

**Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

Направление	11.04.01 – Радиотехника
Профиль	Локация объектов и сред
Факультет	РТ
Кафедра	РС

К защите допустить

Зав. Кафедрой

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
МАГИСТРА**

**ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА НА ЗВУКОВОЙ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛЫ.**

Студентка		_____	Шевковская Я.Д.
		<i>подпись</i>	
Руководитель	доцент каф. РС	_____	Андреева О.М.
	(Уч. степень, уч. звание)	<i>подпись</i>	
Консультант		_____	Иванов А. Н.
	(Уч. степень, уч. звание)	<i>подпись</i>	

Санкт-Петербург

2017

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Утверждаю
Зав. кафедрой РС

«__» _____ 2017 г.

Студентка Шевковская Я.Д.

Группа 1101

Тема работы: Исследование статистических характеристик реакции человека на звуковой и световой сигналы.

Место выполнения ВКР: СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Исходные данные (технические требования): персональный компьютер, программный пакет MatLab не ниже версии 2013a.

Содержание ВКР:

Обзор литературы и постановка задачи, введение, создание программного обеспечения в программной среде MatLab, проведение эксперимента, заключение.

Перечень отчетных материалов: пояснительная записка, иллюстративный материал.

Дополнительные разделы: Специальные вопросы обеспечения безопасности.

Дата выдачи задания

Дата представления ВКР к защите

«__» _____ 2017 г.

«__» _____ 2017 г.

Студентка

Шевковская Я.Д.

Руководитель доцент каф. РС
(Уч. степень, уч. звание)

Андреева О.М.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Утверждаю
Зав. кафедрой РС

« » 2017 г.

Студентка Шевковская Я.Д.

Группа 1101

Тема работы: Исследование статистических характеристик реакции человека на звуковой и световой сигналы.

№ п/п	Наименование работ	Срок вы- полнения
1	Обзор литературы и постановка задачи	23.01 – 29.01
2	Создание программного обеспечения в программной среде MatLab	30.01 – 19.02
3	Тестирование программного обеспечения	20.02 – 05.03
4	Проведение эксперимента, обработка полученных результатов	03.04 – 23.04
5	Оформление пояснительной записки	24.04 – 08.05
6	Оформление иллюстративного материала	09.05 – 11.05

Студентка

Шевковская Я.Д.

Руководитель доцент каф. РС
(Уч. степень, уч. звание)

Андреева О.М.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 92 стр., 62 рис., 8 табл., 11 ист., 2 прил.

НЕРВНАЯ СИСТЕМА, РЕФЛЕКС, РЕАКЦИЯ, РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА, ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР, СЛУХОВАЯ СИСТЕМА, ЛАТЕНТНОЕ ВРЕМЯ РЕАКЦИИ, ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН, ПАРАМЕТРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОДНОРОДНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ЗВУКОВОЕ/СВЕТОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРВАЛЫ, БОКСОВЫЕ ДИАГРАММЫ.

Объектом исследования является человеческий индивидум, а именно реакция человека на световое и звуковое воздействие.

Цель работы: было исследование реакции человека, во время различных видов воздействия (световых, звуковых и комбинированных) и обработка полученных результатов различными методами статистики.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Создать программное обеспечение, которое удовлетворяло бы предъявленным требованиям к источнику воздействий и позволяло бы производить необходимые эксперименты и извлекать нужные данные о времени реакции человека.
2. Провести эксперименты с различными группами индивидумов.
3. Обработать полученные результаты методами статистического анализа, а также осуществить проверку различных гипотез, связанных с параметрами выборок.

В результате работы создано программное обеспечение, проведена обработка полученных временных интервалов.

ABSTRACT

The object of the study is the human individual, namely the human response to light and sound effects.

Purpose of work: A study was conducted of various types of effects on human health.

To achieve the goal, you must perform the following tasks:

1. To create software that would satisfy the requirements to sources of influence and would allow carrying out the necessary experiments and obtaining the necessary data on the reaction time of a person.
2. Carry out experiments with different groups of individuals.
3. Process the results obtained by the methods of statistical analysis, and also check the various hypotheses associated with the parameters of the samples.

As a result of the work the software was created, the processing of the signals of time intervals

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
Глава 1. Общее представление о реакции и проверке статистических данных.....	8
1.1. Нервная система, рефлексы, реакции.....	8
1.2. Рецепторы.....	10
1.3. Проверка статистических гипотез.....	14
1.3.1. Критерии, основанные на сравнении теоретической и эмпирической функций распределения вероятностей.....	16
1.3.2. Сравнение параметров распределений.....	17
1.3.3. Непараметрические критерии однородности статистических данных	
Глава 2. Постановка задачи.....	20
Глава 3. Реализация поставленных задач.....	25
3.1. Создание программного обеспечения для проведения эксперимента.....	25
3.1.1. Выбор среды программирования.....	25
3.1.2. Создание пользовательского интерфейса.....	27
3.1.3. Алгоритм работы ПО.....	33
Глава 4. Эксперимент.....	47
4.1. Порядок проведения эксперимента.....	47
4.2. Результаты эксперимента.....	49
4.3. Статистическая обработка результатов исследований	54
4.3.1. Сравнение независимых выборок.....	54
4.3.2. Сравнение зависимых выборок.....	75
Глава 5. . Специальные вопросы обеспечения безопасности.....	78
5.1. Основные вредные и опасные факторы при работе с компьютером ...	78
5.2. Аспект эргономики используемого программного обеспечения.....	82
5.2.1. Принципы к созданию Программного обеспечения по стандарту ГОСТ Р 9241.....	83
5.2.2. Требования к созданию Программного обеспечения по стандарту ГОСТ Р 9241.....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	92

