

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

Институт Неразрушающего Контроля
Направление подготовки – 12.04.04. Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Интеграция стабилometrics с безмаркерным захватом движения.

УДК 616.28-008.5-047.37:004.4'275

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Ханахмедова Гюнель Бахтияр кызы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фокин А.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Губарев Ф.А.	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2017 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ51	Ханахмедовой Гюнель Бахтияр кызы

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Промышленной и медицинской электроники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):	Затраты на выполнение НИИР включают в себя затраты на сырье, материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, основную и дополнительную заработную плату исполнителей, отчисления на социальные нужды, накладные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	НИИР выполнялась в соответствии со стандартной системой налогообложения, отчислений, кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Предпроектный анализ	Определение потенциальных потребителей результатов исследования и анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. Инициация проекта	Информация о заинтересованных сторонах проекта, цели и ожидаемые результаты НИИР, трудозатраты и функции исполнителей проекта
3. Планирование управления научно-техническим проектом	Составление перечня этапов и работ по выполнению НИИР, составление калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов
4. Оценка сравнительной эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя эффективности НИИР, за счёт определения его основных составляющих: финансовой эффективности и ресурсоэффективности

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка
2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
3. График проведения и бюджет НИИ
4. Календарный план проекта
5. Длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе (диаграмма Ганта)
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова Кристина Алексеевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Ханахмедова Гюнель Бахтияр кызы		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ51	Ханахмедовой Гюнель Бахтияр кызы

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Промышленной и медицинской электроники
Уровень образования	магистратура	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	1. В ходе выпускной квалификационной работы разрабатывается устройство для стабилметрических измерений, с целью последующего применения в медицинских учреждениях и оздоровительных центрах.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p><i>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</i></p> <p><i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата производственных помещений; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Монотонный режим работы – Повышенный уровень шума – Повышенный уровень электромагнитных излучений; – Анализ выявленных опасных факторов: – Электрический ток.
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС на объекте: пожар, обрушение здания. – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны; – техника безопасности.

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
1ДМ51	Ханахмедова Гюнель Бахтияр кызы		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять глубокие специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в инновационной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной биомедицинской и экологической техники	Требования ФГОС (ОК-2, ОПК-2) ¹ , Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа и синтеза с использованием специальных знаний, современных аналитических методов и моделей	Требования ФГОС (ОПК-1, 3; ПК- 1 – 4), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Выбирать и использовать необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения инновационной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений	Требования ФГОС (ОК-9, ПК-10, 14, 18). Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники конкурентоспособной на мировом рынке	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ПК-5 – 11, 14), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением глубоких специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов в сложных и неопределенных условиях	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ОПК-5, ПК-1 – 4). Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.2, 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере	Требования ФГОС (ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.6), согласованный с

	биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать глубокие знания в области проектного менеджмента для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-14, 15). Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем активно осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении инновационных инженерных задач	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-3; ПК-3, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности	Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Демонстрировать глубокие знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности	Критерий 5 АИОР (п. 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-2, 4; ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п.5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки – Биотехнические системы и технологии
 Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ (Дата) Ф.А. Губарев

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ51	Ханахмедовой Гюнель Бахтияр кызы

Тема работы:

Интеграция стабилотрии с безмаркерным захватом движения	
Утверждена приказом директора ИНК (дата, номер)	№ 2943/с от 15.04.2016 г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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>Объект исследования –стабилотрическая платформа для исследований нарушения равновесия человека</p> <p>Система управления должна обеспечивать возможность управления траекторией движения платформы в реальном времени с персонального компьютера по заданному алгоритму.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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.Провести обзор механизмов управления стабилотрической платформой, 2.Разработать структурную и принципиальную схему системы управления стабилотрической платформой, 3. Реализовать экспериментальный образец системы управления стабилотрической платформой, 4.Разработать алгоритм работы системы обмена данными и передачи управляющих команд.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Баннова Кристина Алексеевна	
Иностранный язык	Ермакова Янина Викторовна	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Теоретические основы стабилотрии		

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Фокин А.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Ханахмедова Гюнель Бахтияр кызы		

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
 Уровень образования магистратура
 Кафедра промышленной и медицинской электроники
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2017 учебного года

Форма представления работы:
 Магистерская диссертация

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2017	<i>Литературный обзор</i>	
11.02.2017	<i>Установка конструкции</i>	
21.02.2017	<i>Механизм управления стабиллоплатформой</i>	
16.03.2017	<i>Разработка драйвера двигателя</i>	
08.04.2017	<i>Изготовление печатной платы для управления</i>	
25.04.2017	<i>Проведение эксперимента</i>	
08.05.2017	<i>Обработка результатов с последующими выводами</i>	
15.05.2017	<i>Промежуточная проверка</i>	
01.06.2017	<i>Сдача чернового варианта ВКР</i>	
11.06.2017	<i>Сдача готового варианта ВКР</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПМЭ	А.В. Фокин	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 116 с., 21 рис., 39 табл., 42 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: стабилметрия, основная стойка, стабилметрическая платформа, электромеханический привод, система управления, угол наклона.

Объектом исследования является стабилметрическая платформа.

Цель работы – Разработка системы управления динамической стабилметрической платформой.

В процессе исследования проводилась разработка стабилметрической платформы: усовершенствование конструкции и элементной базы управления.

В результате исследования была реализована схема управления стабилметрической платформой и обеспечения системы обмена данными и передачей управляющих команд.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: вес, размеры, скорость, угол наклона.

Экономическая эффективность/значимость работы: С точки зрения экономики проект является эффективным, т.к. является высокоинформативным методом диагностики равновесия человека.

В будущем планируется расширить возможности стабилметрической платформы, с помощью разработки приложений для реабилитации пациентов.

Определения, обозначения, сокращения

ЦД – центр давлений

ОЦМ – общий центр масс

ТПС – таранно-пяточный сустав

ГСС – голеностопный сустав

ШВП – шариковинтовая передача

стабилометрия: Метод исследования функций организма, связанных с поддержанием равновесия

проприорецептивная система – это группа сигналов, посылаемых в центральную нервную систему специальными терминалами, расположенными в суставных капсулах, связках, сухожилиях и мышцах.

экстерорецептивные ощущения – ощущения, возникающие при воздействии на рецепторы, расположенные на поверхности тела.

акселерометр – устройство для определения угла наклона

сагиттальная плоскость – вертикальная плоскость, которая делит объект на левую и правую часть

актуатор – универсальное исполнительное устройство (привод, электропривод) с мотором или без мотора (электромеханическое или механическое), управляемое с помощью устройства управления.

Оглавление

Введение	14
1 Теоретические основы стабилотрии	16
1.1 Физиология баланса в основной стойке	16
1.2 Нейрофизиология баланса	25
1.3 Системы участвующие в поддержании баланса	25
1.4 Роль функциональных структур участвующих в поддержании баланса	26
1.4.1 Влияние зрительного анализатора	26
1.4.2 Вестибулярная система	26
1.4.3 Проприорецептивная и экстерорецептивная системы	27
1.4.4 Скелетно – мышечная система.....	27
1.4.5 Центральная нервная система	28
1.4.6 Антропометрические факторы	29
1.4.7 Возраст, конструкция и пол.....	30
1.5 Ограничения при проведении диагностики и реабилитации методом стабилотрии	31
2 Структурная схема устройства.....	33
2.1 Интеграция платформы в виртуальной реальности	34
3 Механизм управления стабилотрической платформой	35
4 Платформа для стабилотрических исследований	40
4.1 Управление положением стабилотрической платформы.....	41
4.2 Система обмена данными и передачи управляющих команд	46
5.1 Предпроектный анализ.....	48
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	48
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	49
5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	51
5.2 Инициация проекта.....	63
5.2.1 Цели и результаты проекта.....	63
5.2.2 Организационная структура проекта	64
5.2.3 Ограничения и допущения проекта	64
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом	65
5.3.1 План проекта	65
5.3.2 Бюджет научного исследования.....	68
5.4 Оценка сравнительной эффективности исследования	73
6 Социальная ответственность.....	76
Введение.....	76
6.1 Производственная безопасность	76

6.1.1 Вредные производственные факторы.....	77
6.1.1.1 Отклонение показателей микроклимата.....	77
6.1.1.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте	82
6.2.2 Опасные производственные факторы.....	84
6.2.3 Мероприятия и рекомендации по устранению и минимизации.....	85
6.3 Экологическая безопасность	87
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	90
6.5.1 Правовые нормы трудового законодательства для рабочей зоны	90
6.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	92
Заключение.....	95
Список использованных источников	96
Список публикаций	97
Приложение А.....	102

Введение

Актуальность работы: Стабилометрия – это метод инструментальной, объективной диагностики нарушения равновесия у людей. Удержание равновесия является одним из самых важных способностей человека, которое позволяет говорить о качестве жизни в целом, потому что способность поддерживать равновесие означает способность человека быть автономным, обходиться без посторонней помощи. Удержание баланса способствует минимизации риска падения, отсутствие страха потерять контроль над своим телом во время движения.

Метод стабилометрии 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 стабилометрии. 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 заняться реабилитацией пациента, то есть проведением специальных процедур, которые позволят обучиться удерживать равновесие тела под контролем зрения. При диагностике, реабилитации метод стабилометрии является безальтернативным и не имеющим аналога.

Цель работы: Цель работы – разработка системы управления динамической стабилометрической платформой.

Задачами работы являются:

1. Провести обзор механизмов управления стабилометрической платформой,

2. Разработать структурную и принципиальную схему системы управления стабилметрической платформой,

3. Реализовать экспериментальный образец системы управления стабилметрической платформой,

4. Разработать алгоритм работы системы обмена данными и передачи управляющих команд.

1 Теоретические основы стабилometrics

1.1 Физиология баланса в основной стойке

Баланс тела в положении стоя представляет собой процесс, в регуляции которого принимают участия функциональные системы организма, такие как центральная, периферическая, опорно-двигательная нервная система, вестибулярный аппарат. Также основную нагрузку на баланс оказывает проприорецептивная и зрительная система. Исследования баланса тела в положении стоя позволяет получить информацию о функциональном состоянии систем организма.

Рассмотрим идеальный случай нейтрального положения суставов. Он представляет собой вектор веса тела, который проходит через центр суставов. Линия вектор тела начинает свою траекторию, проходя через центр головы, далее отклоняясь на один сантиметр, проходит вперед от четвертого поясничного позвонка тела, опускается через тазобедренный сустав, затем проходит спереди коленного сустава и располагается на плоскость опоры на четыре - пять сантиметров от линии внутренних лодыжек (рисунок 1).

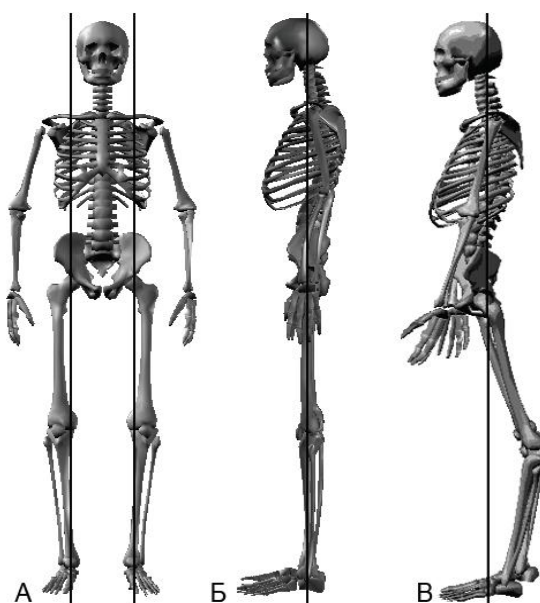


Рисунок – 1 Положение суставов нижних конечностей: А – нейтральное во фронтальной, Б – в сагиттальной плоскостях, В – реальное нейтральное положение

При исследовании центрального (измеряется остротой зрения) и периферического (определяется полем) зрения было выявлено различное влияния этих составляющих на сохранение баланса. Во фронтальной плоскости влияние при контроле движения оказывает центральное зрение, в случае, когда соматовисцеральная информация недостаточна. В сагиттальной плоскости немалое влияние на контроль колебания оказывает периферическое зрение.

У здорового человека положение центр давлений имеет определенное расположение. На рисунке 2 представлена позиция соответствующая идеальному положению центра давлений в норме. Есть такое понятие, как запас устойчивости, которое характерно для механической системы. Запас устойчивости показывает насколько велика возможность баланса относительно среднего положения центра давления. При положении человека стойкоопорная поверхность, используемая для баланса, формируется пяточными бугорками и головками плюневых костей[1].

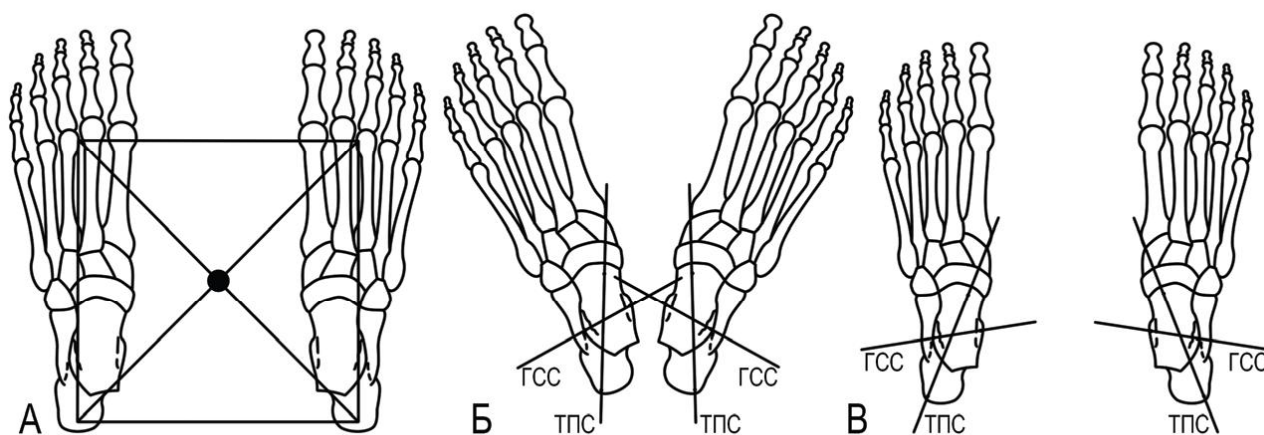


Рисунок – 2 А – идеальное положение центра давлений в норме,
Б – положение осей движений в ГСС и ТПС суставах в европейской установке
обследуемого, В – положение осей ГСС и ТПС суставов при американской
установке

В положении, когда центр давлений удален от краев опорной поверхности, запас устойчивости максимален. При исследовании здоровых людей регистрируется именно это положение. Причем независимо от

положения стоп относительно друг друга, ЦД остается неизменным. У здорового человека среднее положение ЦД располагается на расстоянии 45.5 миллиметра от линии голеностопных суставов [2]. Для клинических исследований информация расположения центра давления является базовой, так как изменение положения от нормы повлечет изменения других характеристик.

Существует два основных подхода установки пациента на стабилметрическую платформу:

- 1) Европейское положение стоп, при котором человек располагает пятки стоп вместе, а носки при этом смотрят в разные углы (рисунок 2 Б).
- 2) Американское положение стоп, при этом стопы располагаются параллельно друг другу на небольшом расстоянии (рисунок 2 В)

Европейское расположение стоп удобно для пациента, но при этом суставы находятся в сложном взаиморасположении. Достоинством данного подхода является то, что оси *articulatio subtalaris* (подтаранный сустав образован задней таранной суставной поверхностью пяточной кости и задней пяточной суставной поверхностью таранной кости) параллельны и направление их ориентировано строго в сагиттальной плоскости. Контроль баланса во фронтальной плоскости зависит только от работы данных суставов [2].

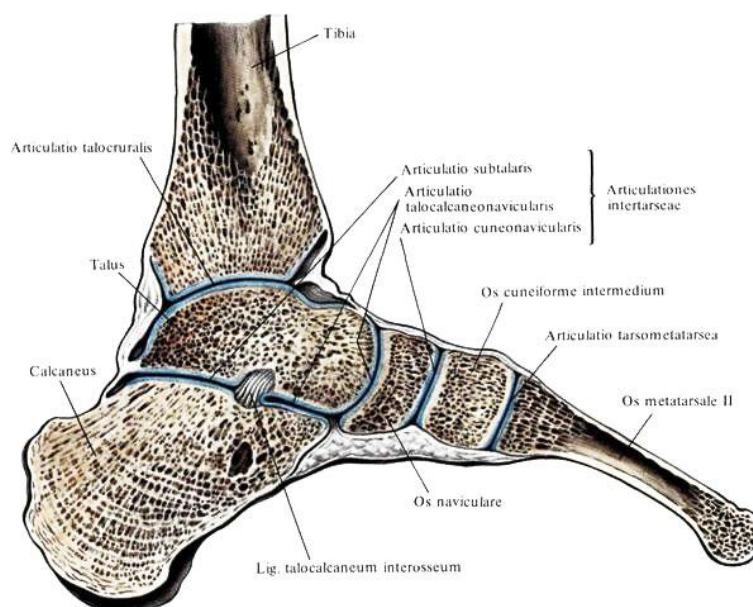


Рисунок –3 Суставы и связки правой ноги

Американский подход является более распространенным при стабилметрических исследованиях. Однако параллельное положение стоп относительно друг друга неудобно для большинства исследуемых, в силу того, что не воспринимается организмом как естественное. Только люди, занимающиеся различными видами восточных боевых искусств, воспринимают такую постановку стоп без затруднений.

