Подбор литературы по тематике работы	Студент	8		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент	7			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Выбор и обоснование наиболее подходящей и перспективной методики	Студент	4				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Определение блоков модернизации прибора	Научный руководитель, студент	2				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Выбор структурной схемы	Студент	6					■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Выбор принципиальной схемы	Студент	6						■	■	■	■	■	■	■	■
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Научный руководитель, студент	2							■	■	■	■	■	■	■
11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	3								■	■	■	■	■	■
12	Работа над выводами по проекту	Научный руководитель, студент	1.5									■	■	■	■	■
13	Составление пояснительной записки к работе	Студент	20										■	■	■	■

■ – студент; ■■■■ – научный руководитель.