ВВЕДЕНИЕ

Исследование внимания влияет на успешную ориентировку человека в окружающем мире и взаимодействие с объектами. Установка и направленность человеческого внимания обуславливают его сознательность и избирательность. Концентрированное внимание и способность быстро реагировать на возникшее воздействие извне являются необходимыми критериями в работе не только многих специальностей (военные, авиа лётчики, врачи микрохирургии и ангиохирурги), спортсменов (все виды борьбы, командные игры) но и очень важны в повседневной жизни (самозащита, реакции на смертельно опасные воздействия и т.д.). Скорость реакции показывает, насколько хорошо работает нервная система.

Известно, что, скорость обработки информации является базовой когнитивной способностью человека. От начала действия раздражителя до момента реакции всегда проходит определенное время, после чего включаются мышечные механизмы ответного действия, быстрота которых уже зависит от скорости движений тела. Время задержки реакции называют “латентное время реакции”. Оно определяется скоростью обмена веществ и является индивидуальной особенностью каждого организма. Латентное время реакции не поддается тренировке, потому что невозможно увеличить скорость передачи нервных импульсов. Мышечные механизмы напротив можно тренировать.

Помимо основных знаний и специальных навыков для летчиков военной и гражданской авиации можно выделить способность к быстрому переключению внимания и быстроту реакции. А в Министерстве Внутренних Дел Российской Федерации тест на скорость реакции «Красный квадрат» является обязательным к прохождению для кандидатов на службу в уполномоченные органы. Способность хирурга молниеносно реагировать на малейшие раздражители во время проведения операции напрямую связана с жизнью человека.

Целью данной работы было исследование реакции человека, во время различных видов воздействия (световых, звуковых и комбинированных) и обработка полученных результатов различными методами статистики.

Глава1. Общее представление о реакции и проверке статистических данных.

1.1.Нервная система, рефлексy, реакции.

Нервная система – это сложнейшая сеть структур, пронизывающая весь организм и обеспечивающая само регуляцию его жизнедеятельности, благодаря способности откликаться на внутренние и внешние воздействия. Главные функции нервной системы – переработка, хранение , получение информации из окружающей среды и изнутри, координация деятельности органов и систем организма [1].

Нервная регуляция – это регуляция функций организма посредством рефлексов, осуществляемых нервной системой.

Декарт предполагал, что взаимодействие организмов с окружающими средой опосредовано нервной машиной, в которой мозг представляется как центр, от которого расходятся нервные трубки. Согласно его мнению, внешние факторы действуют на концы расположенных в теле нервных «нитей», которые, напрягаются, задействуют определенные клапаны отверстий, ведущих из мозга в нервы. По этим открытым каналам «животные духи» (выражение Декарта) стремятся в соответствующие ткани (мышцы), которые в результате «надуваются». Декарт определенно утверждал, что источник двигательного акта не является продуктом души или мозга, а расположен снаружи. Хотя термин «рефлекс» у Декарта не употребляется, ему удалось обозначить контуры этого понятия вполне отчетливо: И. П. Павлов считал именно Декарта основоположником понятия «рефлекс» в физиологии и писал, что «Считая деятельность животных, в противоположность человеческой, машинообразной, Декарт... установил понятие рефлекса как основного акта нервной системы» [2]

И.М. Сеченов одним из первых внес предположение о том, что высшие отделы головного мозга носят рефлекторный характер и распространил понятие "рефлекс" на любую, в том числе и высшую нервную деятельность (ВНД). При этом он исходил из 2-х положений [3]:

1. всякая деятельность организма сводится в конечном итоге к движению.
2. все движения по своему происхождению рефлексы.

И.П. Павлов экспериментально обосновал взгляд на рефлекс как основной акт любой нервной деятельности. Он же разделил все рефлексы по механизму образования на безусловные и условные. Основные черты рефлектор-

ной теории И.П. Павлов сформулировал в работе "Ответ физиолога психологам" [4]. Она включает три основополагающих принципа:

1. Принцип детерминизма гласит "нет действия без причины". Т.е. всякий рефлекторный акт является следствием действия раздражителя на организм.

2. Принцип анализа и синтеза. В мозге постоянно происходит анализ, т.е. различение сигналов, а также синтез, т.е. их взаимодействие и целостное восприятие.

3. Принцип структурности. В нервной системе нет процессов, не имеющих определенной структурной локализации.