Рассмотрим вертикальное положение тела человека через модель, состоящую из кинематических цепей. Основные плоскости, в которых происходят колебания, как уже ранее упоминалось, – это фронтальная и сагиттальная. В отличие от фронтальной плоскости, сагиттальная плоскость в норме имеет наибольшую амплитуду колебаний центра давлений. Д.В. Скворцов в своих научных работах представил кинематическую модель человека в положении стойка как перевернутый маятник, ось вращения которого в голеностопных суставах. Для нормальной стойки движения в голеностопных суставах являются балансирующими [3].

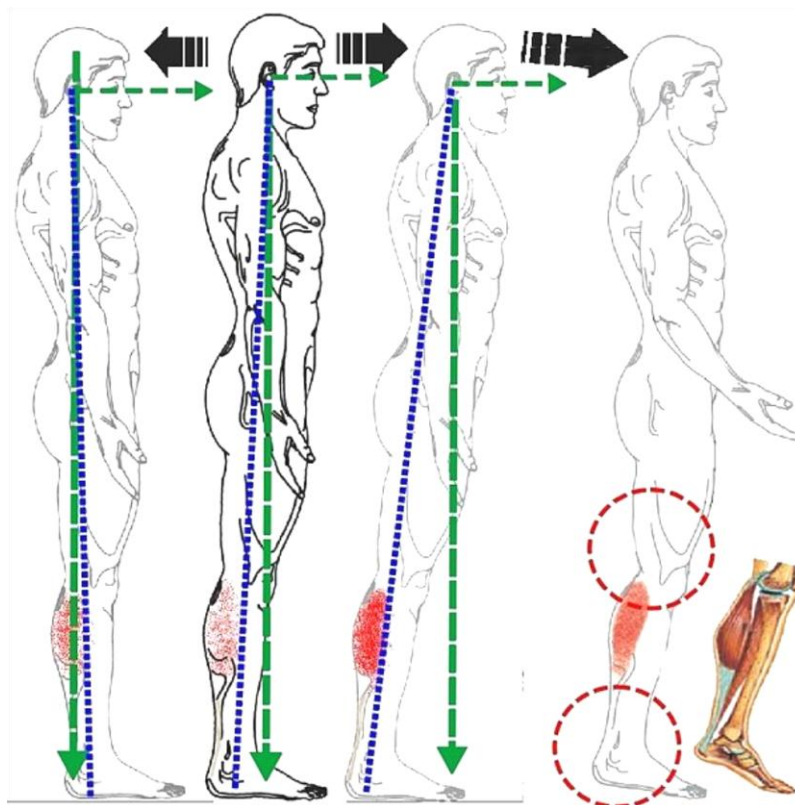


Рисунок – 4 Модель тела человека в виде перевернутого маятника

Если считать механический маятник идеальным случаем, то на колебания оказывает влияние длина плеча маятника. Следовательно, чем длинна меньше, тем частота колебаний маятника больше.

У здорового человека, тело которого имеет позицию стойка, коленные и тазобедренные суставы находятся в положении пассивного замыкания и поддержание этого положения не требует энергии. В удержании баланса не участвует туловище человека. Следовательно, балансировочные действия возможны только в голеностопных суставах. За контроль голеностопных суставов отвечают в основном две мышцы: трехглавая и большеберцовая мышцы голени.

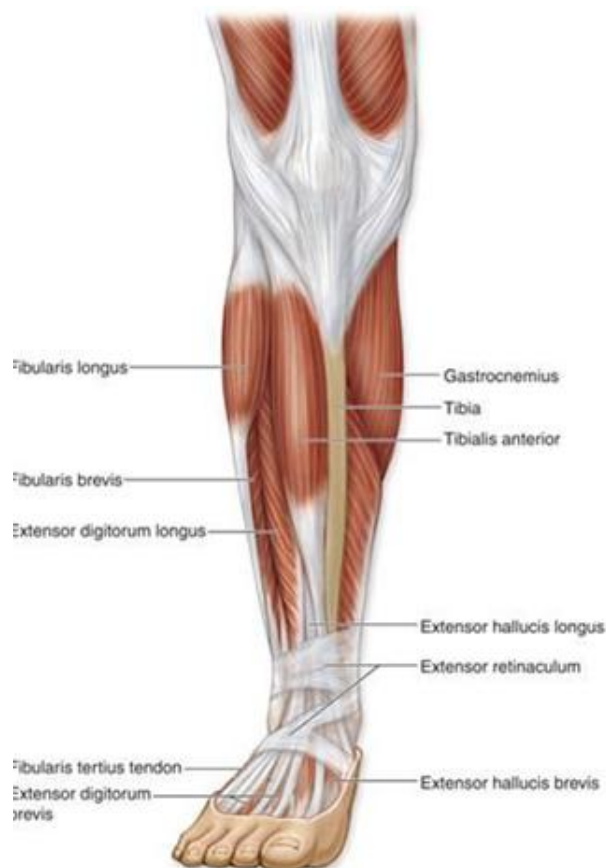


Рисунок – 5 Трехглавая и большеберцовая мышцы голени

Центр тяжести тела человека располагается спереди мыса таза. Ось проекции проходит спереди впереди коленного и голеностопного сустава и позади суставов бедра. Тазобедренные суставы замкнуты Бертиниевой связкой и сохраняют свое положение без затраты энергии. Наружный момент силы стремится разъединить тазобедренные суставы, но благодаря физиологии это не происходит. Наружный вращающий момент сил так же оказывает влияние на суставы в коленях. В суставах удержание происходит пассивным натяжением связок задней поверхности сустава и суставной капсулой. Наружный вращающий момент стремится согнуть голеностопные суставы. При балансирующих движениях голеностопного сустава возможно только активное замыкание под действием трехглавой мышцы голени. Данная мышца осуществляет силовую работу, а коррекционную – передняя большеберцовая мышца. Трехглавая мышца состоит из двух икроножных и камбаловидной мышцы. Икроножные мышцы работают на сгибание и разгибания

голеностопного сустава. Камбаловидная мышца отвечает за контроль баланса. В виду такой анатомической и физиологической особенности при поддержании баланса выявили стратегию под названием голеностопная стратегия [4].



Рисунок – 6 Составляющие трехглавой мышцы

Исследователями была обнаружена патологическая тазобедренная стратегия в сагиттальной плоскости. Такой тип стратегии представляет собой поддержание баланса резким движением в тазобедренных суставах [4].

Одной из значимых величин при стабилметрических исследований является расстояние между стопами, получившее название - база опоры. Изменения величины базы опоры способствует уменьшению или увеличению способности сохранить баланс. Широкое расстояние между стопами удерживает тело в наибольшей стабильности и образует геометрическую фигуру в виде трапеции (рисунок 7 Б). Узкая база опоры затрудняет удержание баланса. Уменьшение стабильности поддержания баланса при малом расстоянии между стоп было отмечено многими исследователями. Британскими учеными было обнаружено увеличение баланса стабильности тела при увеличении величины базы опоры, но только во фронтальной плоскости.

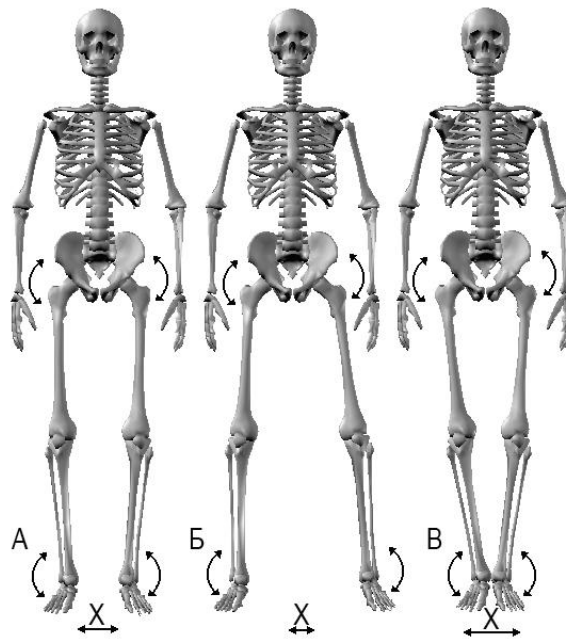


Рисунок – 7 Положение стоп: А – нормальное, Б – более устойчивое, В – менее устойчивое

Когда база опоры достигает значения 16 сантиметров и выше вертикальное положение человека становится максимально стабильным. Данные были получены при исследовании взаимоотношения между значением опоры базы и изменением положения центра давлений. В сагиттальной плоскости перемещение ОЦМ изменяется в отношении 1:1, а во фронтальной при увеличении нагрузки на одну из ног на пятьдесят процентов изменяет положения центра давлений на двадцать пять процентов расстояния между центрами стоп [5].

Контроль баланса в положении стойка отличается от состояния при ходьбе. Перемещение ЦД в позиции стойка имеет площадь около ста квадратных миллиметров (один квадратный сантиметр). Система при этом реагирует даже на минимальные внутренние и внешние воздействия – эта система имеет название тонкого контроля баланса вертикальной стойки.

Влияние на отклонения центра давлений оказывает не только импульсы от трехглавой мышцы голени, но сердечная деятельность (с медленной частотой колебаний – раз в минуту). Также в ходе исследований было

обнаружено влияние на девиацию ЦД зубочелюстной системы, так как системе свойственны изменения тонуса мышц. Эта особенность применяется в стоматологической практике для обнаружения скрытых дефектов протезирования. Еще одной выявленной особенностью в ходе исследований явилось уменьшение ЦД, при отсутствии мыслительной нагрузки [3].

Ученый С. Мори предложил поделить на три группы механизмы поддержания и управления баланса: стратегии, рефлексы и синергии. Тип стратегии представляет собой выполнение сложных движений осознано либо бессознательно, что позволяет получить необходимые результаты для исследований. Понятие рефлекса определяет автоматические ответы нервной системы при неизменных условиях. А тип синергии – это движения, которые близки по кинематическим характеристикам [6].

Денискиной Н.В. в ходе исследований пришла к выводу, что за поддержания баланса во фронтальной плоскости отвечают мышцы бедра [7].

Проведя ряд экспериментов учеными из Канады, Швейцарии и Нидерландов по исследованию баланса в положении стойка при изменении положения опоры предположили, что весомое влияние на управления баланса оказывают рецепторы бедра и туловища, а не нижние конечности. То есть если говорить об иерархии рецепторов, оказывающих влияние на коррекцию баланса, то она будет выглядеть следующим образом: проприорецепция бедра, всей нижней конечности и вестибулярная. Для исследований изменений проприорецептивного чувства используют модуляцию проприорецепторов с помощью вибраторов. Японскими исследователями проводились эксперименты, в которых использовали вибратор с частотой в 100Гц и воздействовали им на ахиллово сухожилие. И вот какие выводы были сделаны: как при открытых, так и при закрытых глазах девиация центра давлений возрастает, при этом частотный максимум спектра не снижается. При исследованиях можно применить более радикальный способ – обеспечить вибрацию всей платформы, при этом девиация центра давлений также

возрастает. Такое же влияние на баланс оказывает и гальваническая стимуляция вестибулярного нерва.

1.2 Нейрофизиология баланса

Постурология – это довольно молодая область, которая занимается изучением положения тела человека в трех плоскостях. Эта система отвечает за такие функции как поддержания баланса в основной стойке, адаптационные возможности при изменяющихся условиях, обеспечивает генерацию мышечного ответа на всевозможные виды движения человека.

Нормальный баланс в основной стойке обеспечивается, как уже ранее говорилось, напряжением камбаловидных мышц. Здоровый человек, находясь в положении основной стойки, имеет возможность изменять положение центра давлений в пределах площади опоры. За контроль при влиянии на человека внешних изменений, которые способствуют нарушению баланса, отвечают три двигательные системы: промежуточный рефлекс натяжения, роль которого заключается в восстановлении баланса, посредством быстрого мышечного ответа; проприорецептивные рецепторы мышц и сухожилия, которые с помощью афферентных импульсов распознают отклонения; вестибулоспинальные рефлекс, отвечающие за передачу автоматических реакций.

Существуют три основных стратегии поддержания баланса

- 1) голеностопная;
- 2) тазобедренная;
- 3) сторонний шаг в направлении движения центра давления[3].

1.3 Системы организма участвующие в поддержании баланса

Процесс поддержания баланса задействует такие системы, как:

* Центральная нервная система включает рефлексы натяжения длиннопетлевые;

* Опорно-двигательная система задействует мышцы шеи, туловища и мышцы нижней и верхней конечности.

* Сенсорная система состоит из вестибулярной системы, зрительной, проприорецептивной и чувствительных рецепторов кожи. Система носит информативный характер о положении тела человека в пространстве. С помощью афферентных путей информация от рецепторов передается центральной нервной системе. Сенсорные рецепторы преобразуют энергию разных форм.

Перечисленные системы очень важны в процессе поддержания положения стойка.

1.4 Роль функциональных структур участвующих в поддержании баланса

1.4.1 Влияние зрительного анализатора

Роль зрения в поддержании баланса значительна, но возможно компенсировать ее за счет других сенсорных систем. При поструральном контроле эффективность зрения зависит от таких параметров, как визуальный контраст, визуальная активность освещенность помещения. Наилучшим условием для визуального восприятия является расстояние до видимых ориентиров до двух метров. Эту информацию можно использовать для исследований при открытых глазах и за счет этого можно добиться уменьшения влияния зрительного аппарата [8].

1.4.2 Вестибулярная система

Полукружные каналы, ориентированные в трех перпендикулярных плоскостях являются основными рецепторами вестибулярной системы. При изменении расположения головы человека в пространстве происходит

смещение эндолимфы, которое является естественным раздражителем для полукружных каналов. Эти каналы очень чувствительны. То есть при спокойном положении в основной стойке поддержания баланса регулируется при отсутствии активного воздействия со стороны вестибулярного аппарата.

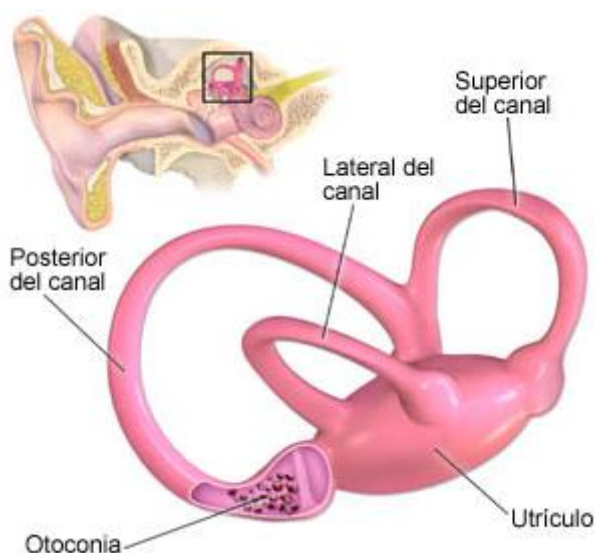


Рисунок – 8 Полукружные каналы

1.4.3 Проприорецептивная и экстерорецептивная системы

Получить информацию о положении тела можно с помощью проприорецептивной и экстерорецептивной системы. Проприорецептивные рецепторы располагаются в суставах, в сухожилиях и в мышцах. Эти рецепторы несут информацию о положении тела, растяжениях мышц. На поверхности подошвы стопы находятся рецепторы давления, от которых и поступает экстерорецептивная информация. Рецепторы давления располагаются и в коже и под ней. Рецепторы, которые находятся в капсуле суставов, обладают информацией о положении сегментов тела относительно друг друга. Их роль при контроле баланса до конца не изучена[9].

1.4.4 Скелетно-мышечная система

При балансировке тела задействован весь опорно-двигательный аппарат. Во время движения тела человека первые мышцы, которые активизируются -

это, во-первых, трехглавая мышца, затем супраспинальные, полуперепончатые, полусухожильные и мышцы шеи. Есть мышцы, которые принимают участие в рефлекторных движениях с разным латентным временем. При растяжении мышцы происходит проприорецептивных рецепторов. Центральной системе постурального контроля поступает от проприорецептивных рецепторов сигнал об изменении длины мышц. Для того чтобы мышечный ответ на воздействия носил адекватный характер, необходимо согласованность действия мышц. Одна из моделей описания баланса: тугая пассивная модель, которая представляет собой тугий голеностопный сустав – образованный вследствие действия центральной нервной системы с помощью мышечного тонуса. Другие исследователи считают, что именно рецепторам, которые располагаются на поверхности стопы, и мышцы играют основную роль [9]. На сегодняшний день предпочтение отдают модели перевернутого маятника. В этой модели стабилизация происходит за счет работы камбаловидной мышцы [3].

1.4.5 Центральная нервная система

Спинной и головной мозг принимают участия в поддержании баланса тела. Таламические ядра генерируют импульсы в кортикальные нейроны. Ядра осуществляют передачу информации из мозжечка, спинного мозга и базальных ганглиев. Ответы на изменение положения тела начинаются с помощью спинальных рефлексов. С помощью синапсов происходит возбуждение центральной нервной системы. При произвольном движении сигналы отправляются мышцам с помощью экстрапирамидных и пирамидных клеток. За контроль произвольного движения и сегментарных рефлексов отвечают спинальные мотонейроны и интернейроны. С помощью пирамидных клеток мотонейронам и интернейронам передается информация о командах. Основным элементом экстрапирамидной системы являются базальные ганглии, которые связаны с хвостатым ядром, путаменом и глобус паллидумом. При поддержании баланса базальные ганглии и ядра облегчают планирование движения. В свою

очередь, мозжечок и его составляющие помогают сгладить избыточные рефлекторные движения.

