

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

Институт неразрушающего контроля (ИНК)
Направление подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка равновесия человека в условиях сенсорной диссоциации

УДК 616.8-009.27-072.7:616.28-008.5-047.43:004.946

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Ли Вениамин Владиславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Толмачев Иван Владиславович	К.М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ ИНК ТПУ	Губарев Федор Александрович	к.ф-м.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

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), 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 биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
Р7	Использовать глубокие знания в области проектного менеджмента для ведения инновационной инженерной деятельности с	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-14, 15). Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с

	учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	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 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭПП

(Подпись) _____ (Дата) Губарев Ф.А.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Д31	Ли Вениамину Владиславовичу

Тема работы:

Совершенствование тактики тушения пожаров на объекте металлургической отрасли	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.02.2017, № 799/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1. Среда виртуальной реальности для проведения постуральных тестов2. Система регистрации движений Kinect3. Групп исследования – пациенты с неврологическими нарушениями и добровольцы <p>Проведения оценки траектории движения точек тела у пациентов с неврологическими заболеваниями с использованием постуральных тестов в условиях виртуальной реальности.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>- Аналитический обзор литературы с целью выбора методов оценки вестибулярной системы и постуральных тестов с использованием виртуальной реальности для пациентов с неврологическими заболеваниями;</p> <p>-Проведение исследований для создания базы данных трёхмерных координат траектории движения точек тела у пациентов;</p> <p>-Проведение анализа базы данных трехмерных координат траектории движения точек тела.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Юлия Игоревна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.09.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Толмачев Иван Владиславович	к.м.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Ли Вениамин Владиславович		

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 Бакалавриат
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.06.2016	Учебно-исследовательская работа в 6 семестре	100 баллов
30.12.2016	Учебно-исследовательская работа в 7 семестре	88 баллов
22.04.2017	Учебно-исследовательская работа в 8 семестре	100 баллов
21-22.06.2017	Защита бакалаврской работы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Толмачев Иван Владиславович	К.М.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Д31	Ли Вениамину Владиславовичу

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.04 Биотехнические системы и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 23100 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Премиальный коэффициент студента 30%; Доплаты и надбавки руководителя 50%; Доплаты и надбавки студента 50%; Дополнительной заработной платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. SWOT-анализ
3. Диаграмма Ганта
4. Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Ли Вениамин Владиславович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Д31	Ли Вениамину Владиславовичу

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.04 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	Проведения оценки траектории движения точек тела у пациентов с неврологическими заболеваниями при помощи виртуальной реальности. Виртуальная реальность может использоваться для реабилитации и диагностики вестибулярных нарушений в различных медицинских учреждениях. Рабочее место расположено в лабораторном помещении, оснащено компьютером, рабочим столом, лабораторным оборудованием, лампами для освещения рабочей зоны.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> -повышенная или пониженная температура воздуха рабочей среды -повышенная или пониженная влажность воздуха -недостаточная освещенность рабочей зоны -повышенный уровень шума на рабочем месте -повышенный уровень электромагнитных излучений <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пожаровзрывобезопасность; - электробезопасность
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>Объект не оказывает воздействия на окружающую среду.</p> <p>Утилизация оборудования.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>- Наиболее вероятная ЧС техногенного характера - пожар;</p>

	- Наиболее вероятная ЧС природного характера – сильные морозы.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - компоновка рабочей зоны; - режимы труда и отдыха.

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
1Д31	Ли Вениамин Владиславович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 87 страниц, 30 таблиц, 29 источников, 29 рисунков.

Ключевые слова: неврологические заболевания, виртуальная среда, очки виртуальной реальности, Kinect.

Цель работы – провести оценку траектории движения точек тела у пациента с болезнью Паркинсона при воздействии виртуальной реальности по результатам данных бесконтактной системы захвата движения в процессе выполнения поструральных тестов.

В ходе работы были проведены обзор поструральных исследований в процессе воздействия виртуальной среды у неврологических больных, создание базы данных трехмерных координат движения выделенных точек тела у пациента с болезнью Паркинсона в процессе воздействия виртуальной реальности, анализ траектории движения точек тела у пациентов с болезнью Паркинсона;

В разделе «Экономической эффективности предлагаемых решений» произведен расчет экономических показателей, подтверждающих эффективность данной работы.

В результате исследования был произведен анализ траектории движения точек тела у пациента с неврологическими заболеваниями, а также построены графики оценки движений.

Перечень стандартов,

используемых при оформлении пояснительной записки и чертежей.

- 1) СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
- 2) СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение;
- 3) СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;
- 4) ГОСТ 12.1.003–83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
- 5) ГОСТ Р 12.1.019–2009. ССБТ. Общие требования и номенклатура видов защиты;
- 6) ГОСТ 12.1.030–81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление;
- 7) ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

Оглавление

Введение.....	15
Глава 1. Обзор литературы.....	17
1.1 Равновесие тела человека.....	17
1.2 Методы оценки функции равновесия	17
1.2.1 Постуральные тесты	17
1.2.2 Инструментальные методы.....	20
1.2.3 Реабилитационная система до появления Kinect.....	22
1.2.4 Датчик Kinect. Оценка точности и надежности Kinect.....	23
1.2.5 Удобство использования Kinect–подобных датчиков в диагностике и реабилитации.	25
Глава 2. Материал и методы исследования	27
2.1 Интегральный критерий оценки состояния биосистем	27
2.2 Программа статистической оценки состояния	30
2.3 План исследования.....	33
2.3.1 Исследование №1	33
2.3.2 Исследование №2	34
2.3.3 Исследование № 3	36
2.4 Алгоритм обработки данных	37
Глава 3. Результаты.....	40
3.1. Сравнение контрольной группы с исследуемыми группами в состоянии открытые глаза при $\Delta t = 1$ секунда.....	40
3.2. Сравнение контрольной группы с исследуемыми группами в состоянии закрытые глаза при $\Delta t = 1$ секунда	42
3.3 Сравнение состояний открытые/закрытые глаза при рассеянном склерозе при $\Delta t = 1$ сек	43
3.3 Сравнение состояний открытые/закрытые глаза при болезни Паркинсона $\Delta t = 1$ секунда.....	44
3.4 Сравнение контрольной группы с исследуемыми группами в состоянии открытые глаза при $\Delta t = 2$ секунды.....	45
3.5. Сравнение контрольной группы с исследуемыми группами в состоянии закрытые глаза при $\Delta t = 2$ секунды	46

3.6 Сравнение состояний открытые/закрытые глаза при рассеянном склерозе $\Delta t = 2$ секунды.....	48
3.7 Сравнение состояний открытые/закрытые глаза при болезни Паркинсона $\Delta t = 2$ секунды.....	48
3.8 Общая интегральная оценка $\Delta t = 1$ секунда.....	49
3.9 Общая интегральная оценка $\Delta t = 2$ секунды.....	50
Вывод.....	51
Глава 4. Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	52
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	53
4.1.3 SWOT-анализ.....	55
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	56
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	56
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	57
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	58
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	62
4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	62
4.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	63
4.2.4.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	66
4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнительной системы.....	67
4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	67
4.2.4.6 Накладные расходы.....	68
4.2.4.7 Формирование бюджета затрат НТИ.....	68
4.3 Определение эффективности исследования.....	69
Глава 5. Социальная ответственность.....	71
Введение.....	71
5.1 Производственная безопасность.....	71
5.2 Экологическая безопасность.....	77

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	79
5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	81
Вывод.....	83
Заключение	84
Список использованных источников	85

ВВЕДЕНИЕ

Неврологические заболевания – это патологические изменения, которые происходят в нервной системе человека, затрагивают ЦНС и ПНС (нервные сплетения, корешки, спинной и головной мозг). Неврологические заболевания сопровождаются: головными болями, проблемами с координацией, тремор (дрожь), и т.д. Перечисленные симптомы могут проявляться как единично, так и в комплексе.

К основным неврологическим заболеваниям, которые чаще всего встречаются у людей: инсульт, болезнь Паркинсона, невралгия различного рода, судороги и т.д. [26]

Инновационные технологии очень быстро развиваются, за счет компьютерных разработок, стало возможно создать виртуальную реальность – это модель трехмерной окружающей среды, в которой пациент может взаимодействовать с виртуальным миром. При помощи виртуальной реальности можно ускорить восстановление пациента после перенесённой неврологической болезни или провести диагностику вестибулярных нарушений. Данная система позволяет максимальной погрузить пациента в виртуальную среду за счет очков виртуальной реальности (Google VR) и бесконтактной системы захвата движения камеры Kinect. Взаимодействие лекарственных препаратов и данной технологии может дать положительные результаты и повысить качество жизни пациентов.

Цель данной работы: Провести оценку траектории движения точек тела у пациента с болезнью Паркинсона при воздействии виртуальной реальности по результатам данных бесконтактной системы захвата движения в процессе выполнения постуральных тестов.

Задачи:

1. Провести обзор методов постуральных исследований в процессе воздействия виртуальной среды у неврологических больных.

2. Создать базу данных трехмерных координат движения выделенных точек тела у пациента с болезнью Паркинсона и рассеянным склерозом в процессе воздействия виртуальной реальности с использованием системы бесконтактного захвата движения Kinect.
3. Провести анализ траектории движения точек тела у пациентов с болезнью Паркинсона и рассеянным склерозом в процессе воздействия виртуальной реальности.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Равновесие тела человека

Равновесие тела — состояние покоя тела в пространстве, в частном случае — устойчивое положение тела относительно окружающей его среды. Равновесие тела подразделяется на два типа: статическое и динамическое. При статическом равновесии тела проекция общего центра тяжести тела находится внутри площади опоры. Динамическое равновесие тела достигается за счет подведения площади опоры под сместившуюся проекцию центра тяжести тела [1].

1.2 Методы оценки функции равновесия

Методы оценки функции равновесия тела человека входят, как раздел в науку постурология.

Постурология (от лат. postura – поза) – это область человеческих знаний, занимающихся изучением осанки, механизмов поддержания вертикальной позы и равновесия человеческого тела, так называемого прямостояния, – как в норме, так и при развитии ряда патологических состояний и нарушений конфигурации позвоночника, а также определением (диагностикой) истинных причин этих нарушений [11].

Методы оценки функции равновесия подразделяются на качественные и количественные. Первичными методами исследования неврологических больных, которыми пользуются врачи–неврологи, являются анамнез жизни пациента, клинические пробы и различные неврологические тесты. Для объективного измерения и оценки постурального расстройств применяются инструментальные исследования [24].

1.2.1 Постуральные тесты

Постуральные тесты оценивают состояние функции поддержания равновесия тела человека, изменения двигательной активности, а также тяжесть заболевания [25].

Проба Ромберга (используется для обнаружения атаксий) – пациент стоит с закрытыми глазами и вместе стоящими стопами. Если имеются атаксии, то пациент пошатывается в стороны или падает.

Усложненная проба Ромберга – пациент ставит стопы таким образом, чтобы они находились на одной линии и, чтобы пальцы одной из ног касались пятки другой; затем менялось положение.

Для выявления динамической атаксии проводятся координационные пробы.

Пальце – носовая проба: пациент стоит с закрытыми глазами, после чего отводит одну руку в сторону, касается этой рукой до кончика своего носа (сначала одной, потом другой рукой). Может наблюдаться нечеткость выполнения пробы, мимопопадание и тремор.

Пяточно – коленная проба: пациент лежит на спине, касается пяткой колена другой ноги (вначале с открытыми, а затем с закрытыми глазами).

Проба Стюарта – Холмса (рис. 4): пациент сгибает руку в локтевом суставе, др. человек с силой удерживает руку пациента, после чего внезапно отпускает. Рука пациента ударяется в грудь – симптом при гиперметрии.

При оценке проб следует обращать внимание на плавность, соразмерность и точность с обеих сторон [12].

Используют специальные пробы для выявления асинергии.

Проба Бабинского (рис. 5): пациент лежит на спине со скрещенными руками на груди и просят его подняться, не прибегая к помощи рук. Если пациент не может поднять туловище, а ноги пациента поднимаются – это свидетельствует о наличии асинергии [13].

Пробу выполняют в четыре этапа:

- 1 – стояние на двух ногах с открытыми глазами;
- 2 – стояние на двух ногах с закрытыми глазами;
- 3 – стояние на одной ноге с открытыми глазами;
- 4 – стояние на одной ноге с закрытыми глазами.

Внимание обращают на различие между выполнением пробы с открытыми и закрытыми глазами. Люди с серьезными вестибуло–моторными нарушениями падают, как только закрывают глаза.

Значение пробы Уемуры оценивается ее по 5–бальной шкале:

0 баллов – устойчиво стоит 15 с. без покачивания, не балансирует руками;

1 балл – стоит 15 с., немного раскачивается;

2 балла – стоит 15 с., балансируя руками (рука достигает уровня плеча);

3 балла – стоит на одной ноге менее 15 с., не может устоять на месте;

4 балла – падение при вставании на одну ногу с закрытыми глазами;

5 баллов – падение, сразу при закрытии глаз, стоя на двух ногах [17].

Шаговая проба Фукуды вариабельна и очень чувствительна к вестибулярным нарушениям. В диагностической комнате рисуют два концентрических круга с диаметрами в 0,5 и 1,0 м. В этих кругах проецируют четыре взаимно перпендикулярных диаметра с углом 45° между каждой парой. Обследуемому предлагают стать в центре, подравнявшись по одному из диаметров и закрыть глаза. После чего предлагают сделать 100 шагов на месте.

Оценивается три параметра:

- расстояние смещения
- угол смещения
- угол вращения

Расстояние смещения вперед от 0,2 до 1,0 м. с углом смещения до 30° и вращением до 30° рассматривают как норму. Отсутствие смещения или смещение назад полагают как симптом грубого нарушения функции. Направление смещения и вращения могут указывать латерализацию повреждения.

Оценку делают по 3–бальной шкале:

0 баллов – смещение вперед на расстоянии 0,2–1,0 м и угол до 30° ;

1 балл – смещение менее 0,2 м или более 1,0 м;

1 балл – смещение на угол более 30° ;

1 балл – ротация на угол более 30° [20].

1.2.2 Инструментальные методы

Компьютерная стабилметрия — метод исследования функции равновесия организма, являющийся объективным методом оценки характеристик баланса тела [6]. Метод стабилметрии позволяет выявить отклонение от функциональности при заболеваниях вестибулярного и зрительного анализатора, позвоночника, нервной системы, равномерности распределения опоры на конечности, функциональное состояние суставов нижних конечностей, нарушений баланса при сколиозах, после травм и операций [19]. Стабилметрия подразделяется на динамическую и статическую.

Статическая стабилметрия – тесты на равновесие. Проводят исследования на платформе с открытыми и закрытыми глазами, а также с использованием между платформой и стопой обследуемого различных геометрических предметов, уменьшающих устойчивость. Динамическая стабилметрия исследует в изменяющихся внешних условиях стойку (изменение угла и перемещения платформы) [7].