Реакция – это ответное действие организма на внешние или внутренние раздражения. Различают психологическую реакцию, физиологическую реакцию и иммунологическую реакцию.[3]

Время реакции человека на воздействие (латентное время) – это временной интервал от начала подачи сигнала до ответной реакции организма. Считается, что латентное время может быть разделено на 3 фазы:

- время прохождения нервных импульсов от рецептора до коры головного мозга;

- время, необходимое для переработки нервных импульсов и организации ответной реакции в центральной нервной системе;

- время ответного действия организма.

Время реакции часто зависит от модальности стимула, другими словами, от вида сигнала-возбудителя, интенсивности раздражителя, тренированности, настроенности на восприятие сигнала, возраста и пола, сложности реакции (простая или избирательная). Меняясь в широких пределах время реакции в самых лучших случаях составляет не менее 0,15 сек (распознавание зрительных образов не менее 0,4 сек).[5]

Основой любого рефлекса или реакции является рефлекторная дуга или рефлекторный путь. Рефлекторная дуга (РД) – это путь прохождения ответной реакции, т.е. нервных сигналов.

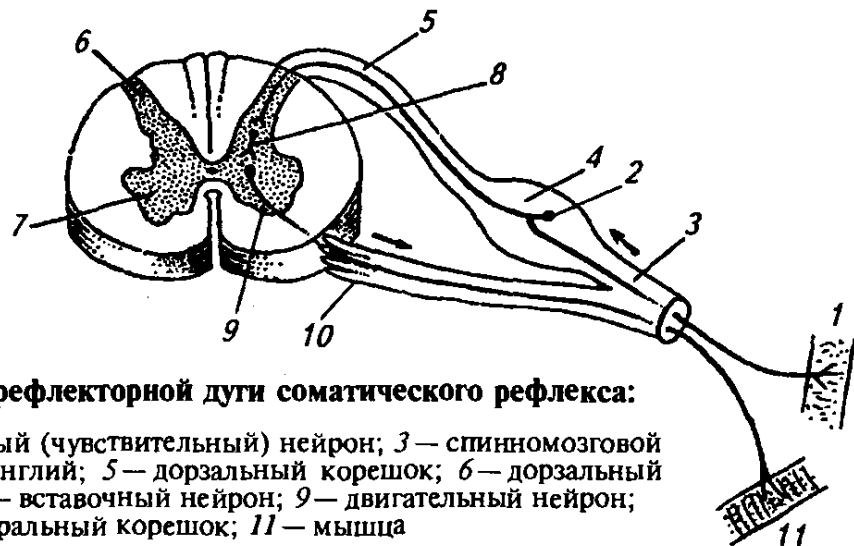


Схема простой рефлекторной дуги соматического рефлекса:

1 — рецептор; 2 — рецепторный (чувствительный) нейрон; 3 — спинномозговой нерв; 4 — спинномозговой ганглий; 5 — дорзальный корешок; 6 — дорзальный рог; 7 — вентральный рог; 8 — вставочный нейрон; 9 — двигательный нейрон; 10 — вентральный корешок; 11 — мышца

Рис. №1- Строение рефлекторной дуги.

Рефлекторная дуга соматического (двигательного) рефлекса состоит из следующих основных звеньев (см. Рис. №1):

1. Рецептор, воспринимающий раздражение.
2. Афферентное (восходящее или чувствительное) нервное волокно.
3. Нервный центр в Центральной нервной системе.
4. Эфферентное (нисходящее, двигательное) нервное волокно.
5. Исполнительный орган “эффектор”.

Возбуждение от рецепторов передается в рефлекторный нервный центр, далее действует эффе́ктор – исполнительный орган, который изменяет свою деятельность, ориентируясь на раздражитель. Органами-эффе́кторами являются железы или мышцы. [6].

1.2.Рецепторы

Рецептор – это структура, воспринимающая информацию. Рецепторы воспринимают энергию раздражителя и трансформируют ее в энергию нервного импульса.

Существует несколько различных классификаций рецепторов [6]:

по месту восприятия информации:

- экстерорецепторы (извне);
- интерорецепторы (изнутри);
- проприорецепторы (из опорно-двигательного аппарата).

по виду воспринимаемой информации:

- механорецепторы – воспринимают механическое возбуждение;

- терморецепторы – воспринимают температурное воздействие;
- хеморецепторы – реагируют на химические вещества;
- ноцицепторы – болевые рецепторы.

Поскольку одной из целей данной работы является создание программного обеспечения для проведения исследования латентного времени реакции человека на раздражение и обработки его результатов, было решено ограничиться экстерорецепторами, а именно – зрительным анализатором и слуховым аппаратом человека. Были выбраны именно это рецепторы, потому что программно воздействовать на них извне представляется наиболее удобно.

Зрительный анализатор.