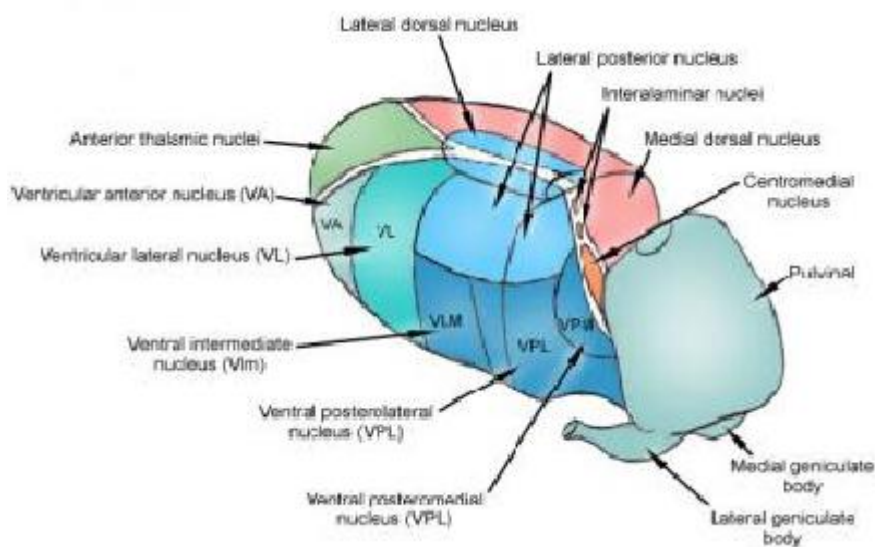


Рисунок – 9 Таламические ядра

Центральной нервной системой выполняются сложные функции: производится анализ всей информации, которая поступает от визуальной, вестибулярной, проприорецептивной, экстрорецептивной системы. Это все способствует поддержанию баланса тела человека в основной стойке [3].

1.4.6 Антропометрические факторы

Представление механической модели человека с учетом его фактических размеров имеет непосредственное значение. При построении такой модели необходимо учитывать рост человека, расстояние между суставами. Такую модель можно использовать для сегментарных анализов. На нее оказывает весомое влияние антропометрические факторы. Исследование показали, что у людей с высоким ростом колебания тела больше, чем у людей с низким ростом. Размер стопы также играет важную роль. Человек с низким ростом и с малой дистанцией от опоры до коленного сустава имеет большой риск падения на статической платформе. Люди с меньшим весом близки к идеальному случаю удержания равновесия тела.

Так от природы мужчины обладают ростом выше, чем женщины то стабильность у них меньше. Таким образом, стратегия поддержания баланса отлична.

1.4.7 Возраст, конституция и пол

В 1976 были проведены исследования, в которых девятилетние дети обладали большей стабильностью, и активность конечностей во время выполнения заданий была меньше, чем у детей в возрасте четырех лет. Этими же исследователями было обнаружено у пятилетних детей более выраженные компенсаторные реакции[11]. Другими исследователями не было обнаружено отличий положения центра давлений и колебаний тела у детей разного возраста. Также были сделаны выводы, что дети после семи лет обладают постуральной реакцией схожей с реакцией взрослых людей. Такие же результаты были получены в 1984 году [3]. В ходе экспериментов оказалось, что не только рост оказывает влияние на стабильность баланса, но и пол. У девочек стабильность выше, чем у мальчиков. Но при этом с возрастом у мальчиков значения колебаний центра давлений уменьшаются, а у девочек этого не наблюдается.

Исследования в области стабилотрии имеют противоречивые выводы: у одних опыты показали, что женщины обладают значениями скорости и амплитуды центра давлений меньше [12]. А исследования других авторов противоречит вышесказанному[13]. Однако пожилые мужчины падают реже, чем женщины одного возраста.

Многие исследователи подтверждают факт того, что с возрастом стабильность баланса уменьшается[3]. Различия в исследованиях, возможно, не были бы столь противоречивы, если бы все измерения были проведены по одной методике и на одной стабилотриформе. В ходе исследований среди мужчин в возрасте от тридцати одного года до семидесяти пяти, в общем числе триста восемнадцать человек, показали уменьшение стабильности баланса с

увеличением возраста. Возможно, это связано с изменениями в нервной системе. Эти изменения приводят к сбою в работе визуальных и проприорецептивных анализаторах.

Такие функции как визуальные, вестибулярные и соматосенсорные уменьшаются с возрастом. В течение жизни число хронических заболеваний только увеличивается, медикаментозные лечения и перенесенные заболевания, операции вносят изменение в здоровье человека. Все это оказывает большое влияние на стабильность поддержания баланса в основной стойке. С возрастом центральная нервная система хуже обрабатывает поступающую информацию от разных сенсорных систем.

1.5 Ограничение при проведении диагностики и реабилитации методом стабилотрии

Абсолютных противопоказаний проведению стабилотрического метода нет. Здесь следует различать противопоказания к проведению диагностики и противопоказания к проведению реабилитационных мероприятий. Для проведения диагностики исключаются лишь некоторые моменты, например, связанные с мельканием цветных пятен на экране для пациентов с эпилепсией. Ограничением к применению метода является неспособность пациента удерживать равновесие тела без поддержки на платформе в течение короткого времени, нескольких минут. Если пациент не способен стоять сам, естественно диагностировать состояние его равновесия невозможно. Также ограничением является отсутствие слуха и плохое зрение у пациента, поскольку во время исследований методом стабилотрии имеются такие моменты, как зрительная и слуховая когнитивная нагрузка. В связи с этим, для пациентов, которые ограничены акустически или оптически провести качественное обследование невозможно. При выраженных нарушениях психических функций также невозможно провести исследования, так как пациент должен понимать инструкции врача, адекватно на них реагировать и выполнять задания. У платформы есть расчетные габаритные параметры, которые мы не можем

превышать, поэтому это тоже является относительным ограничением. Для реабилитационной методики, поскольку это достаточно интенсивная физическая активность, пациенты с выраженными проблемами сердечно-сосудистой системы, которые страдают отдышкой в покое или после небольшой физической нагрузки начинают чувствовать себя плохо не подходят. Это может переутомить пациента, и он будет хуже себя чувствовать по профилю основного заболевания. Ограничений по возрасту не существует. Условно считается международная договоренность между специалистами примерно 4 года – это нижняя граница, потому что необходима когнитивная зрелость. Человек должен понимать, что от него требуется. Ребенок младше 4 лет будет стоять на платформе, но не будет вести себя так, как необходимо во время обследования. Верхней границе не существует.

Суть процедуры сводится к тому, что основным звеном стабилметрической системы является платформа. Это жесткая металлическая опорная пластина, на которую пациент становится босиком. Никаких датчиков на теле пациента не закрепляется. Информацию о положении тела человека, о колебаниях считывают датчики, закрепленные под платформу без контакта непосредственно с телом человека. Никаких трудностей, непереносимых ощущений процедура не содержит в себе. Никакой подготовки пациента не требуется. По неврологической патологии все, что включает в свою структуру нарушение равновесия, любое заболевание имеет право на реабилитацию на комплексе по методу стабилметрии.. Когда есть вопросы к опороспособности конечности, причем с ортопедической точки зрения все уже восстановилось, а в силу нарушения иннервации сустава из за оперативного вмешательства человек не уверен в опороспособности своей ноги, стабилметрическая реабилитация позволяет вспомнить, как контролировать свою ногу и научиться снова автоматически управлять той ногой, которая была прооперированна или сломана.

2 Структурная схема устройства

Специализированный прибор для регистрации колебаний общего центра масс тела получил название стабилметрическая платформа или стабилметр. Стабилметрическая платформа состоит из основной плиты, на которую встает обследуемый, и фиксированных к ней силоизмерительных датчиков, которые являются одновременно и элементами опоры. Усилие, приходящееся на каждый датчик, позволяет вычислять проекцию общего центра масс тела на плоскость опоры.

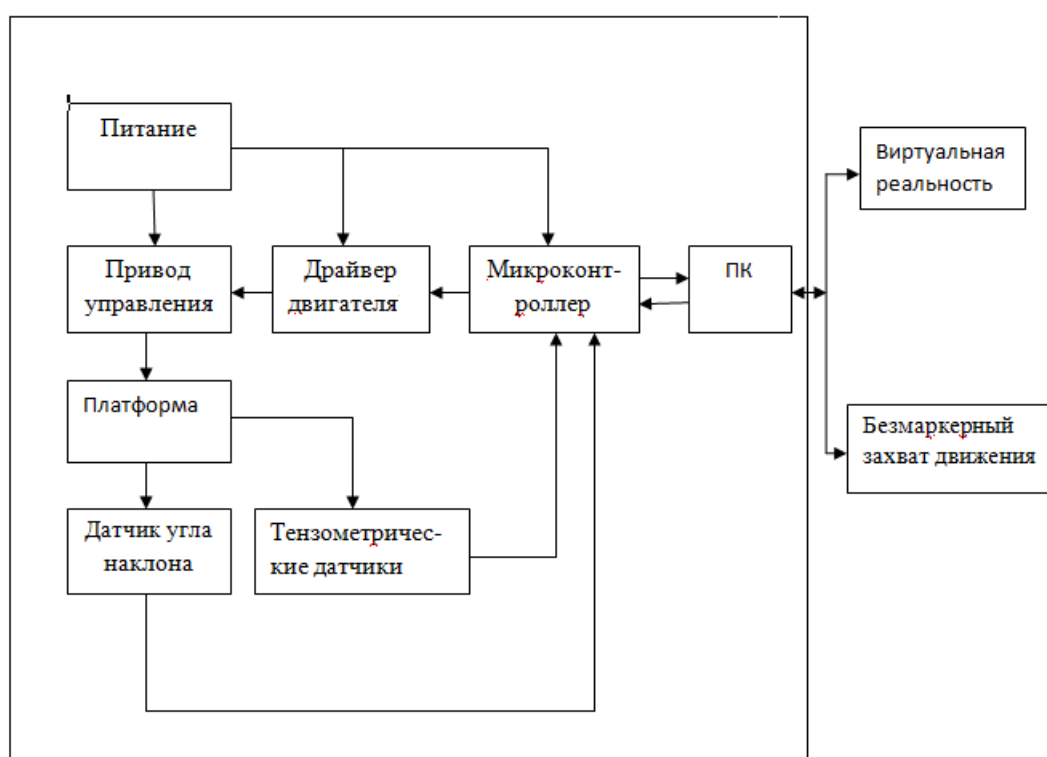


Рисунок – 10 Структурная схема устройства

Положение платформы задается с компьютера, управление двигателями и датчиками системы осуществляется при помощи микроконтроллера, который проводит опрос датчиков, анализирует текущее состояние платформы, отдает команды на управление углом наклона и передает данные на компьютер.

Такой метод управления платформой обеспечивает независимость определения положения платформы от узла управления платформой, т.е. это позволит заменять механические части без изменения программной или

аппаратной частей системы определения положения платформы, также это позволяет независимо друг от друга изменять и модернизировать узел определения положения платформы и узел управления платформой.

2.1 Интеграция платформы в виртуальной реальности

Динамическая стабилметрическая платформа является главной частью комплекса для диагностики и реабилитации нарушения равновесия человека. С помощью бесконтактного контроллера будет считываться положение человека в трехмерном пространстве, а затем после обработки поступать на компьютер для анализа. Вспомогательным инструментом будут очки. Данная разработка позволит не только диагностировать нарушения баланса человека, но и производить всевозможные манипуляции для качественной реабилитации.

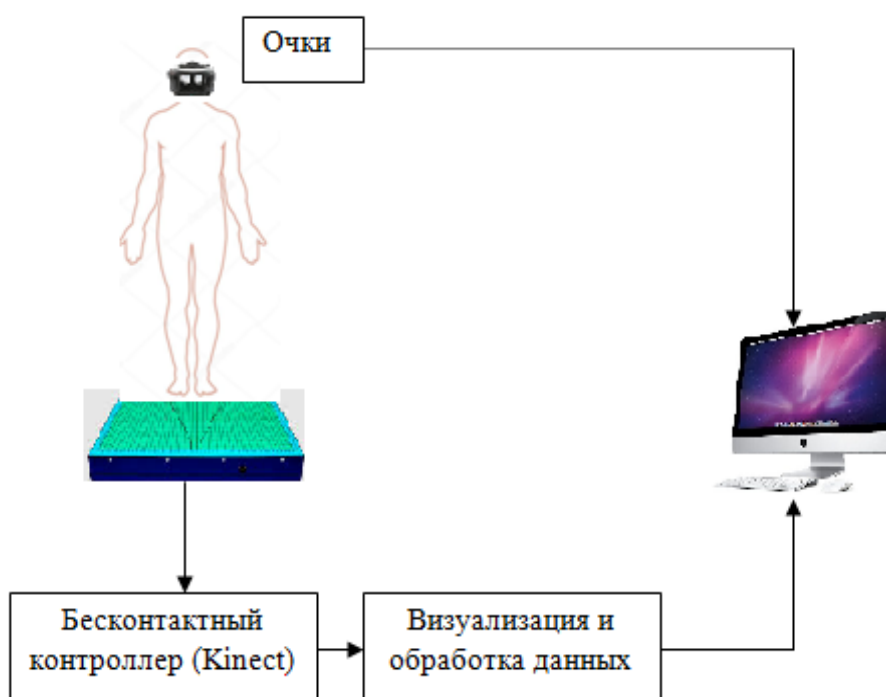


Рисунок – 11 Виртуальная реальность

3 Механизм управления стабиллоплатформой

В настоящее время существует множество механизмов управления стабиллоплатформой – с помощью механических, ручных, паровых, гидравлических, пневматических, электромеханических систем управления, что позволяет ей менять свое положение в плоскостях. Отметим преимущества и недостатки самых распространенных типов.

Гидравлический привод – это устройство, которое приводит в движение механизм с помощью жидкости под давлением. Раньше в качестве жидкости использовали воду, а сейчас используют минеральное масло. Существует два типа гидроприводов – это гидродинамический и объемный. В первом типе в основе лежит использование кинетической энергии потока жидкости и скорость движения прямо пропорциональна развиваемой мощности. Во втором типе весомую роль играет энергия давления, и скорость движения жидкости (масла) мала.

Преимущество данной системы управления:

- * Простота выполнения технических операций и надежная защита от перегрузок.
- * Свобода выбора при компоновке гидравлического привода.
- * Высокий коэффициент усиления.
- * Удельная мощность гидропривода в 3-5 раз выше, чем у электрических приводов.
- * Постоянное потребление энергии и в движении и в покое.

Данный тип управления обладает следующими недостатками:

- * Малый КПД, при передаче на большие расстояния имеются большие потери энергии.

* Зависимость гидравлических приводов от температуры, потому что от нее зависит консистенция жидкостей. Преимуществом этих систем управления является простота конструкции.

* Рабочие жидкости взрывоопасны и огнеопасны.

* Гидроприводы очень чувствительны к загрязнениям, поэтому требуют высокого уровня обслуживания.

В основе пневматических приводов используется энергия сжатого воздуха, что обеспечивает высокую эффективность торможения. Пневматическая система управления известна еще со времен древних греков. Начиная с 18 века начала широко применяться в различных странах мира, например в 19 веке в Париже была основана компрессорная станция, протяженность которой составляло 48 километров под давлением 0,6 Мпа, и обладала высокой мощностью. С помощью этой станции обеспечивалось снабжение местных заводов, фабрик. Но вскоре она утратила свою значимость в связи с появлением более выгодных электропередач.

Преимущество данной системы управления:

* Малая стоимость конструкции.

* Долгий срок службы, поэтому не требуют частого обслуживания, по сравнению с гидравлическими системами управления.

* Конструкция небольшой массы, по сравнению с гидравлическим приводом.

* Большая скорость срабатывания.

* Лучшая защищенность от перегрузок за счет лучшей сжимаемости воздуха.

* Менее пожароопасны.

* Энергоэкономичность, так как сжатый воздух можно долгий период хранить в баллонах.

- * Безопасность утечки из системы.

К недостаткам пневматического типа электродвигателя относят:

- * Низкий КПД.

- * Невысокая грузоподъемность.

- * Трудность в обеспечении стабильности скорости.

- * Высокая вероятность разрыва трубы в конструкции, из-за этого накладываются ограничения в использовании сжатого воздуха (обычно величина давления до 1МПа).

- * Узкий температурный диапазон, так как нельзя при низкой и высокой температуре. Также привод подвержен к обмерзанию.

Электромеханический привод - это система, которая преобразует электрическую энергию в механическую энергию и обратно, также обеспечивает управление данным процессом. Это один из самых молодых типов приводов существующих на сегодняшний день. Экономичность обеспечивается за счет потребления энергии только во время движения.

Электрическая система управления состоит из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройства.

Электропривод механизмов имеет перед другими системами приводов определенные преимущества:

- * Простота устройства электрических двигателей.

- * Высокий КПД по сравнению с другими типами.

- * Широкий диапазон мощностей двигателей, допускающих их использование для любых механизмов практически без всякого ограничения.

- * Возможность дистанционного управления.

- * Удобство регулирования скорости.
- * Широкие возможности автоматизации процессов управления.
- * Постоянная готовность к работе.
- * Экономичность и возможность реверсирования.
- * Возможность применения индивидуального привода для каждого механизма.
- * Безопасность.

К недостаткам данного типа стоит отнести:

- * Сложность использования при большой влажности.
- * При неправильном использовании возможен перегрев двигателя.
- * Возможное создание электромагнитным полем помех в управлении.

Все вышперечисленные недостатки можно устранить с помощью грамотной конструкции привода и при учете всех возможных опасных влияний.

В различных областях промышленности и медицины нашли широкое применение линейные актуаторы. Актуаторы часто называют электроприводом, так в них вращательное движение электродвигателя уже преобразовано в поступательное движение стока. Линейный актуатор состоит из электродвигателя постоянного или переменного тока, редуктора и винта с гайкой или шариковинтовой (ШВП) передачи.

Электропривод обеспечивает линейное перемещение и может иметь различный рабочий ход, грузоподъемность, различную скорость перемещения. Использование актуатора повышает безопасность конструкции, обеспечивает легкость в обслуживании и за счет высокого КПД обеспечивает высокую производительность.