Основные тесты при стабилметрии:

- Проба Ромберга – пациент стоит с закрытыми глазами, стопы вместе. Обследуемый становится в положение стопы вместе, глаза закрыты. Идея теста заключается в исключении влияния зрительного анализатора. Пациент сохраняет вертикальное положение исключительно за счет проприорецепции [9].
- Оптикинетическая проба — метод исследования функции зрительно–вестибулярного анализатора, основанный на изучении характера нистагма, возникающего при фиксации взгляда на непрерывно перемещающихся предметах, например, на черных и белых полосах. Пациент при этом исследовании стоит ровно, прямо, как и при стабилметрии, и смотрит в центр монитора, если зрительная стимуляция выводится на компьютерный монитор. Важными условиями

являются прямое положение головы обследуемого, положение центра монитора на уровне глаз и соблюдение заданного расстояния между глазами и монитором [8,21]

Имеются тесты на частичное снижение проприорецептивного чувства. На стабиллоплатформу ложится мягкий ковер, который при стоянии снижает пульсацию от механорецепторов давления на поверхности стоп [22,10].

Акселерография – исследование походки и функционального состояния опорно–двигательной системы. Метод основан на анализе сравнительно низкоамплитудных и высокочастотных компонентов движения, которые не находятся под прямым контролем сознания. Вибрационные ускорения регистрируются при выполнении естественных движений и специальных двигательных тестов [16].

Ихнография – метод измерения пространственных параметров шага. Диагностическая информативность метода повышается при применении функциональных проб в различных режимах и условиях передвижения человека. Суть методики заключается в следующем – пациент проходит по темной поверхности, на которой остаются белые следы от подошвенной поверхности стоп, обработанные мелом. По данным следам измеряют пространственные параметры шагов [20].

Методы с использованием систем захвата движений.

Выделяют два основных семейства датчиков, которые были широко использованы в захвате движения человека для реабилитации: оптоэлектронные и не оптоэлектронные датчики. Оптоэлектронные датчики используют следующие виды систем захвата движения:

1. Маркерные системы для захвата движения используют специальное оборудование. На человека крепятся датчики (маркерами), он производит различные движения, принимает условленные позы. Используя данные с маркеров и компьютер, можно создать трехмерную модель, которая воспроизводит движения человека. Существующие маркерные системы захвата движения различаются в используемых принципах отслеживания

движений. По данному критерию выделяют оптические пассивные/активные, магнитные, механические, гироскопические системы.

2. Безмаркерные системы не требуют специальных датчиков или специального костюма. Безмаркерная технология основана на алгоритмах компьютерного зрения и распознавания образов. Съемка производится с помощью обычной камеры (или веб-камеры) и персонального компьютера. Благодаря тому, что безмаркерные системы захвата движения не требуют специальных датчиков (маркеров), становится возможным определение движений людей, не имеющих специализированного костюма [27].

В неоптоэлектронные датчики включают три вида систем:

1. Инерционная система для захвата движения осуществляется с помощью инерционных миниатюрных датчиков, алгоритмов слияния датчиков и скелетной модели человека. Инерционные датчики в сочетании с другими средствами захвата движения могут использоваться в реабилитации.
2. Магнитная система для захвата движения состоит из передатчика и приемника. Такая система вычисляет положение и ориентацию каждого приемника путем измерения относительного магнитного потока в трех ортогональных катушках, как на приемнике, так и на передатчике. Магнитные датчики очень чувствительны к наличию магнитных материалов.
3. Механическая система

1.2.3 Реабилитационная система до появления Kinect

Sucar L.E. и др. в 2009 году в Германии разработали недорогую систему веб-игр для виртуальной реальности (VR) при помощи 3D-модели. Введение в игру способствовало повторяющимся движениями путем вовлечения пациента. Данная система требует калибровки и использует цвет сегментации для обнаружения цвета кожи пациента. Основными недостатками этой системы является то, что 1) система может запутать человеческую руку с

объектами, которые имеют такой же цвет, как человеческая кожа (например, деревянная поверхность), 2) пациент должен носить длинные рукава, чтобы закрыть предплечья, в противном случае предплечья ошибочно определяются системой и центром обнаруженной зоны (рука + предплечье) будет находится за пределами определяемой зоны. Авторы провели 11 исследований над пациентами, перенесших инсульт, 5 из которых были контрольной группой. Результаты тестов показали, что терапия VR была столь же эффективной, как и обычное лечение.

В другой работе, используя двойную камеру безмаркерного захвата движения, Evvet и др. разработали платформу для реабилитации после инсульта. Их система использовала веб-камеру и тепловую камеру для распознавания жест рук. Ограничением этой системы являлось то, что она требует подготовки распознавания жестов, а также она распознает только два жеста (открытой и закрытой кисти руки).

Pridmore T. и др. разработали среду смешанной реальности (MR) для реабилитации после инсульта. MR представляет собой интерфейс между реальной и виртуальной средами. Позволяет пациенту иметь больше смысла реализма, чем виртуальная среда реальности [27].

Общий недостаток в большинстве из вышеупомянутых систем является то, что они не используют пространственные методы калибровки. Вместо этого они полагаются на обнаружение стороны субъекта в пространственном изображении, что означает, что расстояние между пользователями и камерами влияет на измерения.

1.2.4 Датчик Kinect. Оценка точности и надежности Kinect

«Kinect» разработан фирмой Microsoft (рис.6). Система бесконтактного захвата движения «Kinect» – достаточно новый способ исследования функций движения и равновесия. Она дает возможность записи данных о трехмерных координатах различных точек тела при движении обследуемого без

использования датчиков, закрепленных на его теле, что обеспечивает удобство проведения неврологических тестов.

VGA камера «видит» и записывает ваши движения в цвете, с частотой 30 кадров в секунду. В верхней части Kinect расположены сенсоры: инфракрасный – «прощупывает» пространство, а монохромный CMOS–сенсор делает 3D-проекцию из получаемых данных и отслеживает перемещение людей в проекции.

На основе данных о глубине Kinect создает цифровое представление вашего скелета. Kinect улавливает движения при перемещениях влево или вправо, прыжках или приседе [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].



Рис. 1. Система бесконтактного захвата движения «Kinect»

Захват движения с использованием Kinect становится все более популярным в физической терапии и реабилитации; следовательно, понимание ограничений датчика Kinect имеет важное значение. Было несколько попыток оценить измерения в Kinect в количественном отношении.

Например, Obdrzalek и др. указали 6 физических упражнений для изучения позы точности Kinect. Результаты показывают, что Kinect является хорошим вариантом для использования в качестве интернет – устройства захвата движения из-за его низкие цены. Тем не менее, отслеживания скелета Kinect страдает от закупорки или имеющихся объектов, такие как стулья в сцене (нога стула может быть обнаружен как ноги индивидуума в сидячем режиме). Таким образом, разработчики должны рассмотреть возможность решения таких проблем, как окклюзии, самостоятельной окклюзию и нетрадиционные позы тела или использование инвалидного кресла/ходоков. Mobini и др. впервые использовал изготовленную модель верхней части тела. Затем они оценили перемещение между различными суставами с помощью Kinect и сравнили их с фактическими значениями из модели. Fernández–Baena A. и др. по сравнению точности при вычислении совместных углов между Kinect и

Vicon. На основании полученных результатов, Kinect является достаточно точным для большинства клинических реабилитационных процедур. В подобной попытке, Dutta T. исследовал Kinect на то, что является ли достаточно чувствительным, чтобы использовать в качестве устройства 3D MoCap. Stone E.E. и Skubic M. Подтвердили приемлемую точность [32,33].

Tanaka K. исследовал возможность использования различных интерфейсов игровой консоли для реабилитационных программ. Например, Tanaka и др. выбрал Sony PlayStation Move, Nintendo Wii и Microsoft Xbox 360 Kinect, чтобы сравнить их с точки зрения спецификации, требуемого терапевтического движения, и захваченного движения; их результатами, стало положительно решение на использование этих интерфейсов. Mortensen J. и др. использовал различные видео игровых консолей для реабилитации 15 женщин с синдромом фибромиалгии (FMS); пациенты сообщили, что их вмешательство, как полезное отвлечение от их хронической боли и сообщил, что Kinect был их привилегированной консолью по сравнению с Nintendo Wii и PlayStation 3 Move [27].

1.2.5 Удобство использования Kinect-подобных датчиков в диагностике и реабилитации.



Рис.2. Различные устройства захвата движения (слева на право): Leap Motion Controller, Intel Creative Gesture Camera, Asus Xtion и Microsoft Kinect

- Контроллер Leap Motion

Основным мотивом производства контроллера заключалось в облегчении 3D-моделирования. Leap Motion обнаруживает и отслеживает кисти рук (движение пальцев, кисти руки и т.д.), определяет скорость руки, направление пальцев.

- Intel Creative Gesture Camera

Устройство состоит из HD веб – камера, датчик глубины, микрофон и двойной решетки.

- Asus Xtion

Asus представила Xtion на рынок захвата движения в 2012 году, компания выпустила различные версии Xtion для игры, а также целей развития (например, Xtion Pro Live). Xtion использует инфракрасный датчик и адаптивное обнаружение глубины для отслеживания точных движений тела. Xtion Pro Live может обнаружить/отслеживать все тело, а также руки/жесты. Xtion предлагает более 8 predefined поз, такие как толчок, нажатие, круг и волну.

Каждый датчик глубины в соответствии с их использованием в той или иной системе, подбирается индивидуально. Например, когда палец индивидуализация является центром подготовки реабилитации, датчик Leap может быть лучшим вариантом. Для настольных приложений, где требуются осуществление движения верхней конечности, Intel Creative Gesture Camera обеспечивает адекватный диапазон глубины зондирования. В нижней конечности или всего тела отслеживания движения, Kinect или Asus Xtion является предпочтительным [27].

На основе анализа обзора литературы основных методов количественной оценки траектории движения, бесконтактная система захвата движения «Kinect» является наиболее оптимальным методом оценки равновесия в плане комфортности и удобства для пациента, так как не требуют инвазивных вмешательств и особо сложных положений тела.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Интегральный критерий оценки состояния биосистем

Оценку состояния системы S будет производиться по отношению к референтному состоянию S_0 данной системы. В данном исследовании референтным состоянием выбрана исследуемая группа из добровольцев без выявленных неврологических и двигательных нарушений. Пусть S_0 и S заданные референтное и оцениваемое состояния, характеризуемые множеством объектов $\{\vec{b}_j | i \in N_{S_0}\}$ и $\{\vec{b}_i | j \in N_S\}$ соответственно. Каждое из состояний можно представить точками, занимающими некоторые области в одном и том же пространстве признаков. Величина количественной оценки состояния некоторого объекта \vec{b}_i S может быть охарактеризована его мерой близости к референтному состоянию S_0 . Причем, при выборе меры близости требуется учитывать конфигурацию области, занимаемой референтным состоянием, расположение объекта \vec{b}_j относительно ее в пространстве признаков, а также взаимное расположение объектов представляющих референтное состояние системы. С учетом этих требований интегральный критерий оценки близости состояния объекта \vec{b}_i к состоянию S_0 можно задать следующим образом:

$$I_{S_0}(\vec{b}_i) = \frac{d(\vec{b}_i, S_0)}{D_{S_0}}, \quad (1)$$

где $d(\vec{b}_i, S_0)$ – некоторая мера близости объекта \vec{b}_i к множеству S_0 , D_{S_0} – мера компактности области занимаемой в пространстве признаков, объектами относящимися к состоянию S_0 .

Нормировка на величину D_{S_0} в выражении (1), позволяет учесть вклад в получаемую оценку, как конфигурацию области S_0 , так и взаимное расположение объектов в ней. На рис.3 иллюстрируется ситуация, при которой игнорирование взаиморасположения объектов в областях, соответствующих состояниям S_1, S_2, S_3 , будет приводить к одинаковой оценке близости объекта

\vec{x} к каждому из этих состояний, если в качестве $d(x, S_0)$ рассматривать, например, евклидово расстояние от объекта до центра области соответствующего состояния [23].

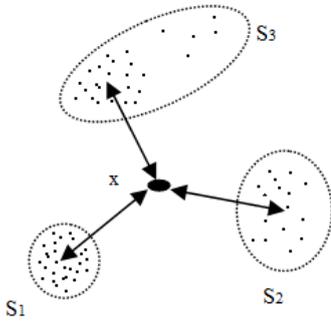


Рис. 3. Одинаковое расстояние от объекта до центров областей с различным взаиморасположением объектов

Оценка близости состояния S к состоянию S_0 , будет являться некоторой функцией от совокупности оценок $I_{S_0}(\vec{b}_i)$, полученных для отдельных объектов \vec{b}_i . Достаточно часто хорошими оценками могут быть среднее

$$I_{S_0}(S) = \frac{1}{N_S} \sum_{i=1}^{N_S} I_{S_0}(\vec{b}_i), \quad (2)$$

или средневзвешенное значение оценки

$$I_{S_0}(S) = \frac{1}{N_S} \sum_{i=1}^{N_S} \omega_i I_{S_0}(\vec{b}_i), \quad (3)$$

где ω_i – весовой коэффициент, характеризующий вклад i -го объекта в оценку состояния S .

Меру компактности D_{S_0} референтного состояния S_0 зададим следующим образом:

$$D_{S_0} = \frac{1}{N_{S_0}} \sum_{k=1}^{N_{S_0}} \frac{1}{N_{S_0}-1} \sum_{j=1}^{N_{S_0}-1} d(\vec{b}_k, \vec{b}_j), \quad (4)$$

т. е., как усредненное расстояние средних расстояний от каждого объекта, относящегося к состоянию S_0 до всех оставшихся (рис.4).

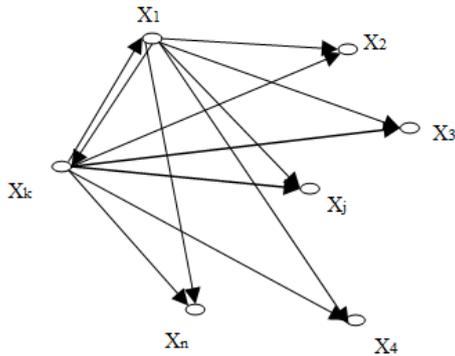


Рис.4. Определение внутримножественного расстояния

Так как слагаемое, оценивающее расстояние от объекта до самого себя, всегда равно нулю, выражение (4) принимает следующий вид:

$$D_{S_0} = \frac{1}{N_{S_0}} \sum_{k=1}^{N_{S_0}} \frac{1}{N_{S_0}-1} \sum_{j=1}^{N_{S_0}} d(\vec{b}_k, \vec{b}_j), \quad (5)$$

Определенная таким образом величина D_{S_0} представляет собой внутримножественное расстояние, конкретный вид которого будет определяться способом задания расстояния в пространстве признаков. В качестве меры близости объектов в пространстве признаков используется расстояние Махаланобиса. Его использование в биомедицинских задачах является достаточно эффективным, поскольку при этом естественным образом учитывается взаимозависимость признаков, характеризующих биосистемы [29]. Расстояние Махаланобиса между k -м и i -м объектами, относящимися к состоянию S_0 определяется следующим образом:

$$d_m(\vec{b}_k, \vec{b}_i) = (\vec{b}_k - \vec{b}_i)_-^T * C_0^{-1} * (\vec{b}_k - \vec{b}_i), \quad (6)$$

где C_0 – матрица ковариации признаков, характеризующих состояние S_0 , элементы $C_{0,l,h}$, которой определяют ковариацию l -го и h -го признаков:

$$C_{0,l,h} = E^*(x_{k,l} - x_{i,l}) * (x_{k,h} - x_{i,h}), , h = \overline{1, m}, \quad (7)$$

где E – математическое ожидание, m – размерность вектора признаков.