Глаз человека (см. Рис.№2) — парный сенсорный орган (орган зрительной системы) человека, обладающий способностью воспринимать электромагнитное излучение в световом диапазоне длин волн и обеспечивающий функцию зрения. Глаза расположены в передней части головы и вместе с веками, ресницами и бровями, являются важной частью лица. Область лица вокруг глаз активно участвует в мимике. [10]

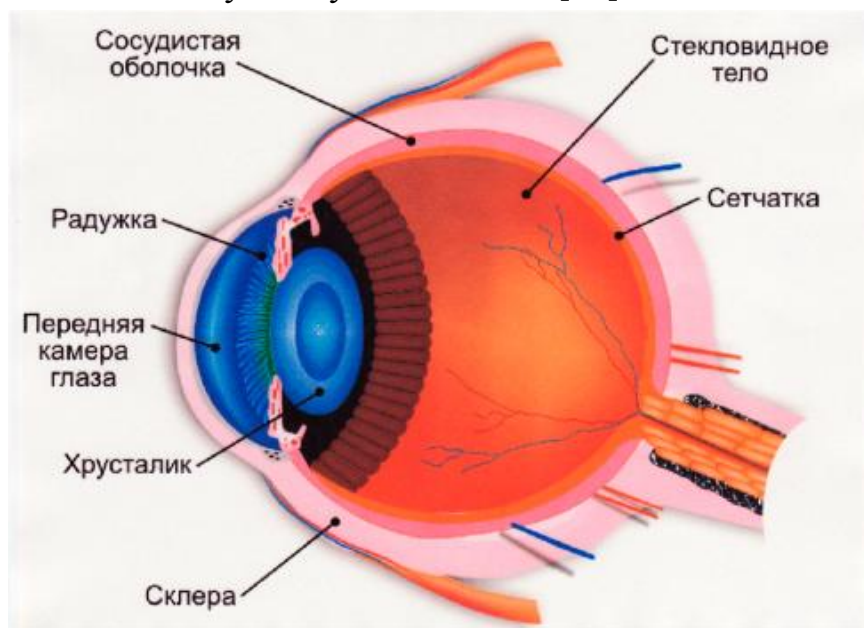


Рис. №2- Глаз человека.

Согласно теории цветовой зрения Юнга-Гельмгольца (1821-1894) ощущение любого цвета можно получить смешиванием спектрально чистых излучений красного, зеленого и синего цвета. Эта теория хорошо согласуется с наблюдаемыми фактами и предполагает, что в глазу есть только три типа светочувствительных приемников. Они отличаются друг от друга областями спектральной чувствительности. Красный свет воздействует преимущественно на приемники первого типа, зеленый - второго, синий - третьего. Сложением излучений таких трех цветов в различных пропорциях можно получить

любую комбинацию возбуждения всех трех типов светочувствительных элементов, а значит и ощущение любого цвета. Если все рецепторы возбуждены в одинаковой степени, мы имеем ощущение белого цвета, если рецепторы не возбуждены - черного. По этой причине, накладывающиеся области красного, зеленого и синего цвета выглядят как белое пятно. Наложение красного и синего цвета дает фиолетовый цвет, зеленого и синего - бирюзовый, красного и зеленого - желтый

Приведенный на рис.№3 график показывает относительную спектральную чувствительность глаза к излучениям различных длин волн (так называемая кривая видности [7]). Кривая видности красного цвета соответствует чувствительности глаза при дневном свете, а синяя - при сумеречном свете. Максимальная чувствительность глаза при дневном свете достигается на длине волны 555 нм, а при сумеречном свете - на длине волны 510 нм. Максимальная чувствительность глаза в обоих случаях принимается за единицу. Отличие между этими двумя кривыми видности объясняется тем, что дневной и сумеречный свет воспринимаются различными рецепторами глаза (палочками при сумеречном свете и колбочками при дневном свете). При этом палочки обеспечивают чёрно-белое зрение и обладают очень высокой чувствительностью. Колбочки же позволяют человеку различать цвета, но их чувствительность гораздо ниже. В темноте работают только палочки - именно поэтому ночью воспринимаемое изображение серое.

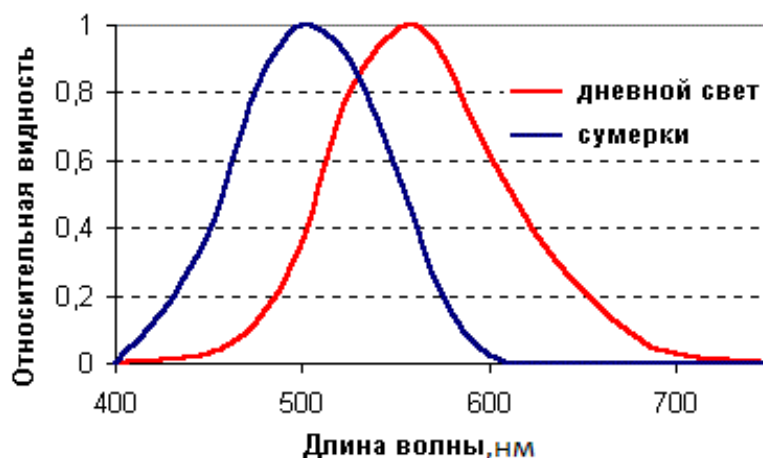


Рис. №3- График видности.