В ходе научной работы был выбран в качестве управления углом наклона стабиллоплатформы линейный актуатор ZT-HAD1.



Рисунок – 12 Актуатор ZT-HAD1

Таблица – 1 Технические характеристики Актуатора ZT-HAD1

Длина	25 см
Входное напряжение	12 В
Максимальная скорость	0,08 см/с
Динамическая нагрузка	1000 Н
Статическая нагрузка	500 Н
Коэффициент заполнения	15 %

4 Реализация платформы для стабилметрических исследований

Специализированный прибор для регистрации колебаний общего центра масс тела получил название стабилметрическая платформа или стабилметр. Стабилметрическая платформа состоит из основной плиты, на которую встает обследуемый, и фиксированных к ней силоизмерительных датчиков, которые являются одновременно и элементами опоры. Усилие, приходящееся на каждый датчик, позволяет вычислять проекцию общего центра масс тела на плоскость опоры [3].

Данный метод позволяет диагностировать отклонения на ранних этапах заболеваний, так как обладают высокой чувствительностью. Основными достоинствами метода стабилметрии являются:

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



Рисунок – 13 Стабилоплатформа

4.1 Управление положением стабилплатформы

Для управления стабилплатформой была разработана схема, которая позволяет менять положение плоскости по одной оси на угол $\pm 30^\circ$. В виду конструктивной особенности, угол на который платформа отклоняется, составляет $\pm 17^\circ$. Это обеспечивается за счет управления электромеханическим приводом.

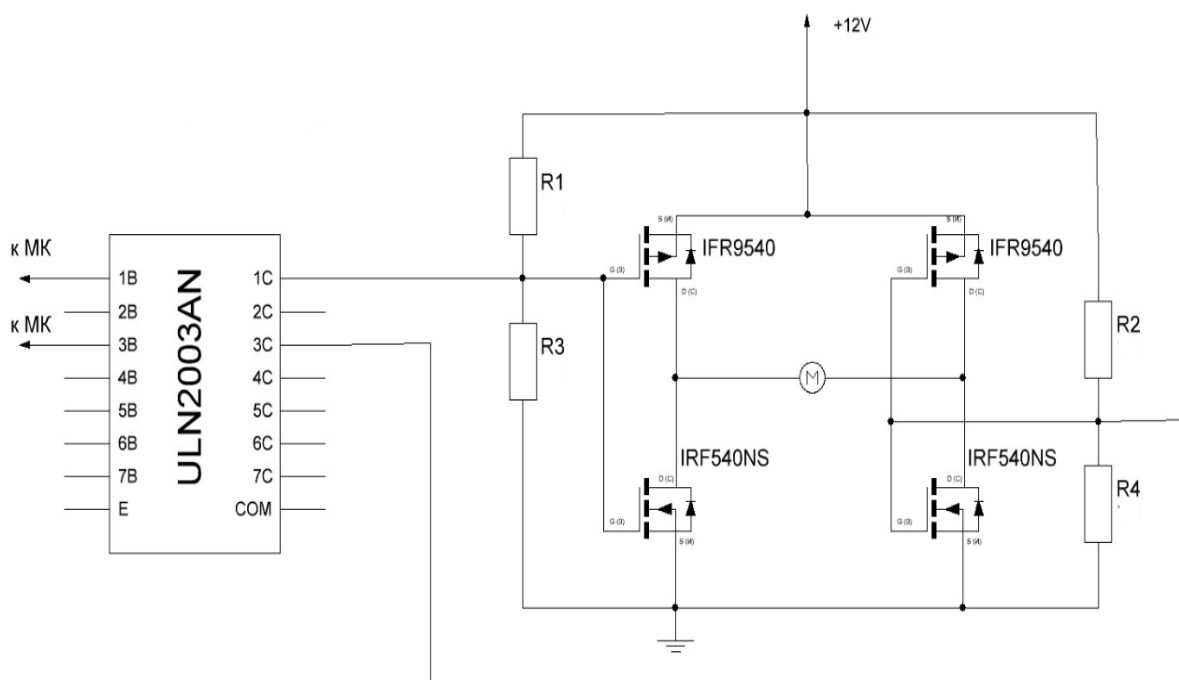


Рисунок – 14 Принципиальная схема управления положением стабилплатформы

В схеме используется микросхема, которая имеет матрицу с семью транзисторами. Микросхемы ULN2003 это транзисторная сборка Дарлингтона с выходными ключами повышенной мощности, имеющая на выходах защитные диоды, которые предназначены для защиты управляющих электрических цепей от обратного выброса напряжения от индуктивной нагрузки.

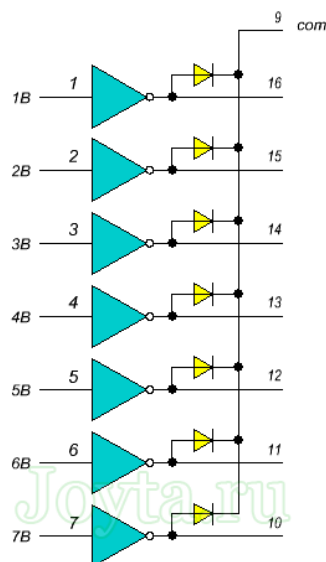


Рисунок – 15 Структурная схема ULN2003

Характеристики:

- Номинальный ток коллектора одного ключа — 0,5А;
- Максимальное напряжение на выходе до 50 В;
- Защитные диоды на выходах;
- Вход адаптирован к всевозможным видам логики;
- Возможность применения для управления реле.

С помощью транзисторов серии IFR9540 и IRF9540NS реализовано разнонаправленное движение электропривода. Резисторы R1 и R2 задают ток коллектора микросхемы. Максимальный ток 500 мА. Резисторы R3 и R4 соединены с питанием для получения логической единицы.



Рисунок – 16 Полевой транзистор р-канальный IRF9540N

Таблица – 2 Технические характеристики IRF9540N

Количество каналов:	1 Channel
Полярность транзистора:	P-Channel
Vds - напряжение пробоя сток-исток:	- 100 V
Id - непрерывный ток утечки:	- 23 A
Rds Вкл - сопротивление сток-исток:	117 mOhms
Vgs - напряжение затвор-исток:	20 V
Vgs th - пороговое напряжение затвор-исток :	- 4 V
Qg - заряд затвора:	64.7 nC
Минимальная рабочая температура:	- 55 C
Максимальная рабочая температура:	+ 175 C
Pd - рассеивание мощности:	3.8 W
Вес изделия:	4 g

Принципиальная схема управления платформой была собрана на технологической панели. Также были проведены отладочные работы над схемой управления.

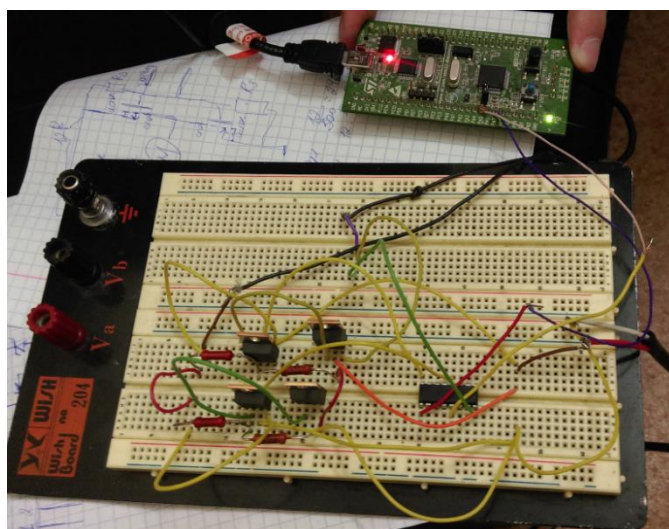


Рисунок – 17 Макет схемы управления стабилоплатформы

После тестирования схемы на технологической плате, с помощью программы P-CAD была сделана разводка печатной платы. Далее плата была протравлена и использовалась в ходе исследований.

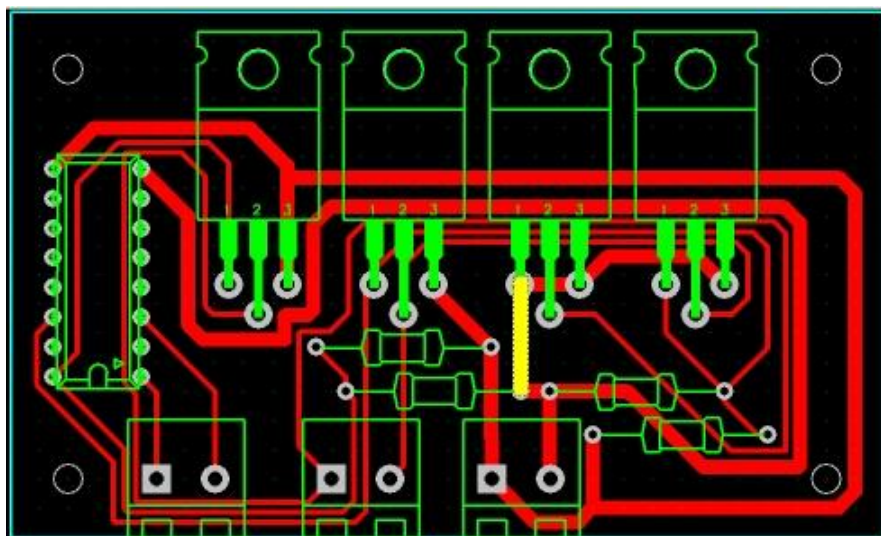


Рисунок – 18 Трассировка печатной платы

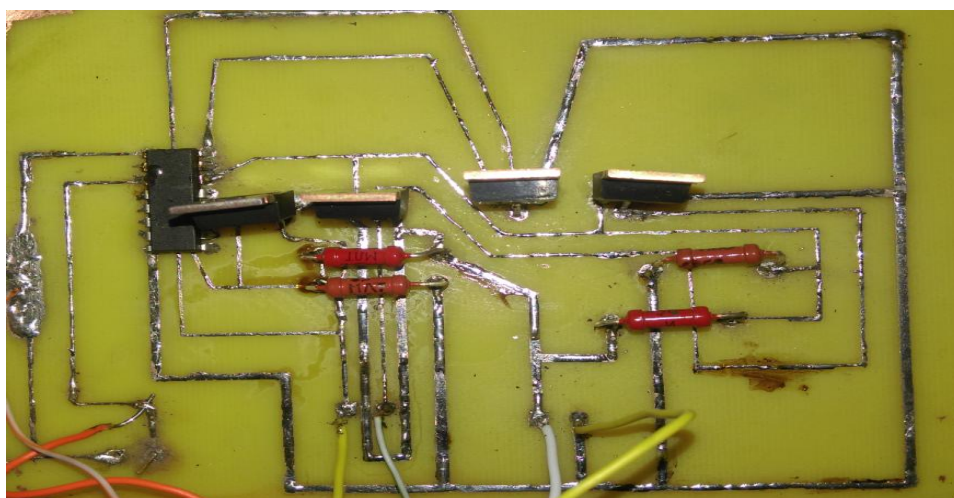


Рисунок – 19 Рабочая печатная плата

При функционировании системы управления, при котором изменяется положение платформы, были проведены эксперименты для людей с массами тела 52 кг, 65 кг, 80 кг. Полученные параметры приведены в таблице.

Таблица 3 – Полученные параметры динамической работы стабилоплатформы
без нагрузки

№	Врем раскрутки без нагрузки (см/сек)	Время скрутки без нагрузки (см/сек)
1	0.74	0.7
2	0.83	0.75
3	0.78	0.8

Таблица 4 – Полученные параметры динамической работы стабилоплатформы
под нагрузкой 52 кг

№	Врем раскрутки под нагрузкой (см/сек)	Время скрутки под нагрузки(см/сек)
1	0.41	0.52
2	0.49	0.47
3	0.45	0.50

Таблица 5 – Полученные параметры динамической работы стабилоплатформы
под нагрузкой 65 кг

№	Врем раскрутки под нагрузкой (см/сек)	Время скрутки под нагрузки(см/сек)
1	0.38	0.30
2	0.34	0.41
3	0.39	0.36

Таблица 6 – Полученные параметры динамической работы стабилоплатформы под нагрузкой 80 кг

№	Врем раскрутки под нагрузкой (см/сек)	Время скрутки под нагрузки(см/сек)
1	0.25	0.19
2	0.29	0.21
3	0.21	0.24

Таблица 7 – Полученные значения тока

Ток без нагрузки	Ток под нагрузкой
0.9А	1.3 А

4.2 Система обмена данными и передачи управляющих команд

Положение платформы задается с компьютера, управление двигателями и датчиками системы осуществляется при помощи микроконтроллера, который проводит опрос датчиков, анализирует текущее состояние платформы, отдает команды на управление углом наклона и передает данные на компьютер.

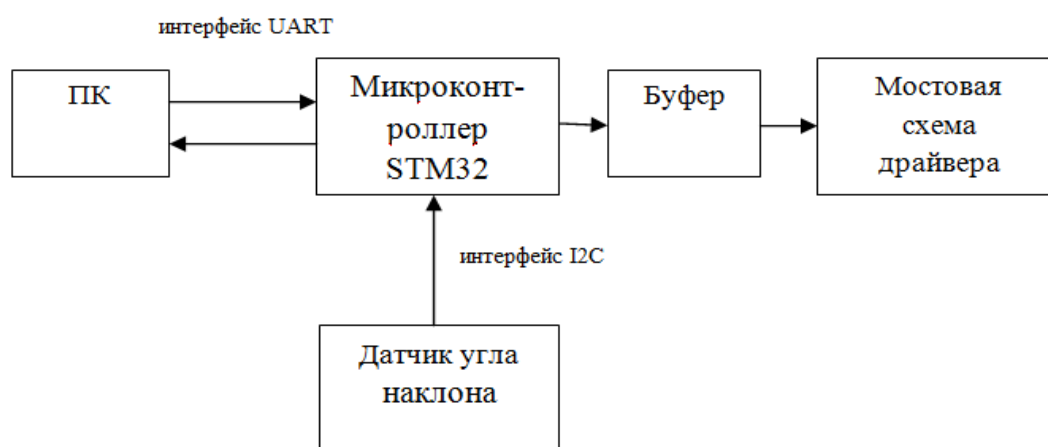


Рисунок – 20 Функциональная схема

Для разработки системы управления стабиметрической платформой используется микроконтроллер (микропроцессорная система), датчик положения (акселерометр). Для обработки данных используется микроконтроллер STM32F303VCT6. Данный микроконтроллер обладает большой функциональностью, что может быть использовано для выполнения других целей и интеграции с другими узлами динамической стабиметрической платформы. Преимуществом микроконтроллеров является высокая производительность ядра, что выделяет микроконтроллеры STM32 для выполнения математических операций.

Для передачи данных на ПК используется протокол RS-232. Для подключения к компьютеру через USB порт используется микросхема CH340.

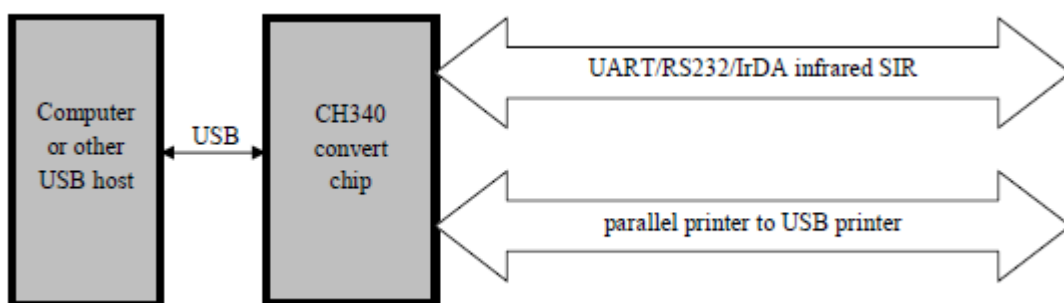


Рисунок – 21 Схема передачи данных через CH340

Связь с компьютером обеспечивается посредством интерфейс USB микроконтроллера, драйвер виртуального COM порта для стм32, т.е. компьютер распознает интерфейс как UART. На сегодняшний день большинство датчиков оснащены интерфейсами SPI или I2C. Для передачи данных с акселерометра используется интерфейс I2C.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В результате анализа потенциальных потребителей устройства стабиллоплатформы рассмотрен целевой рынок и проведено его сегментирование. Определены основные критерии сегментирования.

Необходимо определить, кто является потенциальным потребителем производимого устройства, чтобы понять актуальность его производства. Так как метод, на котором основано устройство, является довольно молодым, то есть необходимость тестирования и изучения устройства в научно-исследовательских центрах, в поисках получения большей информативности полученных параметров. Существует большое количество пациентов с нарушениями в работе нервной системы, вестибулярного аппарата, пространственной ориентации состояния психики, поэтому спрос медицинскими учреждениями на данное разработанное устройство будет велик. Множество оздоровительных центров, в лице юридических лиц, являются потенциальными потребителями данной разработке. Так как данное устройство не представляет собой опасности и не несет никакого вреда здоровью человека, она захватывает и потребителей среди физических лиц.

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка

	Для чего используется		
	Исследование	Диагностика	Прогностическая ценность
Научно – исследовательские центры			
Медицинские учреждения			
Физические лица			
Юридические лица			

	Сегмент освоен
	Сегмент освоен слабо
	Сегмент не освоен или информация не найдена

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Необходимо проводить систематически анализ существующих конкурирующих разработок, поскольку рынок пребывает в постоянном движении. Проведение анализа помогает вносить коррективы в научное исследование для успешного противостояния конкурентным разработкам. Для проведения данного анализа необходимо обладать всей имеющейся информацией о разработках конкурентов, такой как: технические характеристики разработки, конкурентоспособность разработки, уровень завершенности научного исследования, уровень проникновения на рынок и т.д.