Количественная оценка меры компактности области характеризующей состояние S_0 в метрике Махаланобиса будет равна удвоенной размерности пространства признаков:

$$D_{S_0}^* = D_{S_0} = 2m, \quad (8)$$

В таком случае, величина интегральной оценки близости объекта \vec{b}_i к референтному состоянию имеет вид:

$$I_{S_0}(\vec{b}_i) = \frac{1}{2m} * d(\vec{b}_i, S_0), \quad (9)$$

в котором $d(\vec{b}_i, S_0)$ рассчитывается как усредненное расстояние Махаланобиса от объекта \vec{b}_i до S_0 :

$$d(\vec{b}_i, S_0) = \frac{1}{N_{S_0}} \sum_j^{N_{S_0}} d_M(\vec{b}_i, \vec{b}_j), \quad (10)$$

вычисленное с использованием матрицы ковариации соответствующей состоянию S_0 .

Следовательно, интегральный критерий рассчитывается по формуле:

$$I_d(x) = \frac{1}{N_{S_0}} \sum_j^{N_{S_0}} (\vec{b}_k - \vec{b}_i)_-^T * C_0^{-1} * (\vec{b}_k - \vec{b}_i) \quad (11)$$

2.2 Программа статистической оценки состояния

Компьютерные технологии и разрабатываемые на их основе программно–технические средства и информационные системы являются универсальным инструментом, используемым в биомедицинских исследованиях и практическом здравоохранении для формирования структурированных массивов данных, и их анализа. Эффективность решения

задач интегральной оценки состояния биосистем во многом зависит от разработки соответствующих программно–технических средств, и возможностей их применения к массивам данных в конкретных областях медико–биологических исследований [28].

В соответствии с предлагаемой методологией оценки состояния биосистем, программная и диалоговая архитектура компьютерной системы включает в себя блоки реализации следующих задач:

- формализованной описание измеряемых показателей предметной области исследований;
- наполнение базы данных результатами исследований;
- интегральная оценка состояний биосистем на основе анализа сформированных по совокупности результатов различных исследований референтных выборок.

По полученным данным в ходе нашего исследования необходимо рассчитать интегральную оценку состояний биосистем, для этого использовался второй блок указанного программного комплекса [29].

Во втором блоке программного комплекса реализованы предлагаемые в работе процедуры интегральной оценки состояния биосистем на основе статистического моделирования данных референтных выборок. Данный блок ориентирован на выполнение исследовательских функций, позволяя, путем задания множества показателей и атрибутов состояния, формировать массивы референтных данных из результатов проведенных ранее исследований. Встроенная в систему процедура статистического моделирования данных позволяет проводить оценку точности получаемых оценок состояния биосистем в условиях малых объемов референтных выборок. Модуль статистического моделирования данных и интегральной оценки состояния реализован в виде программного продукта, который может использоваться как составной элемент, так и использоваться независимо. В этом случае в нем предусмотрена возможность использования массивов данных, представляющих референтное и оцениваемое состояния системы, которые не

содержатся в базе данных, а хранятся в формате отдельных текстовых файлов. Это расширяет применение модуля для реализации возможностей, по оценке состояния биосистем. Показатели оцениваемого состояния можно задавать так же и непосредственным вводом с клавиатуры, что бывает удобно, когда оцениваемое состояние представлено вектором средних значений показателей или же необходимо провести оценку состояния отдельного представителя анализируемого состояния. Вид окна модуля статистического моделирования и оценки состояния приведен на рис.5.

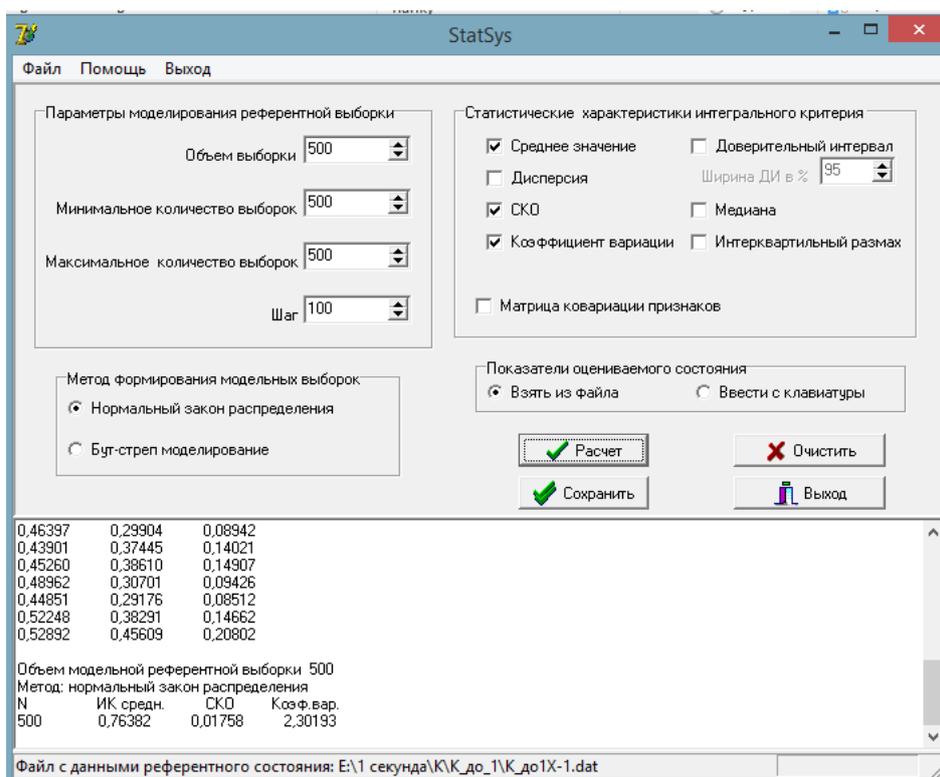


Рис. 5. Вид окна модуля статистического моделирования и оценки состояния

В верхней части окна расположены две панели. Левая панель предназначена для задания параметров статистического моделирования референтной выборки, диапазон, определяющий количество моделируемых выборок и применяемый метод статистического моделирования. Правая панель позволяет задать статистические характеристики, которые будут рассчитываться для оценки свойств интегрального критерия. Предусмотрена возможность проведения оценок, как параметрических, так и непараметрических статистик. Нижняя часть окна представляет собой окно

редактирования, в котором протоколируются все промежуточные результаты статистических расчетов.

2.3 План исследования

2.3.1 Исследование №1

Исследование проводилось на кафедре неврологии и нейрохирургии ГБОУ ВПО СибГМУ. Для исследования были сформированы три группы. Первая исследуемая группа была сформирована из 18 добровольцев без выявленных неврологических и двигательных нарушений. Из них 13 женщин и 4 мужчин в возрасте от 25 до 70. Вторая исследуемая группа – из 11 добровольцев с диагнозом Болезнь Паркинсона. Из них 6 женщин и 5 мужчин в возрасте от 25 до 70. Третья исследуемая группа была сформирована из 8 добровольцев с диагнозом Рассеянный склероз. Из них 6 женщин и 2 мужчин в возрасте от 25 до 70.

В данной работе были использованы данные системы бесконтактного захвата движений «Kinect». Основная функция этой системы – регистрация траектории движения определенных точек тела человека. У каждого испытуемого были измерены трехмерные координаты движения правой и левой рук, а также точку головы и точку, соответствующей центру масс.

При записи траектории движения точек тела проводилась проба Ромберга (руки перед собой на горизонтальном уровне, ступни ног под углом 30°, глаза открыты / закрыты) в течение 20 секунд.

Оценка состояния и определение величины близости к референтному состоянию проводились с помощью интегрального критерия. В качестве референтного состояния выбрали испытуемых из первой исследуемой группы (контроль), а оцениваемое состояние – испытуемые из второй и третьей группы. Схема исследования представлена на рис.6.

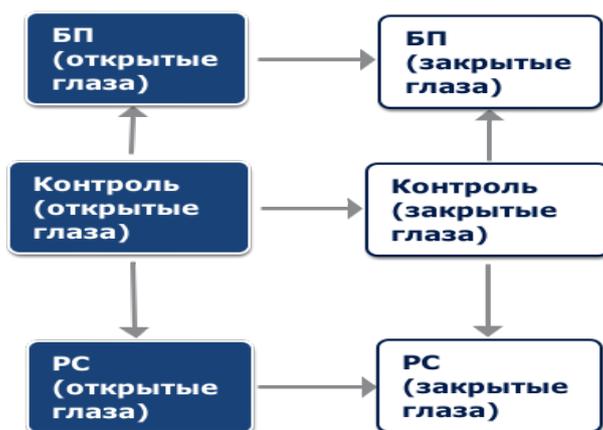


Рис. 6. Схема исследования

2.3.2 Исследование №2

Постуральный контроль у человека осуществляется главным образом благодаря визуальным сигналам. С помощью виртуальной среды можно осуществить рассогласование работы зрительной, проприоцептивной и вестибулярной систем. Это рассогласование будет отличаться у человека с нарушением функции равновесия и поддержания позы по сравнению с человеком, не имеющим таких нарушений. С целью увидеть эти особенности, было рассмотрено два вида виртуального воздействия: движение метки в комнате и наклоны комнаты.

Исследование проводилось в четыре этапа. На всех этапах испытуемый стоял в позе Ромберга: ноги вместе, руки подняты вперед перед собой параллельно земле.

1 этап. Испытуемый стоит в позе Ромберга с открытыми глазами 20 секунд, а затем с закрытыми глазами в течение ещё 20 секунд.

2 этап. Виртуальная реальность. На испытуемого одевались очки виртуальной реальности. Предложенной виртуальной реальностью для исследования являлась комната, в которой присутствует обруч с меткой. С помощью компьютера управляли движениями метки вправо, влево, вверх и

вниз. Движения метки влево и вправо осуществлялись под углом 90° за 10 секунд (рис. 7,8). Задачей испытуемого было следить за движением этой метки 10 секунд и фиксировать на ней взгляд после её остановки, стоя в позе Ромберга в течение ещё 10 секунд. 29

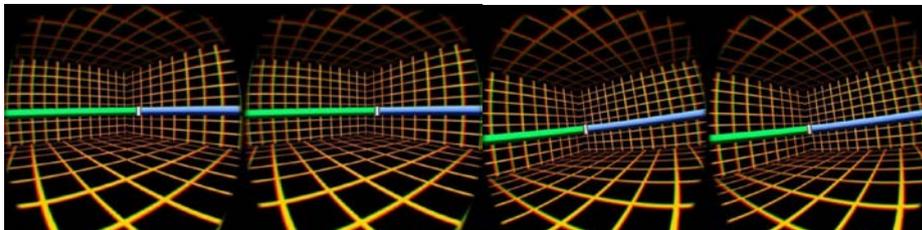


Рис.7,8. Движение обруча с меткой вправо/влево под углом 90° соответственно.

Затем происходило движение метки вверх и вниз на 1.75 метра за 10 секунд (рис. 9,10). Задачей испытуемого было следить за движением этой метки 10 секунд и фиксировать на ней взгляд после её остановки, стоя в позе Ромберга в течение ещё 10 секунд.

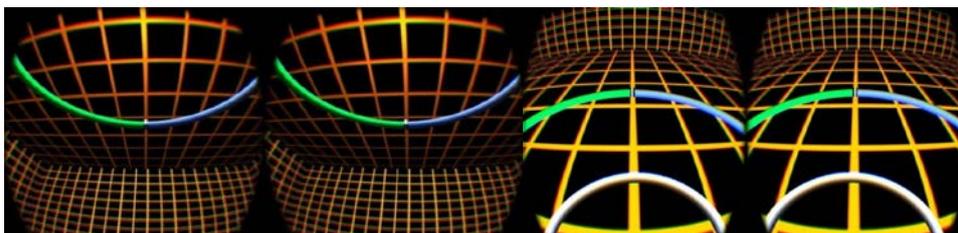


Рис. 9,10. Движение обруча с меткой вверх/вниз на 1.75 метра соответственно.

3 этап. Виртуальная реальность. На испытуемого одевались очки виртуальной реальности Oculus rift DK 2. Предложенной виртуальной реальностью для исследования являлась комната, в которой присутствует обруч с меткой. С помощью компьютера моделировали наклоны комнаты вправо, влево, вверх и вниз. Наклон комнаты происходил мгновенно на 30° (рис. 10,11).

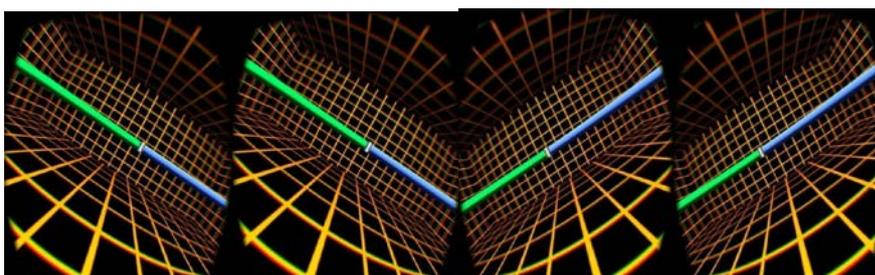


Рис. 10,11. Наклон комнаты на 30° вправо/влево соответственно.

Затем комната наклонялась на 30° мгновенно вверх и вниз (рис.12,13).

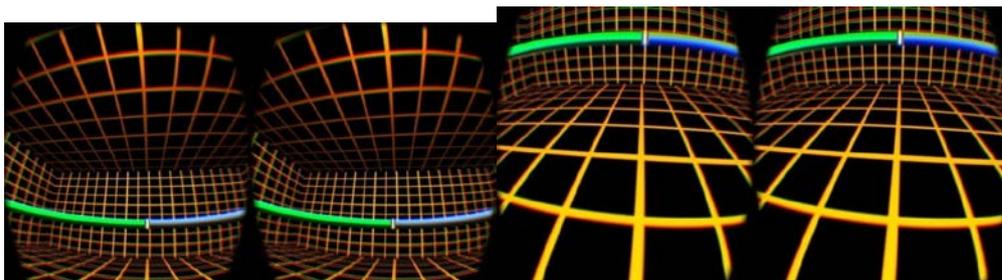


Рис. 12,13. Наклон комнаты на 30° вверх/вниз соответственно.

Задачей испытуемого было фиксировать взгляд на метке стоя в позе Ромберга в течение 20 секунд.

4 этап. Испытуемый стоит в позе Ромберга с открытыми глазами 20 секунд, а затем с закрытыми глазами в течение ещё 20 секунд.