Из кривой видности можно заметить, что глаз способен воспринимать свет на длинах волн примерно от 400 нм до 760 нм. В условиях адаптации к темноте глаз может также немного видеть инфракрасный свет с длиной волны до 950 нм и ультрафиолетовый свет с длиной волны не меньше 300 нм.

Границы частотного диапазона видимого света, а также сама форма кривой видности человеческого глаза были сформированы в процессе длительной эволюции, приспособившись к условиям освещения земных предметов солнечным светом, а также к условиям сумеречного и ночного освещения. [8]

Слуховая сенсорная система (см. Рис.№4)— сенсорная система, обеспечивающая кодирование акустических стимулов и обуславливающая способность человека ориентироваться в окружающей среде посредством оценки акустических раздражителей. Периферические отделы слуховой системы представлены органами слуха и лежащими во внутреннем ухе фонорецепторами.

Акустические (звуковые) сигналы, представляющие собой колебания воздуха с разной частотой и силой, возбуждают слуховые рецепторы, которые находятся в улитке внутреннего уха. Эти рецепторы активируют первые слуховые нейроны, после чего сенсорная информация передается в слуховую область коры большого мозга.[10]



Рис. №4- Строение сенсорной системы человека.

В результате эксперимента над временем реакции человека будут получены наборы латентных времен. Для того, чтобы проанализировать полученные данные было принято решение воспринимать их как случайные числа, а, следовательно, применить к ним статистические методы обработки и анализа.

1.3. Проверка статистических гипотез

«Следует всегда помнить о противоречии между категоричностью и надежностью высказываний по гипотезе: как правило, надежное высказывание некатегорично, категорическое высказывание ненадежно»

Пыко С.А.

Очень важно знать закон распределения вероятностей для применения на практике методов теории вероятностей и математической статистики. Как правило, исследуемая случайная величина для ученого может быть описана исключительно законом распределения вероятностей реализации ее значений.

Учитывая закон распределения вероятностей исследуемой случайной величины, ученый или инженер способен решить большое количество практических заданий.

Статистическая гипотеза – это высказывание (предположение, допущение) об особенностях распределения вероятностей случайной величины, которое подтверждается экспериментальными данными относительно неё. **Нулевая гипотеза** – это гипотеза, которая проверяется на согласованность с имеющимися выборочными (эмпирическими) данными. В научном мире при проверке гипотез ученый старается опровергнуть нулевую гипотезу и принять ей противоположную **альтернативная** (конкурирующая), исключая нулевую, гипотеза.

Достоверность гипотезы подтверждается обычно следующим образом: по выборочным значениям экспериментально полученной случайной величины рассчитывается некоторый показатель— статистический критерий (статистика критерия). Если допустить, что распределение вероятностей нужной статистики критерия в условиях справедливости исследуемой гипотезы известно, можно определить вероятность появления вычисленного значения статистики.

Обычно в качестве критерия используют величину отклонения некой экспериментальной характеристики от ее теоретического значения. Из-за того, что мера расхождения рассчитывается по данным выборочной совокупности, которая случайна, то и сам критерий является случайной величиной. Следовательно, есть вероятность, что выбрана «неудачная» выборочная совокупность, не позволяющая правильно оценить информацию о генеральной совокупности. Также не исключена возможность того, что,

руководствуясь экспериментальным значением критерия и данной критической областью, мы избавимся от гипотезы, в то время как она верна, или, наоборот, примем, когда она неверна.

Область значений критерия разбивают на два подмножества (см.Рис.№5): область принятия гипотезы (допустимую область) и критическую область. При попадании значения критерия, подсчитанного по выборке, в область принятия, гипотеза принимается, в противном случае — отклоняется, то есть принимается альтернатива. Если область принятия гипотезы является замкнутым интервалом вещественной оси, в то время как критическая область содержит все точки этой оси, не входящие в область принятия, то говорят о двусторонней альтернативе. Если критическая область состоит только из одного интервала, то говорят об односторонней альтернативе: левосторонней или правосторонней:

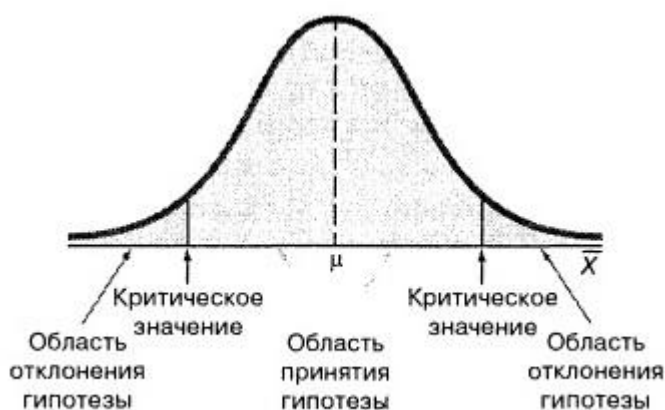


Рис. №5-Области принятия решений для критерия значимости.