Проводить анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения удобно с помощью оценочной карты (таблица 5.2). Это необходимо для оценки сравнительной эффективности научной разработки и определения направления ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.2, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Наиболее конкурентными разработками для метода стабилонетрии являются приложения и сама платформа.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,04	5	4	3	0,2	0,16	0,12
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
3. Помехоустойчивость	0,08	4	3	4	0,32	0,28	0,32
4. Энергоэкономичность	0,07	4	3	3	0,28	0,21	0,21
5. Надежность	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
6. Уровень шума	0,03	4	3	4	0,12	0,09	0,12
7. Безопасность	0,09	5	4	4	0,45	0,36	0,36
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	4	3	3	0,16	0,12	0,12
9. Простота эксплуатации	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
10. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	4	2	3	0,16	0,08	0,12
11.Массогабаритные параметры устройства	0,03	4	3	3	0,12	0,09	0,09
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	4	3	2	0,24	0,18	0,12
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	3	2	0,16	0,12	0,08
3. Цена	0,04	4	2	3	0,16	0,08	0,12
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
6. Срок выхода на рынок	0,04	4	3	4	0,16	0,12	0,16
7. Наличие сертификации разработки	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
Итого	1	77	58	60	4,22	3,4	3,42

Проанализировать результаты, можно сделать вывод, что стабиллоплатформана данном этапе достаточно конкурентоспособно.

Разрабатываемое устройство является перспективным, поскольку обладает рядом преимуществ: высокой надёжностью работы, простотой эксплуатации и доступной ценой.

5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

При научной разработке устройства полезно оценивать степень его готовности к коммерциализации и выявить возможность ее самостоятельного проведения или завершения. Для проведения оценки степени необходимо заполнить специальную форму оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации. В таблице 5.3 представлен перечень вопросов, по которым необходимо произвести оценку степени готовности к коммерциализации.

Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации определяется по формуле:

$$B_{\text{СУМ}} = \sum B_i \quad (5.2)$$

где $B_{\text{СУМ}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 5.3 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1. Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2. Определены перспективные направления коммерциализации	5	3
3. Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4. Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	2
5. Определены авторы и	4	4

осуществлена охрана их прав		
6.Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7.Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
8.Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11.Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15.Проработан механизм реализации научного проекта	3	2
ИТОГО БАЛЛОВ	41	32

На основе данных, представленных в таблице 5.3, можно говорить о том, что проект находится на среднем уровне перспективности, так как имеет недоработки, которые необходимо устранить.

5.1.4Fast – анализ

Стадия 1.

В рамках магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает устройство стабиллоплатформа.

Стадия 2.

В рамках данной стадии FAST-анализа объект анализируется с позиции функционального устройства. Так, при анализе необходимо выделить и описать следующие функции объекта:

- 1) В качестве *главной функции* выступает реабилитация больных.
- 2) Основная функция. Принцип работы заключается в управлении углом наклона стабиллоплатформы, по итогам которой и будет проведена диагностика.
- 3) Вспомогательная функция, способствует реализации основных функций.

Таблица 5.4 - Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование аппарата	Количество	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Компьютер	1	Обеспечивает запуск программы	X		
Осциллограф	1	Служат для измерений параметров	X		
Мультиметр	1	Служит для измерений параметров			X
Паяльная станция	1	Служит для доработок			X
Макетная плата	1	Служит для доработок			X
Металлический каркас	1	Для снятия показаний	X		

В таблице приведены все детали работы, которые используются при реабилитации. Данная классификация будет использоваться при оптимизации объекта исследования. Так как для повышения эффективности этого процесса путем снижения стоимости объекта и сохранения требуемого от него пользователем качества, необходимо, в первую очередь, обращать внимание на вспомогательные функции, экономия на которых не сильно отразится на функционале объекта научного исследования.

Стадия 3.

Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Таблица 5.5 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Функция 6
Функция 1	=	>	=	<	=	=
Функция 2	>	=	=	=	=	=
Функция 3	>	=	=	<	=	=
Функция 4	>	>	>	=	>	>
Функция 5	>	=	=	=	=	=
Функция 6	>	=	=	<	=	=

Матрица смежности отражает, что функция 1 достаточно важна по отношению к другим функциям.

Таблица 5.6 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Функция 6	Итого
Функция 1	1	1,5	1	0,5	1	1	6
Функция 2	1,5	1	1	1	1	1	6,5
Функция 3	1,5	1	1	0,5	1	1	6
Функция 4	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	8,5
Функция 5	1,5	1	1	1	1	1	6,5
Функция 6	1,5	1	1	0,5	1	1	6
							39,5

В рамках третьего этапа происходит определение значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Так, для функции 1 относительная значимость равна $6/39,5 = 0,15$; для функции 2 – $6,5/39,5 = 0,16$; для функции 3 – $0,15$, 4 – $0,22$, 5 – $0,16$; 6 – $0,15$. Обязательным условием является то, что сумма коэффициентов значимости всех функций должна равняться 1.

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в таблице 5.7

Таблица 5.7 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

<i>Наименование детали</i>	<i>Колич ество</i>	<i>Выполняемая функция</i>	<i>Стоимост ь материала</i>	<i>Себестои мость</i>
Компьютер	<i>1</i>	Обеспечивает запуск программы	<i>25000</i>	<i>25000</i>
Осциллограф	<i>1</i>	Служат для измерений параметров	<i>30000</i>	<i>30000</i>
Мультиметр	<i>1</i>	Служит для измерений параметров	<i>1500</i>	<i>1500</i>
Паяльная станция	<i>1</i>	Служит для доработок	<i>3000</i>	<i>3000</i>
Макетная плата	<i>1</i>	Служит для доработок	<i>2000</i>	<i>2000</i>
Металлически й каркас	<i>1</i>	Для снятия показаний	<i>1000</i>	<i>1000</i>
<i>Итого</i>				<i>76 000</i>

В данной таблице был приведен расчет стоимости функций.
Рассчитаем относительные затраты на функции.

Таблица 5.8

Функция	Относительные затраты
1	0,33
2	0,39
3	0,02
4	0,04
5	0,03
6	0.01

Путем суммирования затрат по каждой функции определяется общая стоимость каждой из них. Данная информация используется для построения функционально-стоимостной диаграммы на следующей стадии.

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (ФСД)

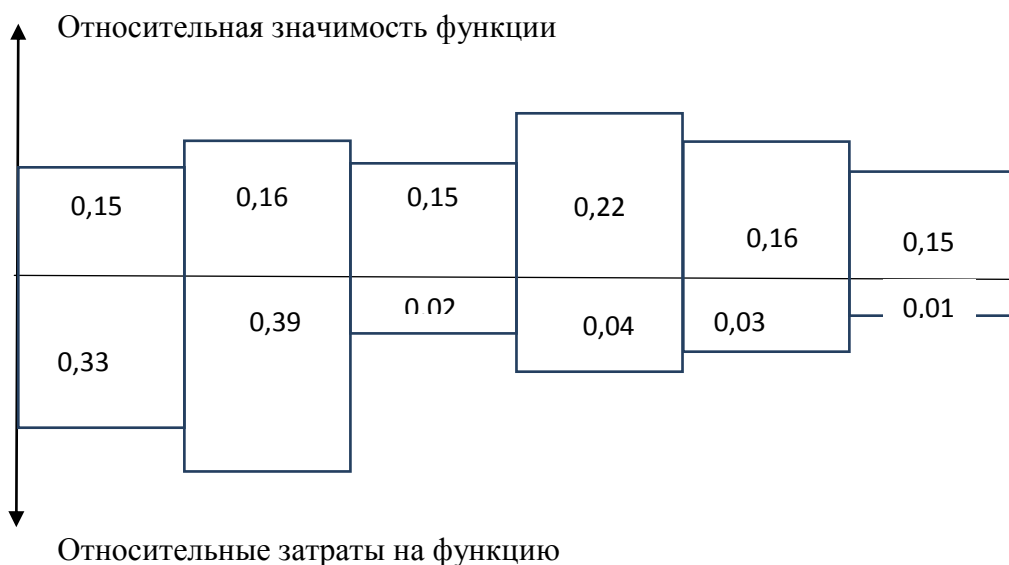


Рисунок 5.1 – Функционально-стоимостная диаграмма

Стадия 6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

В конечном счете результатом проведения FAST-анализа высокотехнологической и ресурсоэффективной разработки должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигаемое путем:

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат.

5.1.5 SWOT-анализ

SWOT-анализ используется для исследования внутренней и внешней среды проекта. С помощью SWOT анализа выявляются слабые и сильные стороны проекта, относительно возможностей и угроз со стороны внешнего воздействия. Не соответствия взаимосвязей проекта, должны помочь в выявлении необходимости проведения стратегических изменений. Использование матрицы SWOT-анализа, помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей области. Составляем интерактивную матрицу проекта.

В (таблице 5.8), представлен SWOT – анализ слабых и сильных сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 5.9 – SWOT анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Безопасность для пациентов и врачей.</p> <p>С2. По сравнению с иностранными приборами более низкая стоимость производства, по сравнению с отечественными приборами – больший функционал прибора.</p> <p>С3. Экологическая безопасность.</p> <p>С4. Экономичность и эффективность</p> <p>С5. Простота использования.</p> <p>С6. Усовершенствование прибора в схемотехнической и программной части.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных специалистов для обслуживания прибора.</p> <p>Сл2. Большой срок поставок компонентов, используемых для проведения научного исследования.</p> <p>Сл3. Финансирование</p> <p>Сл4. Наличие конкурентоспособных устройств</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В2. Производство оборудование по более низкой цене, чем у иностранных</p>	<p>Использование более дешевого устройства позволит снизить затраты на расходные материалы. Так как устройство в своем исполнении имеет новизну, это обеспечит ему высокий спрос</p>	<p>Заинтересованность в новом продукте может привести к отсутствию у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях,</p>

<p>конкурентов и более совершенного оборудования чем у отечественных конкурентов.</p> <p>В3. Отсутствие таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях.</p> <p>В4 Сотрудничество с медицинскими клиниками г. Томска.</p>	<p>среди конкурентов.</p> <p>Сотрудничество с Томскими клиниками позволит быстро провести испытания <i>invivo</i>.</p>	<p>могут привести к увеличению срокаоформления на таможне.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на разрабатываемый прибор.</p> <p>У2. Конкуренция с другими производителями.</p> <p>У3.Необходимость постоянной модернизации разрабатываемого прибора.</p> <p>У4. Высокая стоимость использования оборудования</p> <p>У5. Рост цен у поставщиков.</p>	<p>Устройство обладает отличным, шагающими в ногу с техническим прогрессом, особенностями от зарубежных исполнений, что позволит ему долгое время держать стабильность и не прибегать к модернизации.</p>	<p>Отсутствие спроса на разрабатываемый прибор, низкое проникновение компании на рынок криодеструкторов,изменение стоимости оборудования и плат может привести к увеличению стоимостиприбора, ухудшить уровень проникновения на рынок. Необходимость постоянной модернизации прибораприведет к дополнительным проверкам независимых компаний, что будет негативно сказываться на конечной цене прибора.</p>

В таблице 5.10 – 5.13 представлены матрицы проекта.

Таблица 5.10

Сильные стороны проекта							
Возм		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ож-ности проек та	B1	+	+	0	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+	+
	B3	0	+	-	+	0	+
	B4	-	0	0	-	-	+

При анализе выявлены следующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C2C4C5C6;B2C1C2C3C4C5C6;B3C2C3C4C5;B4C6.

Таблица 5.11

Слабые стороны проекта					
Возмо		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
жности проект а	B1	-	-	-	-
	B2	-	0	+	-
	B3	-	-	-	-
	B4	0	-	0	-

При анализе можно выявить следующие возможности и слабые стороны проекта: B2Сл3.

Таблица 5.12

Сильные стороны проекта							
Угроз		C1	C2	C3	C4	C5	C6
ы проект та	У1	-	+	+	+	+	+
	У2	+	+	+	-	+	+
	У3	+	+	+	-	+	+
	У4	+	+	-	+	+	+
	У5	+	-	+	-	+	+

При анализе можно выявить следующие угрозы и сильные стороны проекта: У1С2С3С4С5С6; У2С1С2С3С5С6; У3С1С2С3С5С6; У4С1С2С4С5С6, У5С1С3С5С6

Таблица 5.13

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

При анализе можно выявить слабые стороны проекта и возможные угрозы: У1Сл3Сл4; У2Сл2Сл4; У3Сл3; У4Сл3Сл4, У5 Сл2Сл3Сл4.

По результатам SWOT анализа можно сделать вывод, что у разрабатываемого препарата сильных сторон больше чем слабых, и, изучая возможные угрозы можно найти возможности преодолеть их. Например, при задержке поставок необходимо более детальное взаимодействие с фирмой партнером, либо поиском новой. Увеличение доли собственных компонентов в приборе позволит преодолеть рост цен у поставщиков. Другую часть негативных факторов невозможно полностью решить. Преодолеть конкуренцию с другими компаниями, найти дополнительный спрос можно с помощью постоянной работой с потенциальными потребителями, а так же постоянным анализом ситуации на рынке.

5.2 Инициация проекта

Инициация проекта заключается в определении заинтересованных сторон, постановке целей и определении требований к проекту.

5.2.1 Цели и результаты проекта

В таблице 5.14 представлена информация о заинтересованных сторонах проекта.

Таблица 5.14 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель проекта	Использование результатов проекта в дальнейших исследованиях в целях достижения наилучшего результата
Исполнитель по проекту	Опыт работы в сфере разработки и исследовательской работе

В таблице 5.15 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 5.15 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Разработка, создание и исследование стабиллоплатформы
Ожидаемые результаты проекта:	Готовое устройство для проведения исследований методом стабиллометрии
Критерии приемки результатов проекта:	Интерпретация полученных параметров
Требования к результату проекта:	Питание -12 В,5В.
	Диапазон отклонения стабиллоплатформы– от +30° до -30°
	Масса – до 200 кг
	Коэффициент усиления 10

При данном анализе по поставленной цели были определены заинтересованные лица и выдвинуты требования к разрабатываемому устройству.

5.2.2 Организационная структура проекта

В таблице 5.16 приведена информация о рабочей группе проекта, ролях, функциях и трудозатратах каждого. Это требуется для того, чтобы четко распределить роли каждого участника и функции, которые он выполняет.

Таблица 5.16 – Рабочая группа проекта

Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, день
1. Научный руководитель	Задание темы проекта, консультирование по тематике проекта, разработка плана проекта, материалы для построения макета, организация рабочего места для исследовательской работы, обсуждения проекта.	25
2. Инженер	Обзор литературы, оценка существующих устройств, с целью выявления преимуществ и недостатков, разработка управления устройством, разводка и травление печатных плат, изготовления основы для устройства, исследование системы, анализ полученных параметров, обработка полученных параметров.	75
ИТОГО:		100

Между участниками, задействованными в разработке устройства, распределены функции, своевременное выполнение которых приведет к максимально наилучшему результату.

5.2.3 Ограничения и допущения проекта

Данные об ограничениях и допущениях проекта представлены в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1. Бюджетпроекта	60000 р.
1.1. Источникфинансирования	Институт неразрушающего контроля Кафедра промышленной и медицинской
2. Срокипроекта	01.02.2017-15.06.2017
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.03.2017
2.2. Датазавершенияпроекта	17.06.2017
3. Прочиеограничения и допущения	Ограничение в средствах для закупок комплектующих.

Можно сделать вывод о том, что реализация проекта ограничена не только бюджетом, но и временем.

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 План проекта

Планирование управления научно-техническим проектом включает в себя: составление перечня работ, определение сроков их выполнения и на основе этих данных построение календарного графика проекта.

Планирование этапов работ по выполнению исследовательской работы состоит из составления перечня этапов и работ, и кто из исполнителей был задействован в ходе работы. В таблице 5.8 приведены основные этапы и содержание работ с указанием ответственных лиц.

Для иллюстрации календарного плана проекта была использована диаграмма Ганта, которая представляет собой таблицу 5.9 с разбивкой по месяцам за период времени выполнения проекта.

Таблица 5.18 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнители	Период работы научного руководителя		Период работы инженера	
			Начало, дата	Длительность, дни	Начало, дата	Длительность, дни
1	Постановка технического задания	НР	01.02.2017	1	-	-
2	Анализ технического задания	И	-	-	02.02.2017	2
3	Изучение литературы по теме проекта и сравнительный анализ	И	-	-	04.02.2017	9
4	Разработка платформы для устройства	НР, И	15.02.2017	5	15.02.2017	20
5	Разработка принципиальных схем для управления устройством	И	-	-	5.03.2017	10
6	Построение схем на макете	И	-	-	15.03.2017	15
7	Разведение печатных плат с помощью программы Р-CAD.	И	-	-	30.03.2017	4
8	Травление и отладка работы узла управления	И	-	-	3.04.2017	10
9	Тестирование устройства	НР, И	13.04.2017	10	13.04.2017	40
10	Обработка полученных данных	И	-	-	15.05.2017	15
11	Сдача разработки и отчета о работе	НР, И	05.06.2017	10	05.06.2017	11

Таблице 5.19 представляет собой диаграмму Ганта с длительность этапов работ и задействованных исполнителей.

Таблица 5.19 – Длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Постановка технического задания	1	-	■													
Анализ технического задания		2			■											
Изучение литературы по теме проекта и сравнительный анализ	-	9						■								
Разработка платформы для устройства	-	20						■								
Разработка принципиальных схем для управления устройством	-	10						■								
Построение схем на макете	-	15								■						
Разведение печатных плат с помощью программы P-CAD.	-	4								■						
Травление и отладка работы узла управления	-	10								■						
Тестирование устройства	10	40														
Обработка полученных данных	-	15														
Сдача разработки и отчета о работе	10	11														

■ - НР
(Научный
руководит
ель); ■
- И
(Инженер)

Календарный план состоит из 11 этапов. В большинстве случаев инженер ведет работу самостоятельно. По диаграмме Гранта видно, что больших интервалов перерывов нет.