2.3.3 Исследование № 3

Исследование проводилось в 3 этапа.

1 этап. Пациент стоит в позе Ромберга (ноги вместе, руки подняты вперед перед собой параллельно земле) с закрытыми глазами в течении 20 секунд.

2 этап. Виртуальная реальность. На испытуемого одевались очки виртуальной реальности. Предложенной виртуальной реальностью для исследования являлась среда, в которой присутствует дорожка с препятствиями. Пациент в течение 3.5 минут ходит в виртуальной реальности, переступая через препятствия (рис. 14,15).

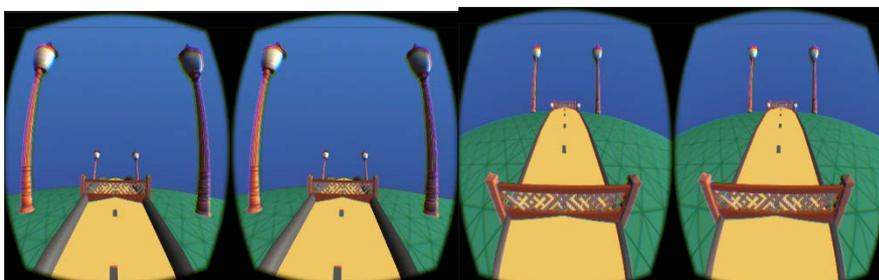


Рис.14,15. Окружение виртуальной среды

3 этап. Пациент стоит в позе Ромберга (ноги вместе, руки подняты вперед перед собой параллельно земле) с закрытыми глазами в течении 20 секунд.

2.4 Алгоритм обработки данных

1. После записи Кинекта получаем файл с расширением .bvh. Для импорта данных из формата *.bvh используется программа Matlab R2012b, с необходимым приложением Viewer, для считывания данных и их визуального отображения.

Исходными данными является траектория движения определенных точек тела (рис. 16).

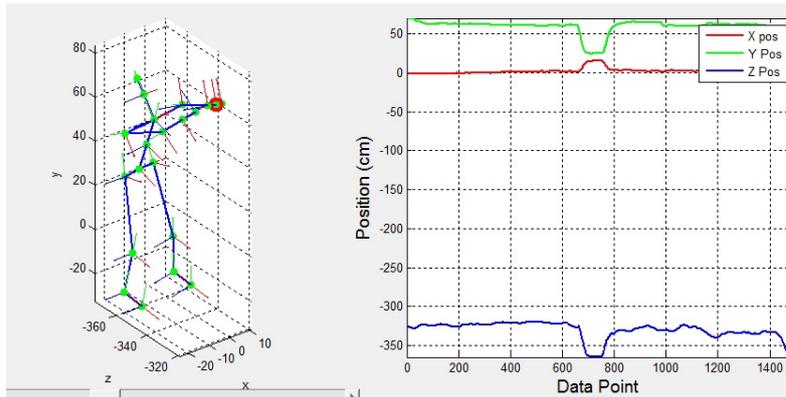


Рис. 16. Траектория движения точек тела

Значения координат переведены в Excel для хранения и дальнейшей обработки (рис.17).

t	левая рука			голова			центр тяжести			правая рука		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
0	1,848341	88,69353	-337,152	-0,96731	103,2476	-395,868	-0,81399	67,24141	-386,199	-13,7263	85,22592	-344,584
0,07	1,928551	88,67965	-337,08	-1,04213	103,4816	-395,728	-0,91571	67,40701	-386,302	-13,6175	85,41229	-344,543
0,13333	2,003249	88,75468	-337,077	-1,13306	103,7069	-395,634	-1,04654	67,58146	-386,391	-13,4659	85,21809	-344,83
0,2	2,266291	88,92452	-336,879	-1,14709	103,6382	-395,54	-1,1208	67,49166	-386,375	-13,1979	85,45659	-344,817
0,27	2,488469	89,04556	-336,667	-1,1034	103,474	-395,48	-1,14435	67,32588	-386,323	-13,273	85,82003	-344,733
0,33333	2,599551	89,20526	-336,611	-1,00493	103,3132	-395,445	-1,09471	67,17638	-386,249	-13,3699	86,08415	-344,622
0,4	2,61018	89,22637	-336,539	-0,87358	103,1059	-395,423	-1,04833	66,9969	-386,123	-13,594	86,21428	-344,472
0,47	2,618372	89,24565	-336,428	-0,75248	102,9175	-395,309	-0,94517	66,80057	-386,045	-13,9339	86,28709	-344,243
0,53333	2,616791	89,33333	-335,772	-0,75487	102,442	-395,15	-0,81231	66,32347	-386,092	-14,3052	86,35653	-343,717
0,6	2,626938	89,49135	-334,964	-0,79831	101,2607	-394,736	-1,18949	65,15715	-385,929	-14,2978	86,54913	-343,196
0,67	2,848611	89,83894	-334,155	-0,93106	99,7895	-394,196	-1,62559	63,67931	-385,764	-14,1293	86,83505	-342,998
0,73333	2,989293	90,13155	-333,776	-1,03099	98,74825	-393,777	-1,74043	62,65033	-385,595	-13,9993	87,06733	-342,836
0,8	3,027588	90,37411	-333,511	-1,04051	98,05333	-393,464	-1,58918	61,98323	-385,385	-13,9802	87,27109	-342,603
0,87	3,064805	90,57831	-333,21	-1,06952	97,56003	-393,211	-1,56972	61,53239	-385,156	-13,7801	87,50047	-342,453
0,93333	3,106619	90,7515	-333,104	-1,13703	97,0929	-393,02	-1,6411	61,07863	-385,075	-13,6584	87,50948	-342,361
1	3,155588	91,01812	-332,805	-1,10341	96,58199	-392,817	-1,49845	60,59508	-384,901	-13,5846	87,405	-342,256

Рис.17. Фрагмент таблицы со значениями координат

2. Временной интервал T разбивается на k промежутков длительностью ΔT . В каждом из промежутков рассчитывается среднее значение координаты.

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{t_i \in [(j-1)\Delta T, j \in \Delta T]} x_i, j = \overline{1, k} \quad (12)$$

где n - количество измерений значений координаты в интервале $[(j-1)\Delta T, j \in \Delta T]$.

Полученные значения \bar{x}_j отображаются на единичный интервал $[0,1]$:

$$\bar{x}_{j,norm} = \frac{\bar{x}_j - \bar{x}_{min}}{\bar{x}_{max} - \bar{x}_{min}}, j = \overline{1, k} \text{ где } \bar{x}_{min} = \min\{\bar{x}_j\}, \bar{x}_{max} = \max\{\bar{x}_j\} \quad (13)$$

и рассматриваются как координаты вектора \bar{x}_{norm} , используемого для количественной оценки различий в движении испытуемого.

Все расчеты производятся с помощью компьютерной программы, окно которой представлено на рис.18.



Рис. 18. Программа для расчета среднего значения координат

Оптимальный интервал вектора состояния составил 10 секунд с шагом деления в 1 и 2 секунды.

Полученные расчеты сохраняются в формате *.DAT. Вид файла представлен на рис.19.

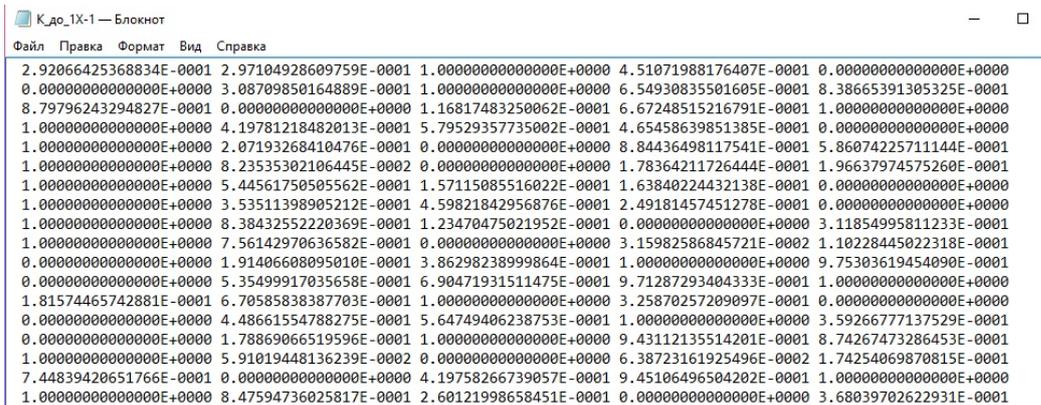


Рис. 19. Файл формата *.DAT.

3. Расчет интегрального критерия осуществляется с помощью компьютерной программы.

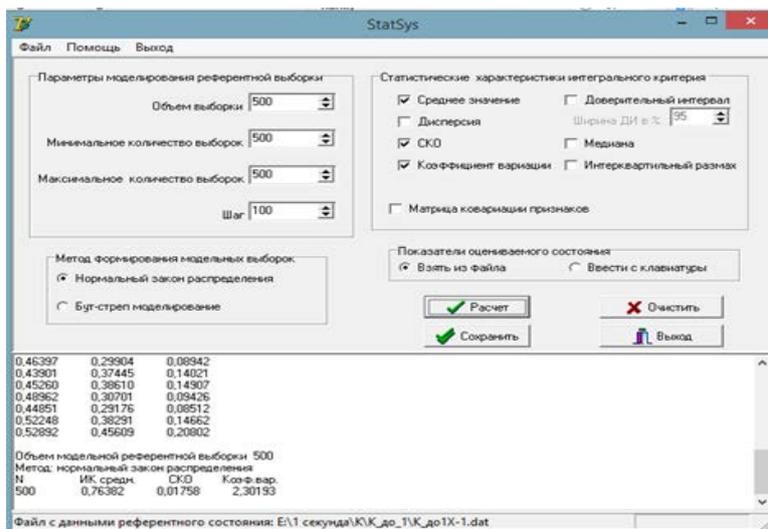


Рис. 20. Компьютерная программа для расчета интегральной оценки
Полученные расчеты сохраняются в формате *.txt. Вид файла представлен на
рис.21

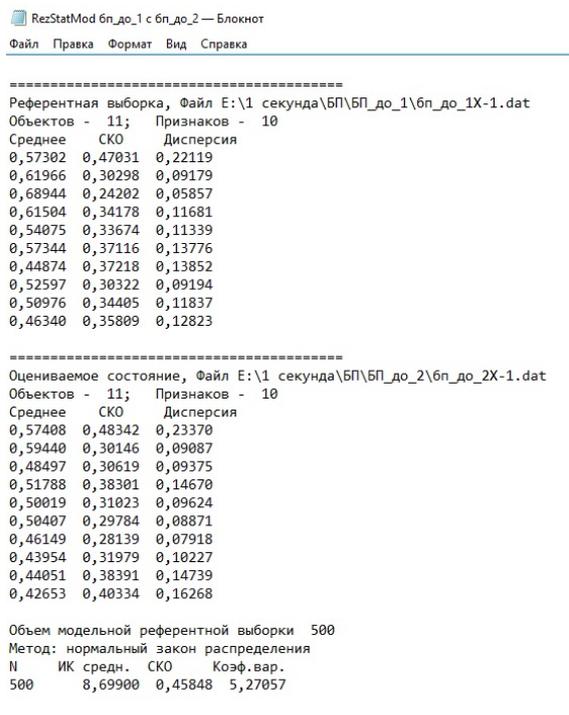


Рис. 21. Файл формата *.txt расчета интегральной оценки.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе настоящей работы было проведено исследование трех групп: людей, без выявленных неврологических и двигательных нарушений, людей с диагнозом болезнь Паркинсона и людей с диагнозом рассеянный склероз. В результате которого получены данные с бесконтактной системы захвата движений. Оценка изменений функции поддержания равновесия проводилась с помощью программы расчета интегрального критерия, разработанной на кафедре медицинской и биологической кибернетики СибГМУ.

Исследовались 4 точки: две центральные (голова и центр тяжести) и две периферические (левая и правая рука). На графике в трехмерном пространстве отложены точки, положение которых соответствует величинам интегральных оценок для соответствующих координат.

3.1. Сравнение контрольной группы с исследуемыми группами в состоянии открытые глаза при $\Delta t = 1$ секунда

В ходе исследования были получены значения интегральной оценки, которые представлены в таблицах 1-2.

Таблица 1 - Интегральная оценка координат периферических точек тела в исследуемых группах ($I \pm \text{СКО}$)

		Рассеянный склероз	Болезнь Паркинсона	p
левая рука	I_x	$0,76 \pm 0,02$	$0,81 \pm 0,02$	<0.05
	I_y	$0,68 \pm 0,01$	$0,68 \pm 0,01$	>0.05
	I_z	$0,64 \pm 0,01$	$0,69 \pm 0,02$	<0.05
правая рука	I_x	$0,85 \pm 0,02$	$0,69 \pm 0,01$	<0.05
	I_y	$0,67 \pm 0,01$	$0,58 \pm 0,01$	<0.05
	I_z	$1,03 \pm 0,03$	$0,06 \pm 0,01$	<0.05

Таблица 2 - Интегральная оценка координат центральных точек тела в исследуемых группах ($I \pm \text{СКО}$)

		Рассеянный склероз	Болезнь Паркинсона	p
голова	I_x	$0,6 \pm 0,01$	$0,80 \pm 0,02$	<0.05
	I_y	$0,61 \pm 0,01$	$0,61 \pm 0,01$	>0.05
	I_z	$0,80 \pm 0,02$	$0,67 \pm 0,01$	<0.05
центр тяжести	I_x	$0,56 \pm 0,01$	$1,13 \pm 0,04$	<0.05
	I_y	$0,59 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,01$	>0.05
	I_z	$1,27 \pm 0,05$	$0,77 \pm 0,02$	<0.05

Для наглядности и достоверности различий интегральной оценки был построен график (рис.22).