Основываясь на принципе значимости, до начала эксперимента устанавливается уровень значимости — наибольшее значение вероятности, несовместимое с признанием случайности экспериментально вычисленного значения статистики критерия.

Часто используемые уровни значимости - это 0.1; 0.05; 0.01 и 0.001. Уровень значимости следует выбирать, учитывая, что последствия неправильного выбора могут привести к нежелательному отклонению правильной гипотезы. Например, при проверке гипотезы о том, что определенный лекарственный препарат не достаточно медикаментозен, уровень значимости должен быть значительно мал.

Событие называется значимым (а не случайным), если теоретическая вероятность его случайного появления меньше, чем принятый уровень значимости. Критическое значение статистики критерия определяет уровень значимости. Обычно, если значение статистики критерия, рассчитанное по опытным данным, больше критического, то гипотеза отклоняется на выбранном уровне значимости. Иначе, гипотеза является не противоречащей результатам испытаний. Дополнение до единицы уровня значимости

называется уровнем достоверности (достоверностью).

Выдвинутая гипотеза будет отвергнута, если по выборке получится результат, маловероятный при истинности выдвинутой гипотезы. Уровень значимости можно назвать принятой границей маловероятности. Если уровень превышен, то происходит отклонение нулевой гипотезы.

Так как основой для определения статистики критерия служат выборочные значения случайной величины, то и сама статистика также будет случайной величиной. Очевидно, что выводы по гипотезе на основе статистики критерия могут обладать вероятностными характеристиками. Ошибки, приводящие к отклонению верной гипотезы и ошибки, приводящие к принятию ложной гипотезы называют ошибками первого и второго рода и обозначают α и β соответственно. При этом $\alpha \leq p$, где p – уровень значимости. Величину $E = 1 - \beta$ называют мощностью критерия проверки гипотезы и с ее помощью оценивают его эффективность. Мощность критерия соответствует вероятности отклонения ложной гипотезы.

Выбор этих значений происходит согласно условиям эксперимента и требованиям, предъявляемым к достоверности суждения по проверяемой гипотезе. Значения α и β , часто используемые на практике равны 0,1; 0,05; 0,01.

Порядок действий для проверки статистической:

1. Определить нулевую и альтернативную гипотезы.
2. Задать уровень значимости α (допустимую вероятность ошибки первого рода).
3. Выбрать меру расхождения (критерий проверки).
4. Определить критическую область.
5. Вычислить фактическое значение критерия на основе результатов эксперимента.
6. По результату п. 5 принять гипотезу, если значение критерия принадлежит критической области, в противном – отклонить.

1.3.1. Критерии, основанные на сравнении теоретической и эмпирической функций распределения вероятностей.

Обозначим через $F(x)$ ($x_i < x_{i+1}$) эмпирическую функцию распределения вероятностей, а через $\Phi(x)$ — теоретическую функцию распределения.

Расстояние между эмпирической и теоретической функциями распределения вероятностей является весьма эффективной статистикой для проверки гипотез о виде закона распределения вероятностей случайной величины.

Среди известных критериев согласия такого типа отметим серию критериев, использующих различные варианты анализа расстояния между $F(x)$ и $\Phi(x)$:

- критерий Джини (1941 г.) $\int |F(x) - \Phi(x)| dx$;
- критерий Крамера - фон Мизеса (1928 г.) $\int (F(x) - \Phi(x))^2 dx$;
- критерий Колмогорова - Смирнова (1933 г.) $\sup_{-\infty < x < \infty} |F(x) - \Phi(x)|$;
- критерий Смирнова - Крамера - фон Мизеса (1936 г.) $\int (F(x) - \Phi(x))^2 d\Phi(x)$;
- критерий Андерсона-Дарлинга (1952 г.) $\int \frac{(F(x) - \Phi(x))^2}{\Phi(x)(1 - \Phi(x))} d\Phi(x)$;
- критерий Купера (1960 г.) $\sup_{-\infty < x < \infty} (F(x) - \Phi(x)) + \sup_{-\infty < x < \infty} (\Phi(x) - F(x))$;
- критерий Ватсона (1961 г.) $\int (F(x) - \Phi(x) - \int (F(x) - \Phi(x))^2 d\Phi(x)) d\Phi(x)$;
- критерий Фроцини (1978 г.) $\int |F(x) - \Phi(x)| d\Phi(x)$.

Тест Колмогорова-Смирнова для сравнения законов распределения двух генеральных совокупностей значений случайных величин.

Обладает достаточно высокой асимптотической мощностью. Тест основан на расчете максимальной разности между кумулятивными частотами исследуемых выборок, то есть, разности между значениями эмпирических функций распределения.

1.3.2. Сравнение параметров распределений

Как правило, исследуя случайные величины необходимо знать являются ли равными параметры распределений этих случайных величин.

Такие задачи могут иметь и иную формулировку: принадлежат ли выборочные данные, классифицированные по определенному признаку, двум разным генеральным совокупностям или одной и той же?