5.3.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должны быть отражены все виды расходов, необходимые для проекта.

Сырье, материалы, специальное оборудование, покупные изделия

Стоимость всех видов и материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ формируется исходя из стоимости приобретения и платы за транспортировку. В стоимость материальных затрат входит транспортно – заготовительные расходы, которые составляют 3 - 5 % от цены материалов. Также в расчет входят затраты на канцелярские принадлежности необходимые для оформления документов. В том случае, если расходы, связанные с доставкой материальных ресурсов незначительны, то их можно опустить. Стоимость сырья, материалов, специального оборудования, комплектующих изделий приведена в таблице 5.20.

Таблица 5.20 – Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование	Кол-во	Цена за единицу руб	Сумма, руб
Источник питания	1	5000	5000
Осциллограф	1	30000	30000
Персональный компьютер	1	25000	25000
Мультиметр	1	1500	1500
Паяльная станция	1	3000	3000
Печатные платы	5	100	500
Элементы	1	2000	2000
Металлический каркас	1	1000	1000
Канцелярские товары	1	800	800
Макетная плата и провода	1	2000	2000
Всего за материалы			70800

Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)	2124
Итого по статье С_м	72924

Полученные результаты показали, сколько и какое количество необходимых материалов необходимо на выполнение НИИ, а так же их стоимость. В результате расчета материальных затрат получилась сумма равная 72924рублей.

Основная заработная плата

В статью включается основная заработная плата работников, участвующих в выполнении научно исследовательской работе. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Статья представляет собой основную заработную плату работников, занятых выполнением исследовательской работы, включая премии, доплаты и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.3)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (5.4)$$

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

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дней.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (5.5)$$

Где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней.

Таблица 5.21 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	110	110
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	20	32
- праздничные дни	3	3
Потери рабочего времени		
- отпуск		
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	87	75

По таблице можно оценить годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_б \cdot k_p, \quad (5.6)$$

где $Z_б$ – базовый оклад, руб;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.22.

Таблица 5.22 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_б$, руб.	k_p	Z_M , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	26300	1,3	34190	1709	87	148683
Инженер	7500	1,3	9750	487	75	36525

Таким образом, заработная плата руководителя составляет – 26300 руб, инженера – 7500 руб.

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде. Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении проекта:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (5.7)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 5.23 приведен расчет основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.23 – Заработная плата исполнителей НИР

Заработная плата	Научный руководитель	Инженер
Основная зарплата	148683,00	36525,00
Дополнительная зарплата	14868,3	3652,5
Зарплата исполнителей	163551,3	40177,5
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	203728,8	

Таким образом, суммарная заработная плата составили 203728,8 руб.

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.8)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В ТПУ ставка страховых взносов в социальные фонды составляет 30,2%

Отсюда получаем: $k_{внеб} = 0,302$

$$C=0,302*(203728,8)=61526,1 \text{ руб.}$$

В данном разделе была посчитаны отчисления на социальные нужды учитывая коэффициент в размере 30,2%.

Накладные расходы

В данную статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, содержание, эксплуатацию, ремонт оборудования, производственного инструмента и инвентаря.

Коэффициент накладных расходов составляют 80-100% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении проекта.

Накладные расходы рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{НАКЛ} = k_{НАКЛ} \cdot (З_{ОСН} + З_{ДОП}), \quad (5.9)$$

где $k_{НАКЛ}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C=0,8*(203728,8) = 162983 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости научно-исследовательской работы (таблица 5.24).

Таблица 5.24 – Калькуляция плановой себестоимости НИР

Наименование статей затрат	Сумма, руб
Сырье, материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	72924
Основная заработная плата	185208
Дополнительная заработная плата	18520,8
Отчисления на социальные нужды	61526,1
Накладные расходы	162983
Итого себестоимость НИР	500753,8

Таким образом накладные расходы составили 162983руб, а итоговая стоимость работы составляет 500753,8 руб.

5.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (5.10)$$

где

I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (5.11)$$

где

I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проведен в форме таблицы 5.25

Таблица 5.25– Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2	Итп	Иан1	Иан2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4	3	3	0,45	0,3	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	3	4	0,75	0,4	0,75
3. Помехоустойчивость	0,5	5	3	3	0,8	0,6	0,6
4. Энергосбережение	0,2	4	4	5	0,6	0,6	0,75
5. Надежность	0,1	5	3	3	1,5	1,2	1,2
6. Материалоемкость	0,3	2	4	5	0,2	0,4	0,5
ИТОГО	1	24	20	23	4,3	3,5	3,85

Проанализировав таблицу 5.25 можно сделать вывод о том, что интегральный показатель ресурсоэффективности разработанного проекта больше, чем у представленных на рынке аналогов.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был произведен анализ перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации. Была разработана общая экономическая идея работы, сформирована концепция проекта, проведен анализ организации планирования работы по научно-исследовательскому проекту. Построена интерактивная матрица проекта, в которой показаны слабые и сильные стороны, возможности и угрозы для проекта: безопасность для врачей, пациентов, эффективность лечения; отсутствие продвижения на рынке; появление нового класса источников, повышение стоимости конкурентных разработок; развитая конкуренция технологий производства.

Была построена интерактивная матрица проекта, в которой показаны слабые и сильные стороны, возможности и угрозы для проекта. Анализ позволил минимизировать риск влияния выделенных угроз на разрабатываемое устройство.

В ходе работы была проведена оценка готовности проекта к коммерциализации, по которой можно сделать заключение, что разработка считается перспективной, уровень разработчика выше среднего.

При анализе был произведен расчет материальных затрат, который составил 72924 руб., рассчитана зарплата руководителя и студента - 26300 руб. и 7500 руб. соответственно, рассчитаны отчисления в социальные нужды, которые составили 61526,1руб. Накладные расходы составили 162983 руб. Рассчитан итоговый бюджет научного исследования и приведена смета затрат на реализацию НИР. Итоговая себестоимость научно исследовательской работы составила 500753,8 руб.

6 Социальная ответственность

Введение

Проектирование стабиллоплатформы и разработка системы управления осуществлялись в лаборатории кафедры промышленной медицинской электроники, а также в лабораториях СибГМУ.

Учебные лаборатории для выполнения выпускной квалификационной работы и ряда других исследований оборудованы электроизмерительными приборами: осциллографом, генератором, источником питания, цифровым вольтметром.

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.

6.1 Производственная безопасность.

Для обеспечения производственной безопасности необходимо вывить воздействия вредных и опасных производственных факторов на человека, которые могут возникнуть в ходе исследовательской работы.

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания.

Производственный фактор считается вредным, если воздействие этого фактора на работника может привести к его заболеванию. Производственный фактор считается опасным, если его воздействие на работника может привести к его травме [31]. Производственные факторы классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизические. Все выявленные факторы приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Вредные и опасные производственные факторы при выполнении работ [32].

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Физические – работа за компьютером при разработке.	1) Отклонение показателей микроклимата 2) Повышенный уровень электромагнитных излучений 3) Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4) Монотонный режим работы 5) Повышенный уровень шума	1) Опасность поражения электрическим током; 2) Опасность возникновения пожара.	1) СанПиН 2.2.4.548-96; 2) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; 3) СП 52.13330.2011; 4) ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ; 5) СНиП 21-01-97. 6) ГОСТ 12.0.003-74

6.1.1 Вредные производственные факторы

6.1.1.1 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 [39]. 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 [35]. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в Вт. Работа инженера – разработчика относится к категории Ib (работа с интенсивности от 140 до 174 Вт). Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.4.548-96 приведены для категории Ib приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – 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 6.3 - 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.

6.1.1.2 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, кровеносной сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения и половой системы [36].

В таблице 6.3 приведены допустимые уровни параметров электромагнитных полей

Таблица 6.3 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых техникой на рабочих местах [37].

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
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

6.1.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны является одним из вредных производственных факторов, возникающих при работе в производственных помещениях, уровни которого регламентируются СП 52.13330.2011.

Причиной недостаточной освещенности являются недостаточность естественного освещения, недостаточность искусственного освещения, пониженная контрастность.

При работе за компьютером происходит постоянный зрительный контакт с монитором. Недостаточность освещения снижает производительность труда, увеличивает утомляемость и количество допускаемых ошибок, а также может привести к ухудшению зрения.

Разряд зрительных работ связанных с работой за компьютером относится к разряду III и разряду г (работы высокой точности). В таблице 4 представлены нормативные показатели искусственного освещения при работах заданной точности.

Таблица 6.4 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий [38].

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещённость, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
						всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	г	Средний, большой	Светлый, средний	400	200	200

6.1.1.4 Монотонный режим работы

В ходе выполнения исследовательской работы одним из факторов влияющих на нервную систему человека, является огромное количество информации, которое он должен воспринимать. Это очень сильно влияет на сознание и психофизическое состояние из-за монотонности работы. Поэтому меры, позволяющие снизить воздействие этого вредного производственного фактора, которые регулируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, являются важными в ходе выполнения работы: они позволяют увеличить производительность труда и предотвратить появление профессиональных болезней.

Виды трудовой деятельности подразделяются на 3 группы: группа А – работа по считыванию информации с экрана с предварительным запросом; группа Б – работа по вводу информации; группа В – творческая работа в режиме диалога с компьютером. Работа производимые в данной проекте

относится к группе А и Б. Категории туровой деятельности различаются по степени тяжести выполняемых работ. Для снижения воздействия рассматриваемого вредного фактора предусмотрены регламентированные перерывы для каждой группы работ.

Таблица 6.5 – Суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида категории трудовой деятельности [37].

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, ч	при 8-часовой смене	при 12-часовой смене
І	до 20 000	до 15 000	до 2	50	80
ІІ	до 40 000	до 30 000	до 4	70	110
ІІІ	до 60 000	до 40 000	до 6	90	140

6.1.1.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Длительное воздействие шума приводит к ухудшению слуха, оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую и нервную систему, а так же приводит к снижению работоспособности и производительности труда.

Источниками шума в лаборатории являются вентиляторы, находящиеся внутри системного блока персонального компьютера.

Уровень звукового давления в диапазоне октавных полос не превышает допустимых значений установленный СН 2.2.4/2.1.8.562-96 таблица 6. Здание находится вдали от центральных улиц, автомобильных и железных дорог и аэропортов. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [40] эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА.

Таблица 6.6 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах [40].

Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука ДБА
31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Эффективным решением понижения уровня шума является снижение уровня в источнике за счет изменения конструкции приборов и технологии изготовления, а так же оптимизацией работы. Снизить шум работы компьютера можно с помощью звукоизолирующего кожуха, изменения конструкции вентилятора и радиатора (увеличение размера радиатора и вентилятора), использование водяного охлаждения, более эффективного мониторинга работы персонального компьютера (чем больше задач выполняет компьютер, тем сильнее греются его компоненты, увеличивая скорость вращения вентиляторов). Когда данных мер недостаточно необходимо использовать звукопоглощающие материалы внутри корпуса прибора. В случае если в соседних с лабораторией помещениях располагаются множество шумящих персональных компьютеров, либо других устройств (станков) с высокими показателями шума, необходимо использовать звукоизоляцию внутри помещения. Применение этих решений в комплексе будет эффективней, чем по отдельности. При оценке воздействия шума в лаборатории можно сделать вывод, что он не превышает допустимых значений.

6.2.2 Опасные производственные факторы

6.2.2.1 Опасность поражения электрическим током

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку человек имеет дело с электрооборудованием, то вопросу о 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 и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасность поражения электрическим током усугубляется тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить напряжение дистанционно.

Помещение, в котором расположено рабочее место человека, относится к помещению без повышенной опасности в следствии отсутствия следующих факторов: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Для оператора ПЭВМ при работе с электрическим оборудованием обязательны следующие меры предосторожности:

- Перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- При обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование [37, 39].

6.2.2.2 Опасность возникновения пожара

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 СНиП 21-01-97.

В помещениях, где выполняется разработка проекта, повышен риск возникновения пожара в связи присутствия множества факторов: наличие большого количества электронных схем, устройств электропитания, электроизмерительных приборов; возможные неисправности электрооборудования, освещения, или неправильная их эксплуатация может послужить причиной пожара.

Возможные виды источников воспламенения:

- Искра при разряде статического электричества;
- Искры от электрооборудования;
- Искры от удара и трения;
- Открытое пламя[40].

6.2.3 Мероприятия и рекомендации по устранению и минимизации

Для поддержания нормальных значений параметров микроклимата на рабочих местах рекомендуется оснащать их системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, необходимо обеспечить рабочие места питьевой водой. В помещениях, в процессе исследовательской работы, должна производиться ежедневная влажная уборка, а также систематическое проветривание после каждого часа работы [35].

Для защиты человека от негативного воздействия электромагнитных полей в первую очередь необходимо, чтобы используемая техника удовлетворяла нормам и правилам сертификации. При работе за компьютером установлены регламентированные перерывы, а также иногда предусмотрено использование экранов и фильтров в целях защиты человека [37].

Для создания и поддержания благоприятных условий освещения рабочие места должны соответствовать санитарно-эпидемиологическим правилам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Рабочее помещение должно иметь естественное и искусственное освещение, соответствующее показателям, представленным в таблице. Для рассеивания естественного освещения следует использовать жалюзи на окнах рабочих помещений. В качестве источников искусственного освещения должны быть использованы люминесцентные лампы, лампы накаливания – для местного освещения [38].

Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей компьютеров рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием работы за компьютером и без него. В случаях, когда характер работы требует постоянного взаимодействия с компьютером с напряжением внимания и сосредоточенности, при исключении возможности периодического переключения на другой род трудовой деятельности рекомендуется организация перерывов на 10–15 мин. через каждые 45–60 мин. работы. При высоком уровне напряженности работы, рекомендуется психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях [37].

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- При производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- С целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- При включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- Все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;

- Необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки [37, 39].

Для профилактики организации действий при пожаре должен проводиться следующий комплекс организационных мер: должны обеспечиваться регулярные проверки пожарной сигнализации, первичных средств пожаротушения; должен проводиться инструктаж и тренировки по действиям в случае пожара; не должны загромождаться или блокироваться пожарные выходы; должны выполняться правила техники безопасности и технической эксплуатации электроустановок; во всех служебных помещениях должны быть установлены «Планы эвакуации людей при пожаре и других ЧС», регламентирующие действия персонала при возникновении пожара.

Для предотвращения пожара рабочие помещения должны быть оборудованы первичными средствами пожаротушения: углекислотными огнетушителями типа ОУ-2 или ОУ-5; пожарной сигнализацией, а также, в некоторых случаях, автоматической установкой объемного газового пожаротушения [40].

6.3 Экологическая безопасность

В данном разделе рассматривается воздействие на окружающую среду, в ходе исследовательской работы. Разработка устройства и работа за компьютером не являются экологически опасными работами.

При проектировании и изготовлении медицинской техники образуются отходы электронной промышленности. К ним можно отнести не только электронные компоненты используемые для изготовления медицинской техники (резисторы, конденсаторы, микросхемы, печатные платы), но и персональные компьютеры. Современные компьютеры производят практически без использования вредных веществ, опасных для человека и окружающей среды. Исключением являются аккумуляторные батареи компьютеров и мобильных устройств. В аккумуляторах содержатся тяжелые металлы, кислоты и щелочи, которые могут наносить ущерб окружающей среде, попадая в

гидросферу и литосферу, если они были неправильно утилизированы. Для утилизации аккумуляторов необходимо обращаться в специальные организации, специализировано занимающиеся приемом, утилизацией и переработкой аккумуляторных батарей [42]. Переработка электронных отходов включает в себя разделение утилизируемой продукции на компоненты для дальнейшего использования или выделения химически пригодных веществ. Например, драгоценные металлы, редкоземельные металлы, алюминий, кремний и т.д. Печатные платы утилизируются с помощью специальных печей с использованием метода закрытого пиролиза.

Люминесцентные лампы, применяющиеся для искусственного освещения рабочих мест, также требуют особой утилизации, т.к. в них присутствует от 10 до 70 мг ртути, которая относится к чрезвычайно-опасным химическим веществам и может стать причиной отравления живых существ, а также загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы. Сроки службы таких ламп составляют около 5-ти лет, после чего их необходимо сдавать на переработку в специальных пунктах приема. Юридические лица обязаны сдавать лампы на переработку и вести паспорт для данного вида отходов [42].

6.4 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 [34].

Наиболее характерной для объекта, где размещаются рабочие помещения, оборудованные техникой, чрезвычайной ситуацией является пожар.

Наличие в лаборатории большого количества деревянных изделий (столы, шкафы), электропроводов напряжением 220В, а также применение электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами – паяльниками дает право отнести помещение по степени пожаро и взрывобезопасности к категории В.

Каждый сотрудник организации должен быть ознакомлен с инструкцией по пожарной безопасности, пройти инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать его.

Запрещается использовать электроприборы в условиях, не соответствующих требованиям инструкций изготовителей, или имеющие неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией. Электроустановки и бытовые электроприборы в помещениях по окончании рабочего времени должны быть обесточены (вилки должны быть вынуты из розеток). Под напряжением должны оставаться дежурное освещение и пожарная сигнализация. Недопустимо хранение легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ, использование открытого огня в помещениях офиса.

Перед уходом из служебного помещения работник обязан провести его осмотр, закрыть окна, и убедиться в том, что в помещении отсутствуют источники возможного возгорания, все электроприборы отключены и выключено освещение. С периодичностью не реже одного раза в три года

необходимо проводить замеры сопротивления изоляции токоведущих частей силового и осветительного оборудования.

Повышение устойчивости достигается за счет проведения соответствующих организационно-технических мероприятий, подготовки персонала к работе в ЧС [34].