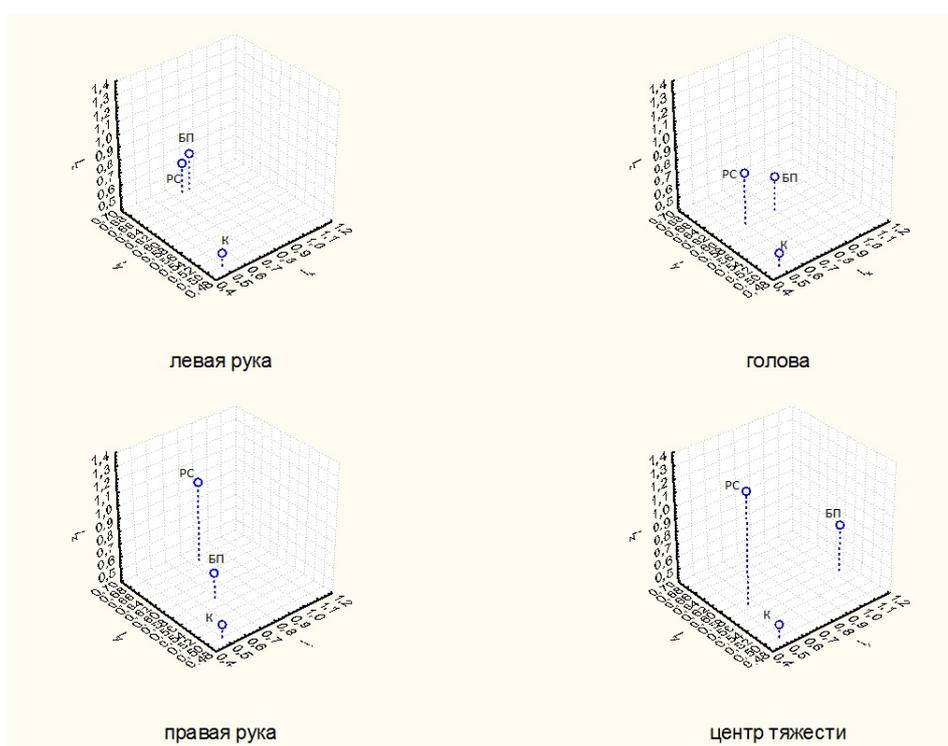


Рис. 22. График интегральной оценки при $\Delta t = 1$ сек, состояние: открытые глаза (БП- болезнь Паркинсона, РС- рассеянный склероз, К – контроль)

Видно, что для всех групп с исследуемыми заболеваниями наблюдается значительное отклонение величины оценки по сравнению с референтной группой.

3.2. Сравнение контрольной группы с исследуемыми группами в состоянии закрытые глаза при $\Delta t = 1$ секунда

Рассчитанные значения интегральной оценки представлены в таблицах 3-4.

Таблица 3 – Интегральная оценка координат периферических точек тела в исследуемых группах ($I \pm \text{СКО}$)

		Рассеянный склероз	Болезнь Паркинсона	
левая рука	I_x	$0,85 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,01$	<0.05
	I_y	$1,87 \pm 0,09$	$0,92 \pm 0,03$	<0.05
	I_z	$0,90 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,03$	<0.05
правая рука	I_x	$0,67 \pm 0,01$	$0,63 \pm 0,01$	>0.05
	I_y	$0,83 \pm 0,03$	$0,79 \pm 0,02$	<0.05
	I_z	$1,12 \pm 0,04$	$0,93 \pm 0,03$	<0.05

Таблица 4 - Интегральная оценка координат центральных точек тела в исследуемых группах ($I \pm \text{СКО}$)

		Рассеянный склероз	Болезнь Паркинсона	p
голова	I_x	$0,92 \pm 0,03$	$0,64 \pm 0,01$	<0.05
	I_y	$1,17 \pm 0,04$	$0,61 \pm 0,01$	<0.05
	I_z	$1,06 \pm 0,04$	$0,57 \pm 0,01$	<0.05
центр тяжести	I_x	$0,68 \pm 0,01$	$0,61 \pm 0,01$	<0.05
	I_y	$0,90 \pm 0,02$	$0,65 \pm 0,01$	<0.05
	I_z	$1,41 \pm 0,06$	$0,98 \pm 0,03$	<0.05

По данным величинам интегральной оценки также был построен трехмерный график (рис.23)

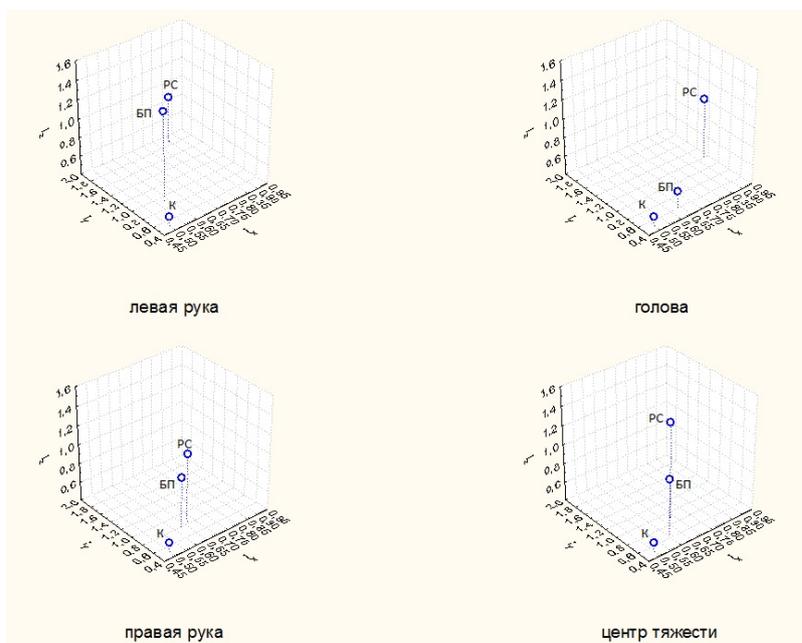


Рис.23. График интегральной оценки при $\Delta t = 1$ сек., состояние: закрытые глаза (РС – рассеянный склероз, БП – болезнь Паркинсона, К – контроль)

Видим также различия между исследуемыми группами и референтной группы. Если рассмотреть в отдельности периферические и центральные точки заметим, что в центральных точках между группами при рассеянном склерозе и болезни Паркинсона более выраженная разница в значениях интегральной оценки, особенно обращает внимание центральная точка: голова.

3.3 Сравнение состояний открытые/закрытые глаза при рассеянном склерозе при $\Delta t = 1$ сек

На графике (рис.30) обозначено значение интегральной оценки при состоянии открытые глаза (3), при состоянии закрытые глаза – (4)

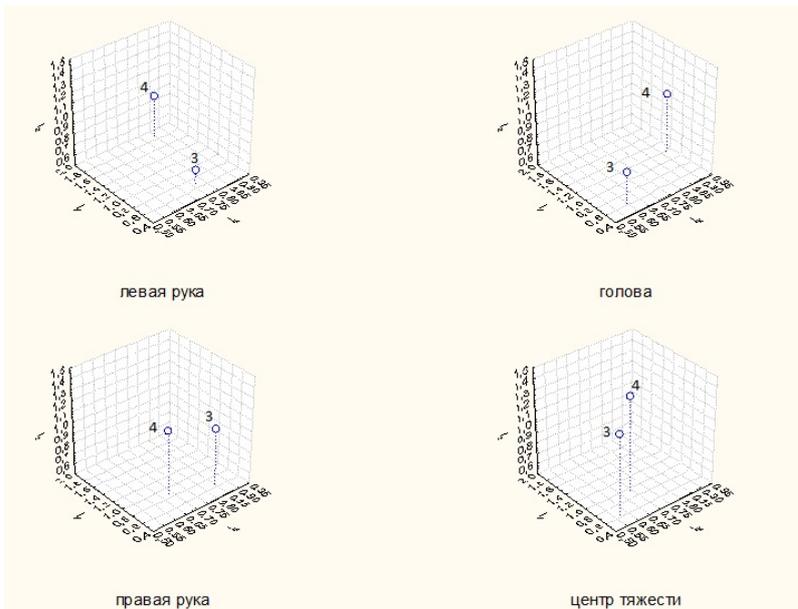


Рис. 24. Значение интегральной оценки открытые/закрытые глаза при РС

Исходя из рис.24 можно сделать вывод, что интегральные оценки точек, соответствующих левой руке и голове при закрытии глаз оказываются больше, чем при открытых глазах. Однако для точек с правой руки и центр тяжести возникает незначительное изменение интегральной оценки.

3.3 Сравнение состояний открытые/закрытые глаза при болезни Паркинсона $\Delta t = 1$ секунда

На графике (рис.25) обозначено значение интегральной оценки при состоянии открытые глаза (1), при состоянии закрытые глаза – (2)

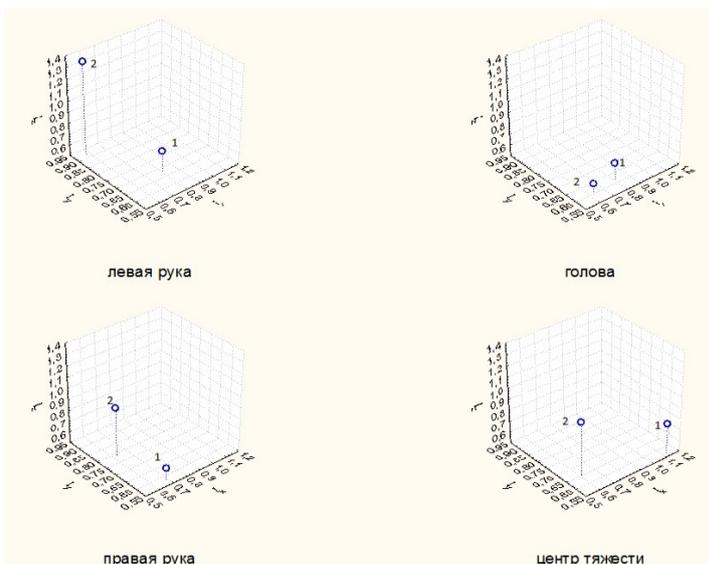


Рис.25. Значение интегральной оценки открытые/закрытые глаза при БП

Исходя из рис.25 можно сделать вывод, что интегральная оценка точек, соответствующих левой и правой руке при закрытии глаз оказывается больше, чем при открытых глазах. Однако для точек центр тяжести и голова наблюдается незначительное изменение интегральной оценки.

3.4 Сравнение контрольной группы с исследуемыми группами в состоянии открытые глаза при $\Delta t = 2$ секунды

Полученные значения интегральной оценки представлены в таблицах 5-6.

Таблица 5 - Интегральная оценка координат периферических точек тела в исследуемых группах ($I \pm \text{СКО}$)

		Рассеянный склероз	Болезнь Паркинсона	p
левая рука	I_x	$0,56 \pm 0,01$	$0,69 \pm 0,02$	<0.05
	I_y	$0,67 \pm 0,01$	$0,56 \pm 0,01$	<0.05
	I_z	$0,68 \pm 0,01$	$0,61 \pm 0,01$	<0.05
правая рука	I_x	$0,60 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,01$	<0.05
	I_y	$0,73 \pm 0,03$	$0,60 \pm 0,02$	<0.05
	I_z	$0,78 \pm 0,02$	$0,57 \pm 0,01$	<0.05

Таблица 6 - Интегральная оценка координат центральных точек тела в исследуемых группах ($I \pm \text{СКО}$)

		Рассеянный склероз	Болезнь Паркинсона	p
голова	I_x	$0,65 \pm 0,02$	$0,55 \pm 0,01$	<0.05
	I_y	$0,64 \pm 0,02$	$0,54 \pm 0,01$	<0.05
	I_z	$0,68 \pm 0,03$	$0,57 \pm 0,02$	<0.05
центр тяжести	I_x	$0,54 \pm 0,01$	$0,66 \pm 0,02$	<0.05
	I_y	$0,63 \pm 0,02$	$0,51 \pm 0,001$	<0.05
	I_z	$0,56 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,01$	>0.05

Для оценки различий был построен трехмерный график (рис.26). При анализе графика видим тенденцию изменения интегральной оценки в исследуемых группах, по отношению к референтной, при чем разница между интегральной оценкой при рассеянном склерозе и контролем выше, чем между болезнью Паркинсона и контролем, особенно в периферической точке: правая рука и в центральной – голова.

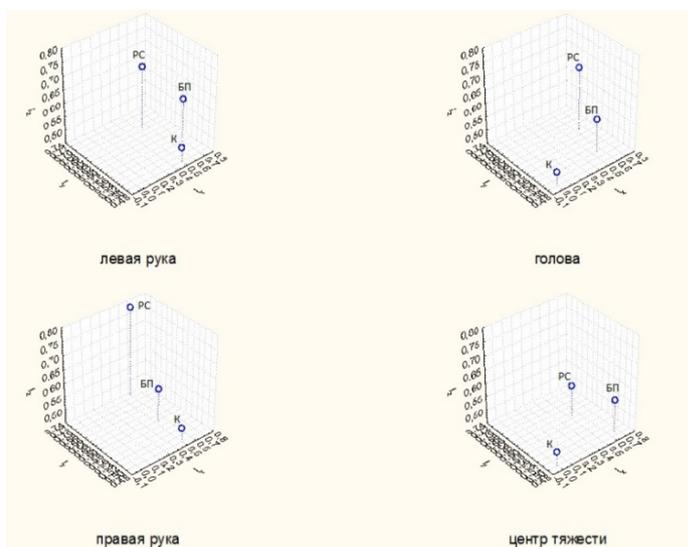


Рис.26. График интегральной оценки при $\Delta t = 2$ сек., состояние: открытые глаза (РС – рассеянный склероз, БП – болезнь Паркинсона, К – контроль)

3.5. Сравнение контрольной группы с исследуемыми группами в состоянии закрытые глаза при $\Delta t = 2$ секунды

Рассчитанные значения интегральной оценки представлены в таблицах 7-8.

Таблица 7 - Интегральная оценка координат периферических точек тела в исследуемых группах ($I \pm \text{СКО}$)

		Рассеянный склероз	Болезнь Паркинсона	p
левая рука	I_x	$0,69 \pm 0,01$	$0,55 \pm 0,01$	<0.05
	I_y	$0,91 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,02$	<0.05
	I_z	$0,90 \pm 0,04$	$0,85 \pm 0,03$	>0.05
правая рука	I_x	$0,72 \pm 0,02$	$0,56 \pm 0,01$	<0.05
	I_y	$0,91 \pm 0,03$	$1,34 \pm 0,07$	<0.05
	I_z	$0,87 \pm 0,03$	$0,60 \pm 0,01$	<0.05

Таблица 8 - Интегральная оценка координат центральных точек тела в исследуемых группах ($I \pm \text{СКО}$)

		Рассеянный склероз	Болезнь Паркинсона	p
ГОЛОВА	I_x	$1,02 \pm 0,03$	$0,71 \pm 0,03$	$<0,05$
	I_y	$1,02 \pm 0,04$	$0,52 \pm 0,01$	$<0,05$
	I_z	$1,49 \pm 0,06$	$0,61 \pm 0,01$	$<0,05$
ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ	I_x	$0,64 \pm 0,01$	$0,70 \pm 0,02$	$<0,05$
	I_y	$1,08 \pm 0,04$	$0,54 \pm 0,01$	$<0,05$
	I_z	$0,88 \pm 0,03$	$0,54 \pm 0,01$	$<0,05$

Анализируя график (рис.27), обращает на себя внимание значительно высокое значение интегральной оценки у пациентов с рассеянным склерозом по отношению к значениям интегральной оценки пациентов с болезнью Паркинсона и контрольной группы, при чем данная тенденция наблюдается как в периферических, так и центральных точках.