В таких случаях проверяемой (нулевой) гипотезой будет гипотеза о равенстве параметров распределений. Некоторые способы проверки таких гипотез рассматриваются ниже.

1. Сравнение двух средних значений

Если взять две выборки независимых случайных величин, включающие, соответственно, n и m значений: (x_1, x_2, \dots, x_n) и (y_1, y_2, \dots, y_m) . Нужно на основе выборочных данных установить есть ли значимая разница между средними значениями этих двух совокупностей, из которых взяты выборки, или нет, т. е. проверить нулевую гипотезу $H_0 : m_1(x) = m_1(y)$ против альтернативы $H_1 : m_1(x) \neq m_1(y)$.

В случае проверки при известных дисперсиях σ_1^2 и σ_2^2 , z-статистика критерия проверки нулевой гипотезы \

$$z = (\bar{x} - \bar{y}) \left(\frac{\sigma_1^2}{n} + \frac{\sigma_2^2}{m} \right)^{-\frac{1}{2}}, \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i.$$

где

При правильности нулевой гипотезы z-статистика имеет нормальное распределение.

Решение принимается в пользу гипотезы H_0 , если $|z| < \frac{u_{1+\alpha}}{2}$, где значение $\frac{u_{1+\alpha}}{2}$ - это квантиль стандартного нормального распределения на уровне $(1 + \alpha) / 2$, значение которого можно узнать из соответствующих таблиц, альфа – доверительная вероятность. Под гипотезой H_0 понимается предположение о равенстве средних $H_0 : m_1(x) = m_1(y)$, а под гипотезой $H_1 : m_1(x) \neq m_1(y)$.

2. t-критерий Стьюдента

Этот критерий основан на сравнении с распределением Стьюдента. Чаще всего это связано с проверкой равенства средних из двух выборок.

При независимости выборок, статистика критерия определяется

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{s} \left(\frac{m+n}{m+n-2} \right)^{\frac{1}{2}},$$

$$s^2 = \frac{(n-1)s_1^2 + (m-1)s_2^2}{n+m-2}; \quad s_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2; \quad s_2^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2.$$

Если нулевая гипотеза оказывается правдой, то статистика критерия будет иметь распределение Стьюдента: с $f = n + m - 2$ степенями свободы.

Двухвыборочный t-критерий для зависимых выборок существует для вычисления экспериментального значения t-критерия в случаях проверки гипотезы о равенстве средних в двух зависимых выборках одинакового объема N, члены которых расположены в порядке их наблюдения. В такой ситуации двухвыборочная задача может быть определена как одновыборочная, если в качестве случайной величины использовать разности исследуемых пар элементов (т.е. элементов, имеющих одинаковые номера в своих выборках).

Применяется следующая формула:

$$t = \frac{|M_d|}{\sigma_d/\sqrt{N}}$$

где M_d - средняя разность значений, а σ_d - стандартное отклонение разностей. Количество степеней свободы рассчитывается как $f = N - 1$.

4. Сравнение при неизвестных неравных дисперсиях

Впервые изложили суть это задачи сравнения средних двух нормально распределенных совокупностей при неизвестных и неравных (по выборочным оценкам) дисперсиях Беренс и Фишер. Истинного решения этой проблемы до сегодняшнего дня нет, но исследователи часто используют приближения, которые описаны ниже:

Критерий Кохрана-Кокса:

Статистика критерия $t_k = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{s}$, где $s^2 = \frac{s_1^2}{n} + \frac{s_2^2}{m}$.

Критические значения статистики вычисляются по формуле

$$T_\alpha = \frac{v_1 t_\alpha(f_1) + v_2 t_\alpha(f_2)}{v_1 + v_2}, \quad v_1 = \frac{s_1^2}{n}, \quad v_2 = \frac{s_2^2}{m}; \quad t_\alpha(f) - \text{квантиль распределения}$$

Стьюдента на уровне α с f степенями свободы. В нашем случае $f_1 = n - 1$; $f_2 = m - 1$.

Критерий Фишера

Статистика критерия Фишера записывается как

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}, \quad \text{если выборочными оценками максимального правдоподобия}$$

$$\text{дисперсий являются } s_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2; \quad s_2^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2.$$

В числителе критерия всегда должна стоять большая по величине из двух сравниваемых дисперсий. При справедливости нулевой гипотезы $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ статистика критерия имеет распределение Фишера с $f_1 = n - 1$ и $f_2 = m - 1$ степенями свободы, где n и m — объемы сравниваемых выборок.

Нулевая гипотеза отклоняется в пользу альтернативы $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$, если

$$F < \frac{F_{1-\alpha/2}(n-1, m-1)}{2} \quad \text{и} \quad F > \frac{F_{1+\alpha/2}(n-1, m-1)}{2}.$$

Критерий Фишера очень чувствителен к отклонениям от нормальности распределения наблюдаемых данных. Чувствительность критерия может быть повышена соответствующей корректировкой степеней свободы.

Критерий Романовского.