Работник при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) должен:

- Немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01», сообщив при этом адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;
- Принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- Отключить от сети закрепленное за ним электрооборудование;
- Приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- Сообщить непосредственному или вышестоящему начальнику и оповестить окружающих сотрудников;
- При общем сигнале опасности покинуть здание согласно «Плану эвакуации людей при пожаре и других ЧС».

Для тушения пожара применять ручные углекислотные огнетушители (типа ОУ-2, ОУ-5), находящиеся в помещениях, и пожарный кран внутреннего противопожарного водопровода. Они предназначены для тушения начальных возгораний различных веществ и материалов, за исключением веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. Огнетушители должны постоянно содержаться в исправном состоянии и быть готовыми к действию. Категорически запрещается тушить возгорания в помещениях при помощи химических пенных огнетушителей (типа ОХП-10).

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.5.1 Правовые нормы трудового законодательства для рабочей зоны

Регулирование отношений между работником и работодателем, касающихся оплаты труда, трудового распорядка, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и прочих лиц, осуществляется законодательством РФ, а именно трудовым кодексом РФ.

Продолжительность рабочего дня не должна быть меньше указанного времени в договоре, но не больше 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет и инвалидов I и II группы – не более 35 часов.

Возможно установление неполного рабочего дня для беременной женщины; одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до четырнадцати лет (ребенка-инвалида в возрасте до восемнадцати лет). Оплата труда при этом производится пропорционально отработанному времени, без ограничений оплачиваемого отпуска, исчисления трудового стажа и других прав.

При работе в ночное время продолжительность рабочей смены сокращается на один час. К работе в ночную смену не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, матери и отцы-одиночки детей до пяти лет.

Организация обязана предоставлять ежегодный отпуск продолжительностью 28 календарных дней. Дополнительные отпуска предоставляются работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, работникам имеющим особый характер работы, работникам с ненормированным рабочим днем и работающим в условиях Крайнего Севера и приравненных к нему местностях.

В течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам

предоставляются выходные дни, работа в выходные дни осуществляется только с письменного согласия работника.

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы только в случаях установленных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещена дискриминация по любым признакам и принудительный труд [37].

6.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

К организационным мероприятиям при компоновке рабочей зоны относятся работы по организации рабочего места пользователя, позволяющие наилучшим образом организовать деятельность работника, делая его работу максимально удобной и безопасной.

Рабочее место должно быть удобным для выполнения исследовательской работы, учитывать размеры рабочей зоны, а также необходимость передвижения в ней человека. Нарушение требований расположения и компоновке рабочего места может привести к получению работником производственной травмы или развития у него профессионального заболевания.

Конструкция оборудования и рабочего места при выполнении работ в положении сидя должна обеспечивать оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием высоты рабочей поверхности, высоты сидения, оборудованием пространства для размещения ног и высотой подставки для ног. Оптимальные параметры рабочего места при работе за компьютером представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Оптимальные параметры рабочего места при работе за компьютером.

Параметры	Значение параметра	Реальные значения
Высота рабочей поверхности стола	От 600 до 800 мм	700
Высота от стола до клавиатуры	Около 20 мм	20
Высота клавиатуры	600-700, мм	600
Удаленность клавиатуры от края стола	Не менее 80 мм	100
Удаленность экрана монитора от глаз	500-700, мм	500
Высота сидения	400-500, мм	500
Угол наклона монитора	0-30, град.	20
Наклон подставки ног	0-20, град.	0

Конструкция рабочего кресла поддерживает рациональную рабочую позу и позволяет изменять расположение, чтобы снизить статическое напряжение мышц шейно-плечевой области и спины, это позволяет предотвратить утомление и нанесения травмы позвоночнику.

Не рекомендуется располагать компьютеры рядом друг с другом в целях уменьшения действия переменного электрического поля.

На рабочем месте, где выполняется исследовательская работа, все требования к его организации соблюдены. Параметры рабочего места соответствуют установленным к ним требованиям, также учтены особенности психофизического восприятия цвета, поэтому стены рабочей зоны окрашены в спокойные тона.

В ходе исследовательской работы была разработана платформа для стабилметрических измерения, система управления, которая обеспечивает возможность интеграции с другими компонентами комплекса по оценке качества движения и возможность модернизации узлов системы управления

платформой независимо друг от друга. Система управления стабиллоплатформой позволяет контролировать положение стабиллоплатформы, передавать данные о ее положении на компьютер, также система включает в себя систему определению положения платформы.

Проведен анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы и анализ объекта исследования на предмет выявления опасных и вредных факторов, оценка степени воздействия их на человека.

Заключение

В ходе исследовательской работы была разработана платформа для стабилметрических измерения, система управления, которая обеспечивает возможность интеграции с другими компонентами комплекса по оценке качества движения и возможность модернизации узлов системы управления платформой независимо друг от друга. Система управления стабилплатформой позволяет контролировать положение стабилплатформы.

Метод достаточно универсален и уникален. Одно оборудование может использоваться и для диагностических и для реабилитационных целей: провести диагностику пациента и затем, не уходя от аппарата, переключив режим заняться реабилитацией пациента, то есть проведением специальных процедур, которые позволят обучиться удерживать равновесие тела под контролем зрения. При диагностике, реабилитации метод стабилметрии является безальтернативным и не имеющим аналога.

Список публикаций

1. Ханахмедова Г.Б. «Интеграция стабилонетрии с безмаркерным захватом движения» [Электронный ресурс] / Н. В. Чжен, А. В. Фокин; науч. рук. А. В. Фокин // Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов V Всероссийского молодежного форума с международным участием, г. Томск, 18-20 апреля 2017 г. /Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – [С. 253-258].

Список использованных источников

1. Kuczinski M. The second order autoregressive model in the evaluation of postural stability // *Gait Posture*. – 1999. – Vol.9, N1. – P.50-56.
2. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. – М.: Наука, 1965. – 256 с.
3. Скворцов Д.В. Стабилометрическое исследование: краткое руководство / Д.В. Скворцов – М.: Мера-ТСП, 2010 год, – 171 с.
4. Horak F.B., Nashner L.M. Central Programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configuration // *J. Neurophysiol.* – 1986. – N55. – P.1369-1381.
5. Gahery Y. Factors determining centre of pressure movements in the standing position // *Gait Posture*. – 1999. – Vol.9, N1. – P.41.
6. Mori S. Reflexes, synergies and strategies // *Xth Int. Symp. Disorders of Posture and Gait*. – FRG, Munchen, 1990. – P.76-81.
7. Денискина Н.В.
Изучение роли мышц голени и бедра в регуляции позы человека во фронтально-плоскостной стоянии // *Мат. Рос. конф. по биомеханике*. – 1999. – №2. – С.45-46.
8. Brandt T., Paulus W., Straube A. Vision and posture // *Disorders of posture and gait* / Ed by W.Bles, T.Brandt. – Amsterdam: Elsevier, 1986. – P.157-175.
9. Johansson R., Vallbo Å. Spatial properties of the population of mechanoreceptive units in the glabrous skin of the human hand // *Brain Res.* – 1980. – Vol.184. – P.353-366.
10. Покровский В.М. Физиология человека: Учебник. Т.1. / под редакцией Покровского В.М., Коротько Г.Ф., Кобрин В.И. – М.: Медицина, 1997, – 448 с.
11. Shambes G.M. Static postural control in children // *Am. J. Phys. Med.* – 1976. – Vol.55. – P.221-252.
12. Ekhdahl C., Jarnlo G., Andersson S. Standing balance in healthy subjects // *Scand. J. Rehabil. Med.* – 1989. – N21. – P.187-195.

13. Вейн А.М. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение. М.: МИА, 2002, – 752 с.
14. Хиллов К.Л. Функция органа равновесия и болезнь передвижения. – Л.: ВМА, 1969, – 279 с.
15. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений, стабилметрия – М.: Антидор, 2000, – 189 с.
16. Ромашин О.В. Оздоровительная физкультура в восстановительной медицине. – М.: РАСМИРБИ, 2007, – 264 с.
17. Переяслов Г.А., Слива С.С. Особенности программно-методического обеспечения стабิโลграфического комплекса для биомеханических исследований // Мат. Рос. конф. по биомеханике. – 1999. – №2. – С.100-101.
18. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. – Т.1. – М.: Медицина, 1978. – 472 с.
19. Скворцов Д.В. Анализ походки. Проблемы и перспективы // Тез. док. I Всерос. конф. Биомеханика на защите жизни и здоровья человека. – Н.Новгород, 1992. – Т.1. – С.212-213.
20. Розенштейн Б.С., Ярош И.Г., Василькова Е.Т. Биомеханическая оценка исходов проксимальной остеотомии большеберцовой кости при гонартрозе // Медицинская биомеханика. – Рига, 1986. – Т.3. – С.299-303.
21. Суворов А.Ю. Постуральные функциональные пробы в процессе физической реабилитации больных с церебральным инсультом / Автореф. канд. мед. н. – М., 2006. – С.25
22. Фишкин И.В., Скворцов Д.В. Объективизация оценки исходов лечения больных с переломами пяточной кости с помощью биомеханических методов исследования // Тез. док. науч. конф. молодых ученых ИГМИ им. А.С.Бубнова. – Иваново, 1987. – С.69.
23. Чугунов В.С., Васильев В.Н. Неврозы. Неврозоподобные состояния и симпатoadреналовая система. – М.: Медицина, 1984. – С.128-133.

24. Шуляк И.П., Ключков И.Б. Взаиморасположение осей суставов нижних конечностей у детей в проекции на горизонтальную плоскость // Сб. тр. ЦНИИПП Протезир. и протезостроение. – 1975. – Вып.34. – С.53-59.
25. Amblard B., Cremieux J., Marchand A.R. et al. Lateral orientation and stabilization of human stance: static versus dynamic visual cues // *Exp. Brain Res.* – 1985. – Vol.61, N1. – P.21-37.
26. Becker E.L., Butterfield W.J.H., Harwey M.C. et al. *International dictionary of medicine and biology.* – N.-Y.: John Wiley & Sons, 1986.
27. Buck P., Morrey B.F., Chao E.Y. The optimum position of arthrodesis of the ankle. A gait study of the knee and ankle // *J. of Bone and Joint Surgery.* – 1987. – Vol.69, N7. – P.1052-1062.
28. Chao E.Y., Hoffman R.R. Instrumented measurement of human joint motion // *I.S.A. Trans.* – 1978. – Vol.17, N1. – P.13-19 .
29. Elftman H. A cinematic study of the distribution of pressure in the human foot // *Anat. Rec.* – 1934. – N59. – P.481-487.
30. Kamen G., Patten C., Du C.D. et al. An accelerometry-based system for the assessment of balance and postural sway // *Gerontol.* – 1998. Vol.44, N1. – P.40-45.
31. Охрана труда. Основы безопасности жизнедеятельности // www.Grandars.ru. 2016. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/ohrana-truda.html>.
32. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация // Библиотека ГОСТов. 2016. URL: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml> .
33. Ефремова О.С. Требования охраны труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство «Альфа-Пресс», 2008. – 176 с.
34. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Томский политехнический университет. –

- 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.
35. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений // Библиотека гостов и нормативов. 2016. URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/5/5225/ .
36. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник / С. В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 680 с.
37. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы // Библиотека гостов и нормативов. 2016. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39082/#i72870 .
38. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 // Докипедия. 2016. URL: <http://dokipedia.ru/document/5147250> .
39. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-12-1-019-2009-ssbt> .
40. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений // Библиотека гостов и нормативов. 2016. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2107/ .
41. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов // Библиотека гостов и нормативов. 2016. URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/11/11774/

42. СанПиН 2.1.7.1322-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. 2.1.7. Почва, очистка населённых мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы // Библиотека ГОСТов и нормативов. 2016.
URL:http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/11/11774/

Приложение А

Раздел 1 Обзор литературы

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Ханахмедова Гюнель Бахтияр кызы		

Консультант кафедры ПМЭ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ПМЭ	Фокин Александр Васильевич	К.Т.Н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ФТИ _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Ермакова Янина Викторовна			

1 Theoretical basis of stabilometry

1.1 The physiology of balance in the main posture

Body balance in standing position is a process regulated by functional systems of the body, such as vestibular apparatus, central, peripheral, musculoskeletal, and nervous systems. Also, proprioceptive and visual systems exert majority of the load on the balance. The study of the body balance in standing position allows to obtain information about the functional state of the body systems.

Taking into consideration the ideal case of the neutral position of body joints, that is represented by the vector of the body weight going through the center of the joints. Line of the body vector begins its trajectory in the center of the head, then it deflects by 1 cm, and from the fourth lumbar vertebra goes straight, descends through the hip joint, then passes in front of the knee joint and ends on the foothold plane at 4-5cm from the inner side of the ankles (Figure A.1).

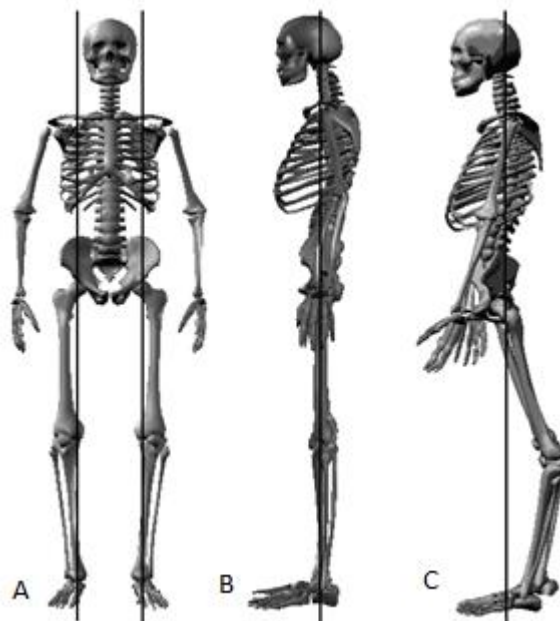


Figure – A.1 The position of the joints of the lower extremities A - neutral in the frontal, B – sagittal planes, C - real neutral position

The study of the central (measured by visual acuity) and peripheral (defined field) vision revealed different effects of these components on maintaining the

balance. In case of deficiency of viscera somatic information, central vision influences the movement control in the frontal plane. In the sagittal plane a significant impact on control of fluctuations has peripheral vision.

A healthy person, the center of pressure is found at a specific location. Figure 2 shows the ideal position of the center of pressure in normal case. There is such a thing as the stability margin, which is typical for mechanical systems. The stability margin shows how big the possibility of balance relative to the average position of the center of pressure. When the front reference surface used for balance, the heel is formed by the tubercles and heads of the metatarsal bones [1].

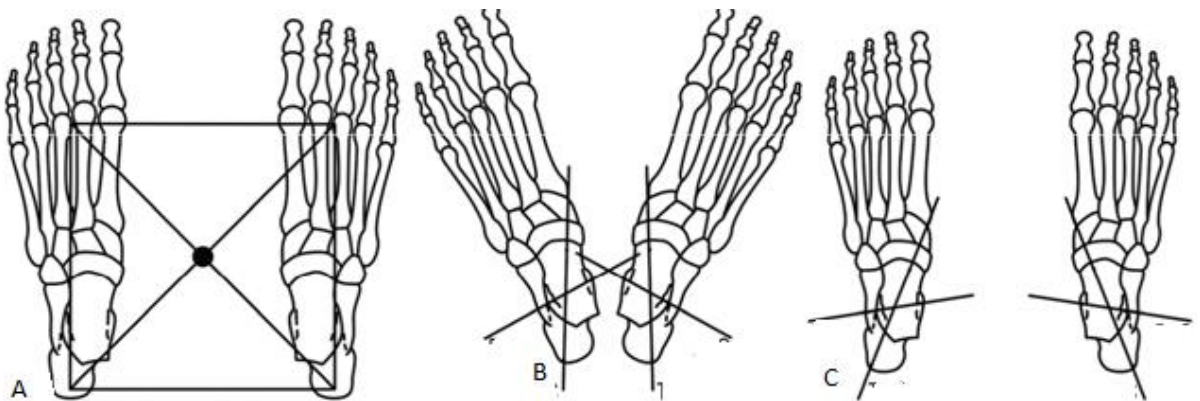


Figure – A.2 And the ideal position of the center of pressure is normal,

B – position of axes of motion in GSS and TPS joints in the European setting of the subject. In the position of GSS and TPS axes of the joints in the American setting

In the situation when the center of pressure is removed from the edges of the support surface, the stability margin is maximum. In the study of healthy people recorded this position. Regardless of the position of the stop relative to each other, the CSD remains unchanged. In a healthy person the average position of the CSD is at a distance of 45.5 mm from the line of ankle joints [2]. For clinical research, the

location information of the center of pressure is the base, as the change of position from the norm will cause change of other characteristics.

There are two basic approaches positioning the patient on a stabilometric platform:

1) the European situation stop, in which a person has a heel stop together, and the socks look at different angles (figure A.2 B).

2) the Us position of feet, the feet are parallel to each other at a small distance (figure A.2)

European stop location convenient for the patient, but the joints are fit together. The advantage of this approach is that the axis of the articulation subtalaris (subtalar joint is formed by a rear collision articular surface of the calcaneus and the posterior calcaneal articular surface of talus) are parallel and their direction is oriented strictly in the sagittal plane. The balance control in the frontal plane depends on the work of these joints [2].