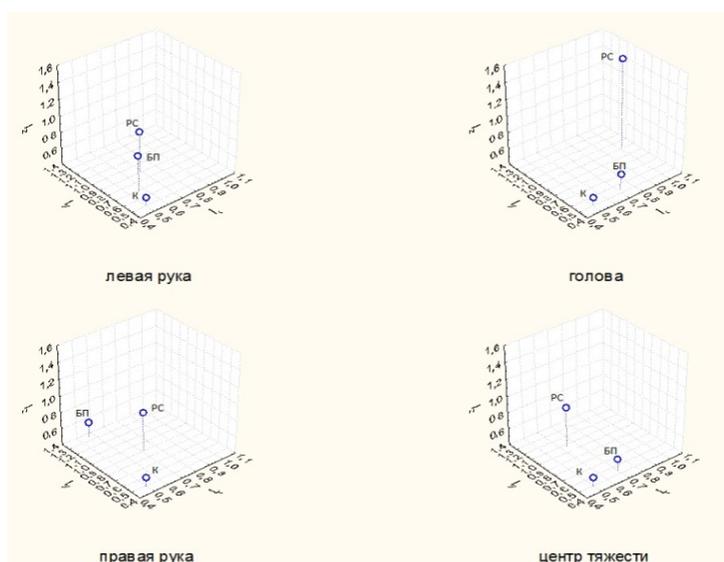


Рис.27. График интегральной оценки при $\Delta t = 2$ сек., состояние: закрытые глаза (РС – рассеянный склероз, БП – болезнь Паркинсона, К – контроль)

3.6 Сравнение состояний открытые/закрытые глаза при рассеянном склерозе $\Delta t = 2$ секунды

Когда испытуемый находится в позе Ромберга - со сдвинутыми стопами, площадь опоры уменьшается, а вытянутые вперед руки создают большой опрокидывающий момент, что предъявляет повышенные требования к системе регуляции позы. В этих условия закрывание глаз, вызывая дополнительные колебания тела, может приводить к явному нарушению равновесия тела. Поэтому на графике (рис.28) мы видим значительную разницу интегральной оценки в центральных точках: голова и центр тяжести.

На графике (рис.28) обозначено значение интегральной оценки при состоянии открытые глаза (3), при состоянии закрытые глаза – (4)

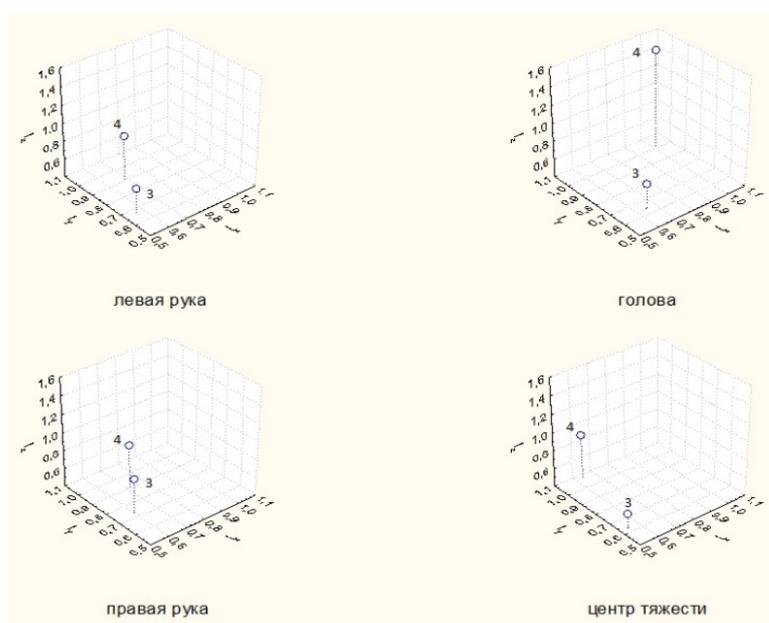


Рис. 28. Значение интегральной оценки открытые/закрытые глаза при РС.

3.7 Сравнение состояний открытые/закрытые глаза при болезни Паркинсона $\Delta t = 2$ секунды

Видим, что и закрывание глаз при болезни Паркинсона вызывает изменение интегральной оценки, однако, более выражено в периферических точках, а именно в левой руке (рис.29).

На графике (рис.29) обозначено значение интегральной оценки при состоянии открытые глаза (1), при состоянии закрытые глаза – (2)

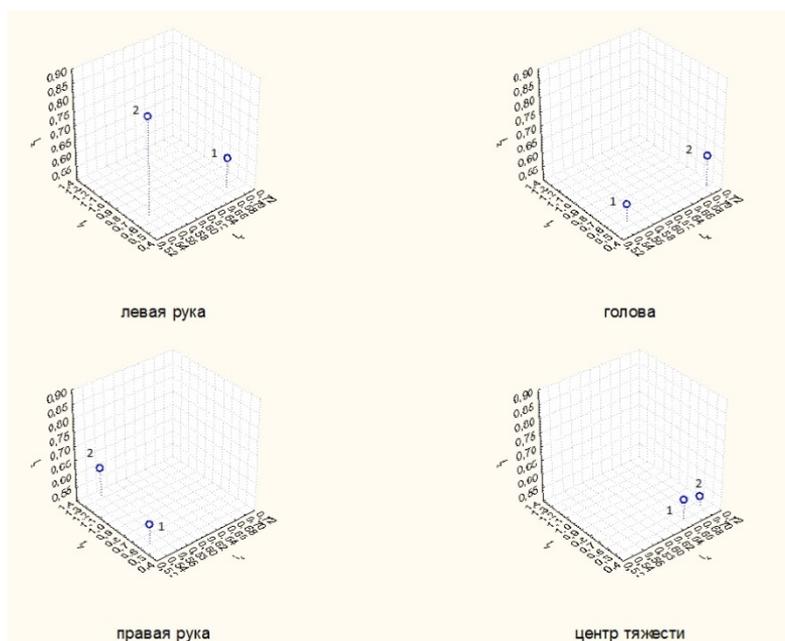


Рис. 29. Значение интегральной оценки открытые/закрытые глаза при БП.

3.8 Общая интегральная оценка $\Delta t = 1$ секунда

Расчет общей интегральной оценки производился по формуле:

$$I = \sqrt{I_x^2 + I_y^2 + I_z^2}, \quad (14)$$

где I – общая интегральная оценка, I_x, I_y, I_z - интегральные оценки соответствующих координат.

Полученные значения представлены в таблицах 9-10.

Таблица 9 - Общая интегральная оценка центральных точек ($I \pm \text{СКО}$)

		голова	центр тяжести	p
Рассеянный склероз	открытые глаза			<0.05
	закрытые глаза			>0.05
Болезнь Паркинсона	открытые глаза			<0.05
	закрытые глаза			<0.05

Таблица 10 - Общая интегральная оценка периферических точек ($I \pm СКО$)

		левая рука	правая рука	р
Рассеянный склероз	открытые глаза			<0.05
	закрытые глаза			<0.05
Болезнь Паркинсона	открытые глаза			<0.05
	закрытые глаза			<0.05

Из данных представленных в таблице видна разница между значениями интегральной оценки групп рассеянный склероз и болезнь Паркинсона. Причем, при сравнении закрытые/открытые глаза внутри групп, а также между собой наблюдаем увеличение интегральной оценки при состоянии «закрытые глаза».

3.9 Общая интегральная оценка $\Delta t = 2$ секунды

Аналогичным способом, как и в пункте 3.8 была рассчитана общая интегральная оценка при $\Delta t = 2$ секунды, данные приведены в таблицах 11-12

Таблица 11 - Общая интегральная оценка периферических точек ($I \pm СКО$)

		голова	центр тяжести	р
Рассеянный склероз	открытые глаза			<0.05
	закрытые глаза			<0.05
Болезнь Паркинсона	открытые глаза			<0.05
	закрытые глаза			>0.05

Таблица 12 - Общая интегральная оценка периферических точек ($I \pm СКО$)

		левая рука	правая рука	р
Рассеянный склероз	открытые глаза			<0.05
	закрытые глаза			>0.05

Болезнь Паркинсона	открытые глаза			<0.05
	закрытые глаза			<0.05

Наблюдаем ту же самую тенденцию, как и при расчетах $\Delta t = 1$ секунда. Есть различия в значениях интегральной оценки между группами, так и значительное увеличение внутри групп при состоянии «закрытые глаза».

Вывод

Исходя из всех сравнений, можно сделать вывод, что интегральная оценка исследуемых групп отличается от контрольной, кроме такого есть разница между интегральной оценкой группы рассеянный склероз и группы болезнь Паркинсона. Возможно, это происходит в силу разного патогенеза нарушения равновесия и координации движения. В рассеянном склерозе поражение мозжечка и его проводников приводит к незначительной или выраженной атаксии туловища и конечностей, тремору, дисметрии при выполнении координационных проб. Степень выраженности этих симптомов может варьировать от минимальной, вплоть до невозможности выполнения каких-либо движений из-за атаксии. А болезнь Паркинсона – заболевание, связанное с постепенной гибелью двигательных нейронов, вырабатывающих медиатор дофамин. Из-за этого нарушается регуляция движений и мышечного тонуса, что проявляется характерным тремором (дрожью), общей скованностью и нарушением позы и движений. Следовательно, в болезни Паркинсона интегральная оценка изменения траектории точки головы ниже, чем при рассеянном склерозе, можно предположить, это связано с клиническими проявлениями Болезни Паркинсона - дрожание рук и ног, но почти никогда головы, которое наиболее выражено в покое.

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ. РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе мне было необходимо провести обзор поструральных исследований в процессе воздействия виртуальной среды у неврологических больных, создать базу данных трехмерных координат движения выделенных точек у пациентов с болезнью Паркинсона в процессе воздействия виртуальной реальности с использованием системы бесконтактного захвата движения Kinect. Также провести анализ траектории движения точек тела у пациентов с болезнью Паркинсона в процессе воздействия виртуальной реальности.

Выше перечисленное необходимо для того, чтобы провести оценку траектории движения точек тела у пациентов с неврологическими заболеваниями при воздействии виртуальной реальности.

Поскольку люди, которые перенесли различные травмы, инфекции, заболевания, могут получить нарушение функций вестибулярного аппарата, в итоге – человек не может поддерживать свое тело в вертикальной позе, как при ходьбе, так и в пространстве.

С помощью различных инноваций, создание виртуальной реальности – модель трехмерной среды, которая может взаимодействовать с пользователем. Виртуальная реальность может использоваться для реабилитации и диагностики вестибулярных нарушений. С помощью данного оборудования возможно ускорение процессов восстановления функций вестибулярного аппарата, а также возвращение человеку утраченного чувства равновесия.

Таким образом, потенциальными потребителями будут являться люди с неврологическими заболеваниями. Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Задачи раздела включают в себя: выполнение анализа конкурентных технических решений, SWOT-анализа, составление структуры работ в рамках научного исследования, определения трудоемкости выполнения работ, разработку графика проведения научного исследования, составление бюджета НИИ (материальные затраты, затраты на спецоборудование, основная ЗП, дополнительная ЗП, накладные расходы и т.д.), а также определение социальной и экономической эффективности исследования.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для оценки конкурентоспособности используется систему, состоящую из камеры Kinect, очков виртуальной реальности и ПК – К1, а также биомеханический аппаратно-программный комплекс «видеоанализ движений» – К2. Оценка производится по пяти бальной шкале, где 1 – очень плохо, 2 – плохо, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5- отлично.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _{к1}	Б _{к2}	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,03	4	4	0,12	0,12
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	3	0,25	0,15
3. Помехоустойчивость	0,03	4	4	0,12	0,12

4. Энергоэкономичность	0,04	3	3	0,12	0,12
5. Надежность	0,05	5	4	0,25	0,2
6. Уровень шума	0,04	5	5	0,2	0,2
7. Безопасность	0,05	5	3	0,25	0,15
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	3	3	0,15	0,15
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	3	0,25	0,15
10. Простота эксплуатации	0,05	5	4	0,25	0,2
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	4	0,2	0,2
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	5	5	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	4	0,28	0,28
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	5	0,2	0,25
3. Цена	0,05	5	5	0,28	0,25
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	0,3	0,
5. Послепродажное обслуживание	0,07	4	4	0,09	0,28
6. Финансирование научной разработки	0,06	5	5	0,24	0,3
7. Срок выхода на рынок	0,03	3	5		0,15
8. Наличие сертификации разработки	0,06	4	4		0,24
Итого	1	86	81	4,35	4,06

Для анализа конкурентных технических решений используем формулу:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \text{ где}$$

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Рассчитав конкурентоспособность двух систем бесконтактного захвата движения человека, можно сказать, что конкурентоспособность системы К1

составляется 4.35, а К2- 4.06. Таким образом система К1, которая предлагается в работе, более конкурентоспособна, чем биомеханический аппаратно-программный комплекс «видеоанализ движений» - система К2.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ поможет выявить слабые и сильные стороны проекта, также возможности и угрозы, то есть исследовать данный проект (работу) для внешней и внутренней среды. Данные характеристики приведены в таблице 14 – SWOT – анализ.

Таблица 14 – SWOT - анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1 Востребованность научного исследования.</p> <p>С2. Актуальность работы.</p> <p>С3. Применение технологии без использования доп. Оборудования, которое крепится к человеку (не считая очков виртуальной реальности).</p> <p>С4. Мобильность системы.</p>	<p>Сл1. Относительная точность полученных данных</p> <p>Сл2. Подёргивание и прокручивание конечностей в виртуальной реальности</p> <p>Сл3. Ограниченный диапазон возможных движений при захвате</p> <p>Сл.4 Не использование дополнительного оборудования (стабилометрическая платформа)</p>
Возможности:	<p>В1. Использование стабиометрической платформы.</p>	<p>Усовершенствование метода, а также улучшения камеры ведет к более точному получению данных, увеличения диапазона возможных</p>

<p>В2. Усовершенствование метода путем улучшения камеры.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса.</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>также мобильности системы.</p>	<p>движений при захвате, использования дополнительного оборудования.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>Из-за развитой конкуренции и отсутствия спроса, у НИ не будет актуальности и востребованности.</p>	<p>Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции может привести к затруднению использования дополнительного оборудования</p>

В ходе проведенного SWOT-анализа, для проекта характерен баланс сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз. Проект достаточно стабилен, но для получения больших дополнительных конкурентных преимуществ, необходимо усовершенствовать камеру Kinect, чтобы получать более точные данные и найти более широкое применение камере.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Научное исследование будет состоять из четырех основных этапов, таких как: разработка технического задания и календарного плана, теоретическая подготовка, экспериментальные исследования и обобщение и оценка результатов по данной теме. Каждый этап содержит перечень важных работ, которые необходимо выполнить. В зависимости от вида работ будет

свой исполнитель.

Таблица 15 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	Толмачев И.В.
	2	Составление предварительного плана ВКР	Толмачев И.В.
Теоретическая подготовка	3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	Ли В.В.
	4	Изучение и выбор метода исследований в ВКР	Ли В.В.
	5	Написание теоретической части ВКР	Ли В.В.
	6	Подбор оборудования и программного обеспечения для реализации среды виртуальной реальности	Толмачев И.В., Ли В.В.
Экспериментальные исследования	7	Проведение экспериментов на группе пациентов	Ли В.В.
	8	Получение результатов исследования	Ли В.В.
	9	Создание базы данных исследования	Ли В.В.
	10	Анализ базы исследования/полученных результатов	Толмачев И.В., Ли В.В.
Обобщение и оценка результатов	11	Оформление итогового варианта ВКР	Ли В.В.
	12	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Толмачев И.В., Ли В.В.