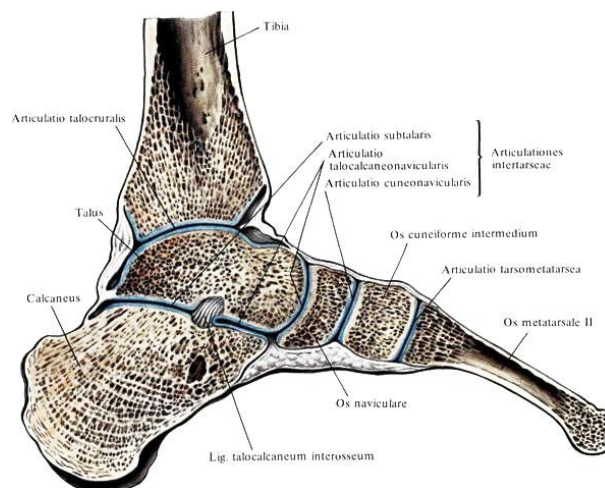


Figure – A.3 Joints and ligaments of the right leg

The American approach is more common in stabilometric studies. However, the parallel stop position relative to each other uncomfortable for most investigated, due to the fact that it is not perceived by the body as natural. Only people engaged in various kinds of martial arts, to perceive such a stop without difficulty.

Consider the vertical position of the person using the model consisting of kinematic chains. The main plane in which oscillations occur, as previously mentioned, is frontal and sagittal. Unlike the frontal plane, the sagittal plane normal has the largest amplitude of center of pressure. D. V. Skvortsov in his work he presented the kinematic model of a person in the position stand as the inverted pendulum, the axis of rotation in which the ankle joints. For normal rack movement at the ankle joints are balancing[3].

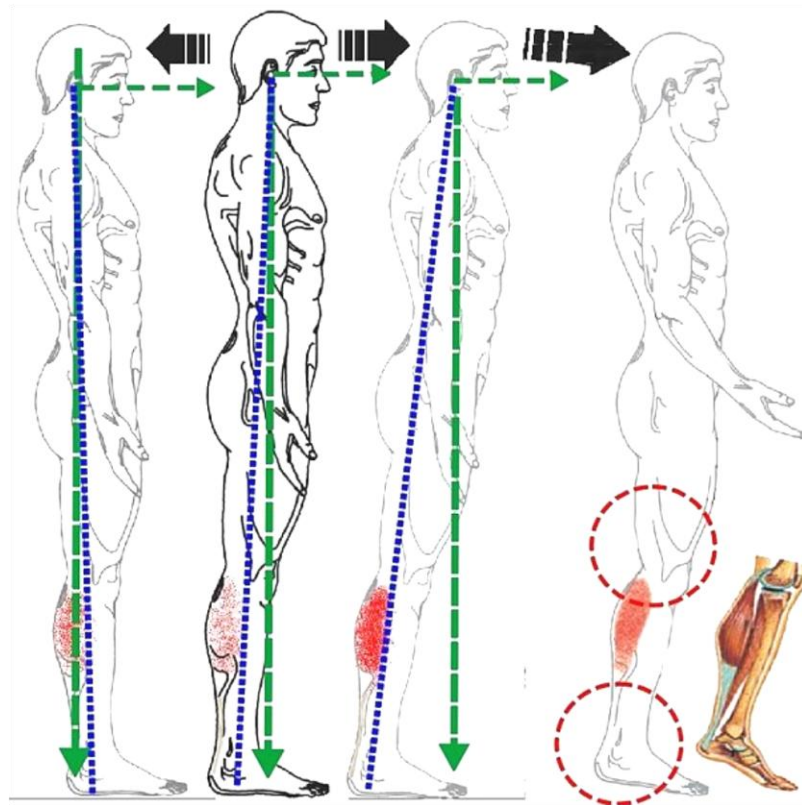


Figure – A.4 Model of the human body in the form of an inverted pendulum

If you count the mechanical pendulum ideal case, the oscillations of the impact arm length of the pendulum. Therefore, the long less, the oscillation frequency of the pendulum anymore.

In a healthy person, whose body is the position of the front, knee and hip joints are in the position of the passive circuit and to maintain this position does not require energy. The balancing act is not involved the human body. Therefore, the balancing

action is only possible in the ankle joints. For control of the ankle joints are responsible mainly two muscles: the triceps and anterior tibial muscles of the Shin.



Figure – A.5 Triceps and anterior tibial muscles of the Shin

The center of gravity of the human body is located in front of the promontory of the pelvis. The projection axis passes in front of the front knee and ankle joint and behind the hip joints. The hip joints are closed Bertineau ligament and maintain its position without expending energy. External moment of force striving to separate the hip joints, but physiology is not happening. External torque forces are also affects the joints in the knees. Joint deduction is a passive tension of the ligaments of the back surface of the joint and the articular capsule. External torque tends to bend the ankle joints. When the balancing movements of the ankle joint is possible only of the active

circuit under the action of the triceps surae muscle. This muscle provides the power works, and correctional anterior tibial muscle. The triceps muscle consists of two gastrocnemius and soleus muscles. The calf muscles work on flexion and extension of the ankle joint. The soleus muscle is responsible for balance control. In view of such anatomical and physiological features while maintaining a balance revealed a strategy called ankle strategy [4].



Figure – A.6 The components of the triceps

Researchers have discovered a pathological hip strategy in the sagittal plane. This type of strategy is the maintaining balance of a sharp movement in the hip joints [4].

One of the most important parameters in stabilometric studies is the distance between the feet, the base of support. Change the value of the base of support can reduce or increase the ability to maintain balance. Wide distance between the feet holds a body in the greatest stability and forms a geometric shape in the form of a trapezoid (figure A.7 B). A narrow base of support makes it difficult to hold balance. The decrease in the stability of maintaining the balance at a small distance between the feet it was noted by many researchers. British scientists have discovered an increase in the balance stability of the body while increasing the value of the base of support, but only in the frontal plane.

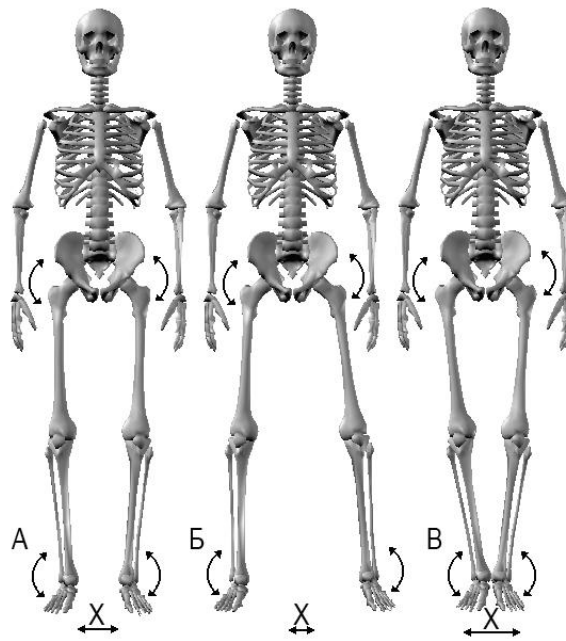


Figure – A.7 Stop setting: A – normal, B – more sustainable,
In – less stable

When the support reaches a value of 16 inches or above the vertical position of the person becomes stable as possible. Data were obtained in the study of the relationship between the value of the support base and change the position of the center of pressure. In the sagittal plane the movement thus changes in the ratio of 1:1, and in the front while increasing the load on one of the legs in fifty percent modifies the position of the center of pressure on a twenty-five percent of the distance between the centers of the stop [5].

The balance control in the position of the front differs from the condition when walking. Move the TSD in the position of the strut has an area of about one hundred square millimeters (one square centimeter). Then the system responds even to minimal internal and external influences – this system is called thin balance control vertical posts.

Influence on the deviation of the center of pressure has not only impulses from triceps surae muscle, but cardiac activity (with slow frequency – times per minute). Also during research it was found influence on the deviation TSD of the dentition, for

example, characteristic changes in muscle tone. This feature is used in dental practice to detect the hidden defects of the prosthesis. Another identified feature of the studies has been the reduction in the CSD, in the absence of mental load [3].

Scientist S. Mori proposed to divide into three groups, mechanisms to sustain and control the balance of: strategy, reflexes, and synergy. Type of strategy represents the performance of complex movements consciously or unconsciously, that allows to obtain the required results for research. The concept of the reflex determines the automatic responses of the nervous system at constant conditions. A type of synergy is a movement which is close in kinematic characteristics [6].

Deniskina N. In. the studies came to the conclusion that for maintaining balance in the frontal plane answer the thigh muscles [7].

Having carried out a series of experiments by scientists from Canada, Switzerland and the Netherlands to study the balance in the position of the stance when the position of the support was changed, it was suggested that the balance controls are influenced by the hip and trunk receptors, and not by the lower extremities. That is, if we talk about the hierarchy of receptors that affect the balance correction, it will look like this: proprioception of the hip, the entire lower limb and the vestibular. To study the changes in proprioceptive feelings, modulation of proprioceptors using vibrators is used. Japanese researchers conducted experiments in which a vibrator with a frequency of 100 Hz was used and acted on the Achilles tendon. And here are the conclusions drawn: as with open and closed eyes, the deviation of the pressure center increases, while the frequency maximum of the spectrum does not decrease. In studies, a more radical method can be used-to ensure the vibration of the entire platform, while the deviation of the pressure center also increases. The galvanic stimulation of the vestibular nerve also has the same effect on the balance.

1.2 Neurophysiology of balance

Posturology is a happy young region, which has been studying the provisions of the human body in three dimensions. This system is responsible for functions such as maintain balance in the main stand, the adaptive capacity under changing conditions, allows the generation of the muscle response to various types of human movement.

The normal balance in the main rack is provided, as previously mentioned, the voltage of the soleus muscle. A healthy person, being in the position of the main stand, has the ability to change the position of the center of pressure within the footprint. For control on the external changes that contribute to the violation of the balance correspond to three motor systems: reflex intermediate tension, the role of which is to restore balance through rapid muscle response; proprioceptive receptors of muscles and tendons, which through afferent impulses detect deviations; vestibulospinal reflexes responsible for the transmission of automatic reactions.

There are three main strategies to maintain balance

- 1) the ankle;
- 2) the hip;
- 3) the third step in the direction of motion of the center of pressure [3].

1.3 The systems involved in maintaining the balance sheet

The process of maintaining a balance of methods such as:

- * Central nervous system includes reflexes tension;
- * Musculoskeletal system involves the muscles of the neck, torso and the muscles of the lower and upper limbs.
- * Sensory system consists of the vestibular system, visual, proprioceptive and sensitive receptors in the skin. The system is informative about the position of the

human body in space. With the help of afferent pathways information from receptors is transmitted to the Central nervous system. Sensory receptors convert energy of various forms.

These systems are very important in the process of maintaining the provisions of the strut.

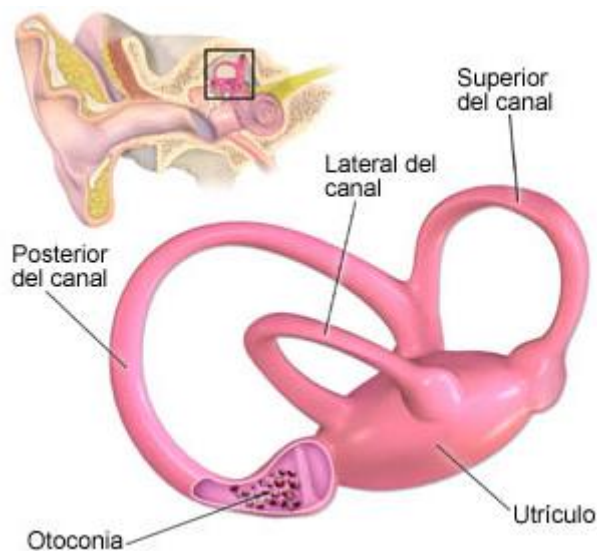
1.4 The role of the functional structures involved in maintaining the balance sheet

1.4.1 The influence of the visual analyzer

The role of vision in maintaining balance significant, but it is possible to compensate it at the expense of other sensory systems. When postural control efficiency depends on parameters such as visual contrast, visual activity room lighting. The best condition for visual perception is the distance to visible landmarks up to two meters. This information can be used for research with open eyes and due to this it is possible to reduce the influence of the visual apparatus [8].

1.4.2 Vestibular system

Semicircular canals, oriented in three perpendicular planes are the main receptors of the vestibular system. When you change the location of the human head in space is the displacement, which is the natural stimulus for the semicircular canals. These channels are very sensitive. That is, in a quiet position in the main stand for the maintenance of balance is regulated in the absence of active influence on the part of the vestibular apparatus.



The figure – A.8 Semicircular canals

1.4.3 Proprioceptive and exteroceptive system

To obtain information about body position by using proprioceptive and exteroceptive system. Proprioceptive receptors located in joints, tendons and muscles. These receptors carry information about the position of the body, the muscles. On the surface of the sole of the foot are pressure receptors, which comes exteroceptive information. Pressure receptors located in the skin and under it. Receptors located in the capsule of joints, have information about the position of body segments relative to each other. Their role in the control of balance are not fully understood [9].

1.4.4 Skeletal-muscular system

When balancing of the body involves the entire musculoskeletal system. During the movement of the human body, the first muscles that are activated are, firstly, the triceps muscle, then the supraspinal, semimembranous, semitendinous, and neck muscles. There are muscles involved in the reflex movements with different latency times. When you stretch the muscle proprioceptive receptors. Central nervous system postural control comes from proprioceptive receptor signal about the change in length of the muscles. To muscle response to impact wore adequate, it is necessary coherence of the actions of the muscles. One of the models describe the

balance: tight passive model, which is a tight ankle joint is formed due to the action of the Central nervous system with muscle tone. Other researchers believe that the receptors, which are located on the surface of the foot, and muscles play a major role [9]. Today the preference is given to the model of an inverted pendulum. In this model, the stabilization is due to the work of soleus muscle [3].

1.4.5 The Central nervous system

The brain and spinal cord involved in the maintenance of body balance. Thalamic nucleus generate impulses in cortical neurons. Nuclei transmit information from the cerebellum, spinal cord and basal ganglia. Responses to change of posture starts with the help of spinal reflexes. Via synapses the excitation of the Central nervous system. In arbitrary motion signals sent to the muscles via the extrapyramidal and pyramidal cells. For the control of voluntary movements and the segmental reflexes responsible spinal motoneurons and interneuron. Using the pyramidal cells of the motor neurons and interneuron peredays information about commands. The main element of the extrapyramidal system is the basal ganglia that are associated with the caudate nucleus, the Globus putamen and pallidum. While maintaining a balance of the basal ganglia and nucleus facilitate planning of movement. In turn, the cerebellum and its components help to smooth out excessive reflex movement.

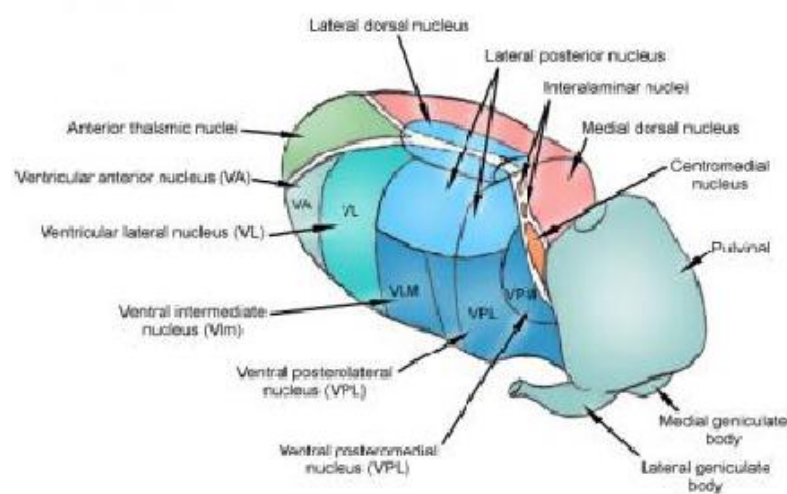


Figure – A. 9 Thalamic nucleus

Central nervous system carries out complex functions: to produce analysis of all information received from visual, vestibular, proprioceptive, exteroceptive system. This all contributes to the maintenance of balance of the human body in the main position [3].

1.4.6 Anthropometric factors

Representation of the mechanical model taking into account the actual size is of immediate relevance. When building such models it is necessary to consider human height, the distance between the joints. Such a model can be used for segmental analysis. She has a strong influence of anthropometric factors. The study showed that people with high growth fluctuations of the body more than people who have low growth. The size of the foot also plays an important role. A person with low height and small distance from the support to the knee joint has a high risk of falling on a static platform. People with less weight close to the ideal case of balance of the body.

So by nature men are taller than women that they have less stability. Thus, the strategy of maintaining balance is excellent.

1.4.7 Age, Constitution and gender

In 1976, studies were conducted in which nine-year-old children had higher stability and activity of the limbs during the execution of the buildings was less than in children under the age of four. These same researchers have discovered in five children is more pronounced compensatory response [11]. Other researchers were not found differences in the position of the center of pressure and vibrations of the body in children of different ages. Also, it was concluded that children, after seven years, have postural reaction similar to the reaction of adults. The same results were obtained in 1984 [3]. The entrance of the experiments it turned out that not only growth affects the stability of the balance. In girls, the stability higher than that of

boys. But at this age of boys the values of oscillations of the center of pressure decrease, and the girls this is not observed.

Research in the field of stabilometry, have conflicting findings: some studies showed that women have the values of velocity and amplitude of center of pressure is less than [12]. And the research of other authors contradict the above[13]. However, older men fall less often than women of the same age.

Many researchers confirm the fact that with age, the stability of the balance is reduced [3]. The difference in the studies may not have been as controversial if all the measurements were performed by one technique and one stabiloplatform. In studies conducted among males aged thirty-one years to seventy-five in the total number of three hundred and eighteen people showed a decrease of the stability of the balance with increasing age. Perhaps this is due to changes in the nervous system. These changes lead to malfunction of the visual and proprioceptive analyzers.

Functions such as visual, vestibular and somatosensory decreases with age. Throughout life, the number of chronic diseases is increasing, medical treatment and past illnesses, operations change in human health. All this has a great influence on the stability of maintaining the balance in the main rack.