Таким образом выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющие данные работы.

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используем формулу:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5}$$

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

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

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

После того, как рассчитали $t_{\text{ож}i}$, рассчитывается продолжительность

каждой работы в рабочих днях: $T_{\text{р}i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{\text{Ч}_i}$,

где $T_{\text{р}i}$ – продолжительность одной работы, раб. Дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для разработки графика проведения научного исследования будет использована диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{\text{к}i} = T_{\text{р}i} \cdot k_{\text{кал}}$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = 1,5$$

Рассчитанные данные по пунктам 2.2 и 2.3. приведены в таблице 16 - временные показатели проведения научного исследования.

Таблица 16 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни					
	Толмачев	Ли	Толмачев	Ли	Толмачев	Ли	Толмачев	Ли	Толмачев	Ли
Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	3	-	5	-	3,8	-	4	-	6	-
Составление предварительного плана ВКР	4		6		4,8	4	2	-	4	-
Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	-	12	-	20	-	15,2	-	8	-	12
Изучение и выбор метода исследований в ВКР	-	10	-	21		14,4	-	14	-	21
Написание теоретической части ВКР	-	10	-	21		14,4	-	14	-	21
Подбор оборудования и программного обеспечения для реализации среды виртуальной реальности	3	3	6	6	4,2	4,2	2	2	3	3
Проведение экспериментов на группе пациентов	-	7	-	14	-	9,8	-	10	-	15
Получение результатов исследования	-	2	-	3	-	2,4	-	2	-	3
Создание базы данных исследования		5		10		7		7		10,5
Анализ базы исследования/полученных результатов	7	7	14	14	9,8	9,8	5	5	7,5	7,5
Оформление итогового варианта ВКР	-	10	-	21		14,4	-	14	-	21
Согласование и проверка работы с научным руководителем	2	2	4	4	2,8	2,8	1	1	1,5	1,5

Таблица 17 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. Дн.	Продолжительность выполнения работ																
				январь			февраль			март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	Толмачев И.В.	6		▨															
2	Составление предварительного плана ВКР	Толмачев И.В.	4			▨														
3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	Ли В.В.	12			▨▨▨▨▨▨▨▨														
4	Изучение и выбор метода исследований в ВКР	Ли В.В.	21				▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨													
5	Написание теоретической части ВКР		21						▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨											
6	Подбор оборудования и программного обеспечения для реализации среды виртуальной реальности	Толмачев И.В., Ли В.В.	3									▨	▨							
7	Проведение экспериментов на группе пациентов	Ли В.В.	15										▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨							
8	Получение результатов исследования	Ли В.В.	3												▨					
9	Создание базы данных исследования	Ли В.В.	10,5												▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨					
10	Анализ базы исследования/полученных результатов	Толмачев И.В., Ли В.В.	7,5														▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨			
11	Оформление итогового варианта ВКР	Ли В.В.	21															▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨		
12	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Толмачев И.В., Ли В.В.	1,5																	▨

Студент - ▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨ Научный руководитель - ▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В состав затрат, необходимых для реализации проекта включено:

- Материальные затраты
- Основная заработная плата исполнителей темы
- Затраты на специальное оборудование для научных исследований
- Отчисления во внебюджетные фонды
- Накладные расходы

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований

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

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п.

Таблица 18 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Ручка шариковая	Руб.	1	15	15
Упаковка бумаги (А4)	Руб.	1	350	350
Флэш – карта	Руб.	1	500	500
Итого:		3	865	865

Итого по статье «материальные затраты» - 865 руб.

4.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает оплату труда научному руководителю и инженеру, также ежемесячно выплачивается премия в размере 12-20% от оклада.

Оклад по данным ТПУ для старшего преподавателя со степенью кандидат наук составляет 23'100 рублей без районного коэффициента. Для ассистента/преподавателя без степени оклад составляет 17'000 рублей без районного коэффициента. (РК=1.3)

Таким образом заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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 аб. Дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дн.

Таблица 19 - Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов		Исполнители по категориям		Трудоемкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб		Всего заработная плата по тарифу, руб.	
	Толм.	Ли	Толм.	Ли	Толм.	Ли	Толм.	Ли	Толм.	Ли
1	Постановка цели и задач дипломной работы		КН	-	3,8	-	1494	288	23100	17000
2	Составление предварительного плана дипломной работы				4,8	4				
3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой				-	15,2				
4	Изучение и выбор метода исследований					14,4				
5	Подбор оборудования и программного обеспечения для реализации среды виртуальной реальности				4,2	4,2				
6	Проведение экспериментов на группе пациентов				-	9,8				
7	Получение результатов исследования				-	2,4				
8	Создание базы исследования					7				
9	Анализ базы исследования/полученных результатов				9,8	9,8				
10	Написание квалификационной работы				-	26,6				

Таблица 20 - Баланс рабочего дня

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни/праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени		
- отпуск	50	93
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	154

$$Z_{\text{зп}} (\text{науч. рук} - \text{ль}) = 34534 (\text{руб.}) \quad Z_{\text{дн}} (\text{науч. рук} - \text{ль}) = 1244,30 (\text{руб.})$$

$$Z_{\text{зп}} (\text{студент}) = 25415 (\text{руб.}) \quad Z_{\text{дн}} (\text{студент}) = 115,70 (\text{руб.})$$

$$Z_{\text{м}} (\text{науч. рук} - \text{ль}) = 54054 (\text{руб.})$$

$$Z_{\text{м}} (\text{студент}) = 39780 (\text{руб.})$$

Таблица 21 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_{\text{т}}$	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. Дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	КН		23100	0,3	0,5	1,3	54054	1244,30	20	23022
Студент	-		17000	0,3	0,5	1,3	39780	1115,70	77	65231,80
Итого $Z_{\text{осн}}$										88253,80

Итого по статье «Основная заработная плата» - 88253,80 руб.

4.2.4.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

К специальному оборудованию можно отнести ПК, очки виртуальной реальности, камера Kinect.

Таблица 22 - Расчёт бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	ПК	1	45000	45000
2	Очки VR	1	40000	40000
3	Камера Kinect	1	8000	8000
Итого:				93000

Итого по статье «затраты на специальное оборудование» - 93000 руб.

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнительной системы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет производится по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

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

$$Z_{\text{доп}} (\text{студент}) = 3315 (\text{руб.})$$

$$Z_{\text{доп}} (\text{науч.рук – ль}) = 4504,50 (\text{руб.})$$

Итого по статье «дополнительная заработная плата» - 7819,50 руб.

4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

$$Z_{\text{внеб}} (\text{науч.рук} - \text{ль.}) = 10360,35(\text{руб.}) \quad Z_{\text{внеб}} (\text{студент}) = 7624,50(\text{руб.})$$

Таблица 23 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Толмачев И.В.	30030	4504,50
Ли В.В	22100	25415
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30% = 0,3	
Итого :	10360,35	7624,50

Итого по статье «Отчисления во внебюджетные фонды» - 17984,85 руб.

4.2.4.6 Накладные расходы

В расчетах накладные расходы принимаются в размере 16 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

$$Z_{\text{накл}} = 14163,80(\text{руб.})$$

Таким образом, по статье «накладные расходы» - 14163,80 руб.

4.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 24 – Бюджет затрат НИП

Наименование статьи	Общая сумма затрат, руб.	Доля затрат, %
Материальные затраты НИП	865	0,39

Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	93000	41,9
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	88253,8	39,74
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7819,5	3,52
Отчисления во внебюджетные фонды	17984,85	8,1
Накладные расходы	14163,80	6,4
Итого:	222086,95	100%

4.3 Определение эффективности исследования

Таким образом, данный проект является эффективным, поскольку неврологические заболевания уверенно входят в тройку наиболее распространенных заболеваний в мире. К тому же существует множество заболеваний, приводящих к изменению устойчивости тела человека и нарушению координации движений. Исследование глубины таких расстройств, а также знание первопричины играет большую роль в адекватном лечении заболевания. Для достоверной оценки качества движения и диагностики таких расстройств необходимо параллельное применение как качественных, так и количественных методов исследования. Качественные тесты недостаточно отражают глубину и степень нарушений, в то время как количественные позволяют более эффективно проводить оценку таких расстройств. В связи со

сложившейся ситуацией вопрос об эффективной реабилитации больных с данными расстройствами стал очень актуален. Также можно сказать, что разработанный проект соответствует социальным потребностям и целям общества.

В итоге, поставленная в работе цель достигнута, выполнены поставленные задачи. В данном разделе было выполнено следующее: анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ, определена структура работ в рамках научного исследования, определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения научного исследования, бюджет НИИ (материальные затраты, затраты на спецоборудование, основная ЗП, дополнительная ЗП, накладные расходы и т.д.), а также определение социальной и экономической эффективности исследования.

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Выполнение выпускной квалификационной работы бакалавра по теме «Оценка равновесия человека в условиях сенсорной диссоциации» осуществлялось в лаборатории кафедры медицинской и биологической кибернетики медико–биологического факультета СГМУ. Данная лаборатория оборудована приборами, позволяющими проводить исследование функций вестибулярного аппарата человека и техническими средствами визуализации виртуальной реальности (стабилоплатформа, Kinect, Oculus Rift), а также персональными компьютерами для управления и обработки информации. Для обеспечения безопасности работников и окружающей среды необходимо разработать комплекс мероприятий технического и организационного характера, которые минимизируют негативные последствия от деятельности по проектированию системы.

5.1 Производственная безопасность

Под производственной безопасностью понимается система организационных мероприятий и технических средств, которые предотвращают или уменьшают вероятность воздействия на работающий персонал опасных травмирующих производственных факторов, которые возникают в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности. В нашей работе необходимо выяснить опасные и вредные факторы, которые могут возникать при работе с информационной системой. Последующий выбор производится при помощи ГОСТ 12.0.003–74 “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация”. Результаты выбора приведены в таблице ниже.

Таблица 25 – Вредные и опасные факторы при работе с компьютером

Источник фактора, название вида работ	Перечень факторов (согласно ГОСТ 12.0.003–74)		Соответствующие нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1)Проведение работ за компьютером	1) Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей среды 2) Повышенная или пониженная влажность воздуха 3) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 4) Повышенный уровень шума на рабочем месте 5) Повышенный уровень электромагнитных излучений	1)Воздействие электрического тока.	1)СанПиН 2.2.4.548–96 3)СП 52.13330.2011; СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 4) ГОСТ 12.1.003–83 5)СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 1) ГОСТ Р 12.1.019–2009; ГОСТ 12.1.030–81

Во время работы в лаборатории необходимо создать благоприятные условия микроклимата рабочего места. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий может резко ухудшать его самочувствие, снижать производительность труда и приводить к заболеваниям. Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, и может привести к перегреву организма, вызвать нарушение терморегуляции, к ухудшению самочувствия, снижению внимания, тепловому удару, увеличению нагрузки на сердце. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее переохлаждение организма, стать причиной простудного заболевания, привести к заболеваниям периферийной нервной

системы (радикулит, бронхит, ревматизм). Низкая влажность может вызывать пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей работающего. Подвижность воздуха эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно проявляется при высоких температурах и отрицательно при низких.

Согласно СанПиН 2.2.4.548–96, по энергозатратам работа в лаборатории относится к 1б категории – это работа легкая физическая, которая не требует поднятия и переноса тяжестей, производится сидя или связана с ходьбой.

Приведем оптимальные и допустимые показатели микроклимата производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548–96.

Таблица 26– 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 27 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура, град. С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Дип. ниже о.в.	Дип. ниже о.в.		Дип. ниже о.в.	Дип. ниже о.в.
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 водяное с применением радиаторов. Измеренные показатели микроклимата лаборатории соответствуют допустимым показателям.

От степени освещенности напрямую зависит не только здоровье глаз и работоспособность человека, но его физическое и психоэмоциональное состояние. Причем в помещениях различного назначения требования по

освещенности должны различаться. Также, при расчете освещенности разумно учитывать характеристики рабочего процесса, осуществляемого человеком в таком помещении, его периодичность и длительность.

На практике используются два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения. Данные виды освещения нормируются СП 52.13330.2011.

В данной лаборатории проводится работа на персональных ЭВМ. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 "Гигиенические требования к персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы" искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

В лаборатории проводятся работы средней точности с наименьшим размером объекта различения 0,5 – 1,0 мм, контраст объекта различения с фоном – средний, фон средний. Разряд зрительной работы IV, подразряд б, таким образом, освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения составляет 200лк (СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»).

Коэффициент пульсации освещенности K_p – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током.

Таблица 28 – Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий

Искусственное освещение		Естественное освещение, КЕО ϵ_n , %, при	
Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Коэффициент пульсации освещенности $K_{п}$, %, не более	Верхнем или комбинированном	Боковом
300	20	2,5	0,7

Таким образом, нарушения по нормативам освещения в лаборатории отсутствуют.

Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Основными источниками шума в помещениях, оборудованных вычислительной техникой, являются принтеры, плоттеры, множительная техника и оборудование для кондиционирования воздуха, вентиляторы систем охлаждения.

В соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340–03 "Гигиенические требования к персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы" уровень шума на рабочих местах не должен превышать 50 дБА.

ПЭВМ являются источниками широкополосных электромагнитных излучений:

- мягкого рентгеновского;
- ультрафиолетового 200–400 нм;
- видимого 400–750 нм;

- ближнего ИК 750–2000 нм;
- радиочастотного диапазона 3кГц;
- электростатических полей.

Таблица 29 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
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

Если на обследуемом рабочем месте, оборудованном ПЭВМ, интенсивность электрического и/или магнитного поля в диапазоне 5 – 2000 Гц превышает значения, приведенные выше, следует проводить измерения фоновых уровней ЭМП промышленной частоты (при выключенном оборудовании). Фоновый уровень электрического поля частотой 50 Гц не должен превышать 500 В/м.

Таблица 30 – Визуальные параметры ВДТ, контролируемые на рабочих местах

№	Параметры	Допустимые значения
1	Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м ²
2	Неравномерность яркости рабочего поля	Не более ± 20 %
3	Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3 : 1
4	Временная нестабильность изображения (мелькание)	Не должна фиксироваться
5	Пространственная нестабильность изображения (дрожание)	Не более 2×10^{-4L} , где L – проектное расстояние наблюдения, мм

Фоновые уровни индукции магнитного поля не должны превышать значений, вызывающих нарушения требований к визуальным параметрам ВДТ. В целях предосторожности следует ограничивать продолжительность работы с ПЭВМ, не размещать их концентрированно в рабочей зоне и выключать их, если на них не работают.

Наряду с этим нужно устанавливать в помещении ионизаторы воздуха, чаще проветривать помещение и, хотя бы один раз в течение рабочей смены очищать экран от пыли (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03).

5.2 Экологическая безопасность

Теперь необходимо рассмотреть в данном подразделе характер воздействия на окружающую среду проектируемого решения. Отходы – это вещества или же смеси веществ, которые признаны непригодными для дальнейшего использования в рамках технологий, которые имеются, или после бытового использования данной продукции. Промышленные отходы – это твердые, газообразные и жидкие отходы производства, которые получены в результате термических, химических, механических или других преобразований материалов антропогенного и природного происхождения. Бытовые отходы – это твердые отходы, которые образованы в результате бытовой деятельности человека.

У устройств, используемых в данной работе, не происходит выбросов опасных и вредных веществ в воду и в воздух, так как фактически используется только компьютер и различные периферические устройства, подключаемые к нему. Следовательно, можно сделать вывод, что при использовании устройств вред гидросфере и атмосфере не наносится.

При неисправности оборудования, оно подлежит утилизации. Процедура утилизации подразумевает, что сначала оборудование будет списано; потом, для того чтобы подтвердить наличия неисправности оборудования, пройдет проверку у специалистов, которые разберут устройство. Дальше происходит переработка материалов (пластик, различные металлы). Переработка отходов –

это деятельность, которая заключается в обращении с отходами для безопасного их уничтожения или же обеспечения повторного использования.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Исходя из ГОСТ Р 22.0.02-94, чрезвычайную ситуацию можно истолковать как обстановку на определенной территории, которая сложилась вследствие аварии, катастрофы, опасного природного явления, стихийного или же иного бедствия, которые могут повлечь или уже повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, нарушение условий жизнедеятельности людей и значительные материальные потери.

Чрезвычайные ситуации подразделяются по происхождению на ситуации природного, техногенного, биологического, экологического или социального характера. По масштабу они подразделяются на ситуации локального, муниципального, межмуниципального, регионального, межрегионального и федерального характера.

В случае возникновения чрезвычайной ситуации необходимо сразу же остановить работу людей, принять меры по защите и эвакуации людей из зоны аварийной ситуации, отключать при необходимости и возможности оборудование от электрической сети питания.

Стихийное бедствие - это разрушительное природно-антропогенное или природное явление или же процесс значительного масштаба, из-за которого может возникнуть или уже возникла угроза жизни и здоровью людей, а также может произойти разрушение или полное уничтожение материальных ценностей и компонентов окружающей природной среды.

Стихийные бедствия носят чрезвычайный и внезапный характер. Они могут возникать как по независимым друг от друга причинам, так и по взаимосвязанным причинам: так как одно бедствие может необратимо повлечь за собой другое. Некоторые стихийные бедствия зачастую возникают из-за деятельности человека (к примеру, торфяные и лесные пожары, производственные взрывы в горной местности, при строительстве плотин,

закладке карьеров, из-за чего происходят оползни, снежные лавинам, обвалы ледников и т. п.).

Под чрезвычайной ситуацией социального характера понимается обстановка на определенной территории, которая сложилась из-за возникновения опасных конфликтов и противоречий в сфере социальных отношений, которые могут повлечь или уже повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или же окружающей среде, нарушение условий жизнедеятельности людей или значительные материальные потери.

Чрезвычайные ситуации социального характера можно разделить:

- По природе возникновения: психологические, физические, химико-биологические.
- По масштабам: локальные, региональные, национальные и глобальные.
- По организованности: случайные и преднамеренные.
- По возрасту: детские, женские, молодежные и общего характера.

Перечень мероприятий для снижения угрозы со стороны возможного возникновения чрезвычайных ситуаций:

- Повышение прочности конструкций помещений и зданий, в которых ведутся работы;
- Сохранение запасов сырья, систем газо-, электро-, водоснабжения;
- Содержание в удобном месте наиболее важных документов, денег.
- Инструктаж персонала для понимания, что нужно делать при возникшей чрезвычайной ситуации.
- Проведение тренировочных мероприятий.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Большинство работ, которые выполняются на производстве, напрямую связаны с наличием опасных и (или) вредных производственных факторов.

При приеме на работу, поступающему сообщается об этом, а также

указывается в трудовом договоре. И, соответственно, работодатель обязан также ознакомить не только с такими условиями труда, но и обучить мерам безопасности, методам безопасного проведения работ, провести стажировку на рабочем месте, обеспечить обучение по охране труда, и периодически проверять знания сотрудника по требованиям охраны труда.

В соответствии со ст. 221 – 225 ТК РФ в условиях опасных и (или) вредных производственных факторов должно быть обеспечение работодателем работников средствами индивидуальной защиты, специальной одеждой, обеззараживающими или смывающими средствами, всем необходимым для оказания первой помощи и т.п. Также за счет своих средств работодатель должен обеспечить выдачу специальной обуви и одежды, а также других средств индивидуальной защиты. Помимо этого, согласно ч.3 ст.221 ТК РФ, работодатель должен обеспечить уход за специальной одеждой (т.е. хранение, ремонт, замена, стрика, сушка).

Также предусмотрено прохождение медицинского осмотра для работников, которые выполняют работы в условиях с опасными и (или) вредными производственными факторами, что указано в ст.213 ТК РФ. Причем и при трудоустройстве, и в процессе работы. В приказе Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12.04.2011 № 302н. указан порядок проведения медицинского осмотра. Требования указанного документа предусматривают, что медицинский осмотр должен проводиться раз в год, или же дважды в год. Это зависит от рода деятельности работника на производстве, а также от наличия конкретных вредных факторов.

Согласно ч.6 ст.213 ТК РФ для работников, чей труд связан с источниками повышенной опасности (например, влияние неблагоприятных производственных факторов и вредных веществ), а также для работающих при условиях повышенной опасности, должно проводиться обязательное психиатрическое обследование не реже одного раза в 5 лет. Согласно постановлению Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13.01.2003 № 1/29 “Об утверждении порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований

охраны труда работников организаций” работник производства должен помимо медицинского осмотра не реже одного раза в 3 года проходить проверку своих знаний в сфере охраны труда, а также обучение оказанию первой помощи пострадавшим людям.

5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Большое значение в работе имеет организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда.

Работа в лаборатории обычно отличается малой двигательной активностью, монотонностью, длительным нахождением в закрытом помещении. Всё это вызывает быструю утомляемость и естественно отражается на результатах труда.

В лаборатории площадью 30 м² может работать одновременно не более 5 человек, следовательно, учтены нормы площади служебного помещения. Для обеспечения благоприятных условий микроклимата помещение оборудовано вытяжкой. Глубина стола составляет 800мм, ширина 1,5м. Расстояние между работающими составляет не менее 1,5м. Ширина прохода составляет около 2м. Плоскости экранов компьютеров расположены перпендикулярно окнам, габариты мебели соответствуют размерам помещения, загромождения нет.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

Трудовая деятельность в лаборатории относится к категории В – творческая работа в режиме диалога с ПК, третья категория тяжести.

Режим труда и отдыха операторов, работающих с ЭВМ, должен быть следующим: через каждый час интенсивной работы необходимо устраивать 15 – минутный перерыв, при менее интенсивной через каждые 2 – часа. Эффективность регламентируемых перерывов повышается при их сочетании с производственной гимнастикой. Производственная гимнастика должна включать комплекс упражнений, направленных на восполнение дефицита двигательной

активности, снятие напряжения мышц шеи, спины, снижение утомления зрения. Она проводится в течение 5 – 7 мин. 1 – 2 раза в смену (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–

Поскольку выполнение работ происходило в основном на ПК, то согласно (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03) предъявляются следующие требования к компоновке рабочего места оператора ЭВМ:

- Рабочий стол должен регулироваться по высоте в пределах 680–800 мм; при отсутствии такой возможности его высота должна составлять 725 мм. Оптимальные размеры рабочей поверхности столешницы – 1400x1000 мм. Под столешницей рабочего стола должно быть свободное пространство для ног с размером по высоте не менее 600 мм, по ширине – 500 мм, по глубине – 650 мм. На поверхности рабочего стола для документов необходимо предусматривать размещение специальной подставки, расстояние которой от глаз должно быть аналогично расстоянию от глаз до клавиатуры, что позволяет снизить зрительное утомление.
- Рабочий стул (кресло) должен быть снабжен подъемно–поворотным устройством, обеспечивающим регулицию высоты сидений и спинки; его конструкция должна предусматривать также изменение угла наклона спинки. Рабочее кресло должно иметь подлокотники. Регулировка каждого параметра должна легко осуществляться, быть независимой и иметь надежную фиксацию. Высота поверхности сидения должна регулироваться в пределах 400–500 мм. Ширина и глубина сиденья должна составлять не менее 400 мм. Высота опорной поверхности спинки должна быть не менее 300 мм, ширина – не менее 380мм. Радиус ее кривизны в горизонтальной плоскости – 400 мм. Угол наклона спинки должен изменяться в пределах 90–110о к плоскости сиденья. Материал покрытия рабочего стула должен обеспечивать возможность легкой очистки от загрязнения. Поверхность сиденья и спинки должна быть полумягкой, с нескользящим, не электризующим и воздухопроницаемым покрытием.

- На рабочем месте необходимо предусматривать подставку для ног. Ее длина должна составлять 400 мм ширина – 300 мм. Необходимо предусматривать регулировку высоты в пределах от 0 – 150 мм и угла её наклона в пределах 0 – 200. Она должна иметь рифленое покрытие и бортик высотой 10 мм по нижнему краю.

Вывод

Лаборатория находится в городе Томске с континентально–циклоническим климатом. Такие природные явления как землетрясения, наводнения, засухи, ураганы в данном городе отсутствуют, но существует вероятность такой чрезвычайной ситуации природного характера, как сильные морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случае отключения электричества или аварии в электросети необходимо использование дизельного генератора для осуществления аварийного освещения в здании. Были рассмотрены такие пункты как производственная и экологическая безопасность, выявлены различные вредные и опасные факторы и методы борьбы с ними, определен перечень мероприятий для снижения угрозы со стороны возможного возникновения чрезвычайных ситуаций, изучены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, а также определены организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен обзор методов постральных исследований в процессе воздействия виртуальной среды у неврологических больных. Выбран тест Ромберга для оценки статических характеристик
2. Создана база данных трехмерных координат движения выделенных точек тела у пациента с болезнью Паркинсона и рассеянным склерозом в процессе воздействия виртуальной реальности с использованием системы бесконтактного захвата движения Kinect.
3. Проведен анализ траектории движения точек тела у пациентов с болезнью Паркинсона и рассеянным склерозом в процессе воздействия виртуальной реальности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [1] [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.medical-enc.ru/16/ravnovesie_tela.shtml (дата обращения: 14.03.2017).
2. [2] Все заболевания [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vse-zabolevaniya.ru/> (дата обращения: 14.03.2017).
3. [3] Справочник [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://spravochnik.vse-zabolevaniya.ru/nervnie-bolezni/ataksija.html> (дата обращения: 14.03.2017).
4. [4] Мартынов, Ю.С. Неврология: учебник / Ю.С. Мартынов. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 2006. – 624 с.
5. [5] Одинак, М.М. Частная неврология: учебник / ред. М.М. Одинак. – СПб.: Лань, 2002. – 448 с.
6. [6] Третьякова, Н.А. Компьютерная стабилметрия в диагностике постуральных нарушений при болезни Паркинсон: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.11 / Н.А. Третьякова. – Саратов, 2012 – 23 с.
7. [7] Оптимизация проведения стабилметрических исследований вертикальной позы и статокINETической устойчивости с использованием новых показателей: материалы 5 международной конференции, 28–29 апреля 2011г. – С. 55–57.
8. [8] Стабилметрическое исследование: краткое руководство / Д.В. Скворцов – Москва: 2010. – 160 с.
9. [9] Гурфинкель, В.С. Регуляция позы человека. / В.С. Гурфинкель, Я.М. Коц, М.Л. Шик. — М.: Наука, 1965. — 256 с.
10. [10] The influence of foam surfaces on biomechanical variables contributing to postural control / J.H. Chiang, Ge Wu // Gait Posture. — 1997. — Vol.5, № 3. — P.238–245.

11. [11] Гаже, П.М. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека / П.М. Гаже, Б. Вебер. — СПб.: СПбМАПО, 2008. — 214 с.
12. [12] Студепедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://studepedia.org/index.php?vol=1&post=38323> (дата обращения: 14.04.2017).
13. [13] Лехтенберг, Р. Неврология в вопросах и ответах / Р. Лехтенберг, Пер.2-го амер.изд. – СПб.: Питер Пресс, 1997. – 320 с.
14. [14] Kinect for Windows [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows> (дата обращения: 22.04.2017).
15. [15] Все заболевания [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vse-zabolevaniya.ru/bolezni-otorinolaringologii/ vestibuljarnye-narusheniya.html> (дата обращения: 24.04.2017).
16. [16] Методы исследования неврологического больного / под ред. М.Ф. Исмагилова. – Казань.: Казанский ГМУ. – 2007. – 82 с.
17. [17] Trinus, K.F. Guidelines on dizziness and space orientation disorders / K.F. Trinus, C.F. Claussen // Neurotology Newsletter. – 2012. – Vol. 9. – № 1. – p.85.
18. [18] Борисов, А.С. Неврологический осмотр / А.С. Борисов // Энциклопедия неврологических заболеваний. – 2014. – С.55–61.
19. [19] Скворцов, Д.В. Клинический анализ движений. Стабилометрия. / Д.В. Скворцов – М.:АОЗТ «Антидор». – 2000. – 192 с.
20. [20] Ефимов, А.П. Информативность биомеханических параметров походки для оценки патологии нижних конечностей / А.П. Ефимов // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С.80–88.
21. [21] Усачев, В.И. Стабилометрические параметры / В.И. Усачев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 11 – С. 138–144.

22. [22] Кононова, Н.А. Функциональная компьютерная стабилметрия в дифференциальной диагностике периферических и центральных вестибулярных расстройств: дис. ... канд. мед. наук / Н.А. Кононова. – Москва, 2006. – 144 с.

23. [23] Кистенев, Ю.В. Применение методов лазерной спектроскопии и нелинейного анализа для исследования медико–биологических объектов. Интегральный критерий оценки состояния биосистем / Ю.В. Кистенев. – Томск, 2007. – 200 с.

24. [24] Зарицкий, В.В. Тестирование вестибулярной функции: методическое пособие / В.В. Зарицкий, О.А. Мельников. – М.: Б.и., 2002. – 32 с.

25. [25] Медицинский портал для врачей и студентов. Постуральный контроль [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://doctorspb.ru/articles.php?article_id=1553 (дата обращения: 16.03.2017).

26. [26] Неврологические заболевания [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.nevromed.ru/patients/papers_pat/nevrologicheskie_zabolevaniya (дата обращения: 12.05.17)

27. [27] A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical Therapy and Rehabilitation [Электронный курс] – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4782741/#B4> (дата обращения: 22.04.2017).

28. Нелинейный анализ медико-биологических данных: монография / С.И. Карась, Ю.В. Кистенев, О.Ю. Никифорова, Я.С. Пеккер, В.А. Фокин, А.В. Шаповалов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2006. – 126 с.

29. Фокин, В.А. Технология интегральной оценки состояния биомедицинских систем / В.А. Фокин // Системы управления и информационные технологии. – 2008, № 1.1(31). - С. 191-194.