Статистика критерия: $R = \frac{|Q-1|}{\sigma_Q}$, где $Q = \frac{m-3}{m-1} \frac{s_1^2}{s_2^2}$; $\sigma_Q = \sqrt{\frac{2(n+m-4)}{(n-1)(m-5)}}$.

Если $R \geq 3$, то нулевая гипотеза равенства дисперсий отклоняется с достоверностью не менее 0,89.

Критерий отношения размахов

Вид статистики критерия $F^* = \frac{w_n}{w_m}$, где $w_n = x_{\max} - x_{\min}$, $w_m = y_{\max} - y_{\min}$

- размахи сравниваемых выборок. В числителе всегда должно быть наибольшее из двух значение размаха.

Нулевая гипотеза отклоняется с вероятностью α , если $F^* > F^*_{\alpha}$, где F^*_{α} — критическое значение статистики. Мощность критерия отношения размахов практически не отличается от мощности критерия Фишера при $n \leq 15$.

1.3.3. Непараметрические критерии однородности статистических данных

Рассмотренные ранее методы сравнения параметров распределений предполагали, что мы заранее владеем важной основной информацией — нам известен вид закона распределения вероятностей и характеристики. Часто эти требования не являются препятствием для желающих использовать статистику для решения проблем. Но отклонение закона распределения вероятностей изучаемой случайной величины от понравившегося приводит к искажению вероятностных характеристик наших суждений (вплоть до принятия решения, противоположного правильному).

Когда предположения о предполагаемом законе распределения вероятностей не кажутся убедительными, нужно использовать другие методы для сравнения случайных величин и тестирования гипотез.

Методы статистического анализа и обработки результатов, закон распределения вероятностей появления которых неизвестен, сгруппированы под единым ответвлением математической статистики, получившим название **непараметрическая статистика**. Ее методы и приемы, или другими словами, методы, свободные от распределения, в последние годы развиваются очень сильно.

Каждое распределение можно характеризовать параметром положения, описывающим центр группирования случайных величин, и параметром масштаба, характеризующим степень рассеяния случайных величин относительно центра группирования (например, если это нормальное распределение, то это среднее значение и стандартное отклонение).

При известном законе распределения, гипотезы о параметрах положения и масштаба проверяются с помощью специальных критериев сдвига и масштаба.

Если $f_1(x)$ и $f_2(x)$ — неизвестные плотности вероятностей, то гипотеза сдвига записывается как $H_0: f_1(x) = f_2(x)$ против альтернативы

$H_1: f_1(x) = f_2(x - \Delta)$, или $H_0: \Delta = 0$ против альтернативы $H_1: \Delta \neq 0$, где Δ — сдвиг, определяемый разностью параметров положения распределений.

Гипотезы о разнице в дисперсиях (при неизвестных распределениях) представляются как гипотезы о параметрах масштаба.

Например, если $f_1(x) = \frac{1}{T} f\left(\frac{x - m_1}{T}\right)$; $f_2(x) = f(x - m_1)$, то гипотеза о параметре масштаба записывается как $H_0: T = 1$ против альтернативы $H_1: T \neq 1$.

Плюсом непараметрических (свободных от распределения) методов проверки статистических гипотез является простота расчетов. С другой стороны, мощность статистических критериев, построенных на их основе, уступает аналогичным параметрическим критериям (например, критериям Стьюдента, Фишера и т. п.).

Если распределение случайной величины неизвестно, то непараметрические критерии являются единственными и верными критериями для проверки различных статистических гипотез. Если распределение известно, то сначала применяются простые в вычислительном отношении непараметрические критерии. При отклонении ими проверяемой гипотезы дальнейшее уточнение не требуется.

Непараметрические критерии сдвига для двух выборок:

1. Быстрый критерий Кенуя

Пусть $0 < p < 1$. Обозначим x_p такое значение случайной величины, которое превышает $[pn]$ значениями из выборки. Для начала вычисляется среднее значение в каждой выборке:

$$m = 0.2x_{\frac{1}{16}} + 0.6x_{\frac{1}{2}} + 0.2x_{\frac{15}{16}}, \quad \text{со стандартным отклонением } \frac{1.1s}{\sqrt{n}}, \quad \text{где}$$

$$s = \frac{1}{3} \left(x_{\frac{1}{16}} - x_{\frac{15}{16}} \right).$$

Проверить разность в параметрах положения можно критерием $M = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}}$ (индексы относятся к номерам проверяемых выборок).

Статистика критерия распределена нормально, если объемах проверяемых выборок свыше 20. Поэтому нулевая гипотеза отсутствия сдвига не отклоняется при доверительной вероятности α , если $|M| < \frac{u_{1+\alpha}}{2}$.

Данный критерий имеет эффективность по сравнению с параметрическим критерием Стьюдента не хуже 93% и устойчив к отклонениям от нормальности.

2. Критерий Манна-Уитни-Вилкоксона

Этот критерий из класса ранговых критериев (основан на последовательности рангов выборочных значений случайных величин). Пусть

(x_1, x_2, \dots, x_n) и (y_1, y_2, \dots, y_m) - выборки, упорядоченные по возрастанию. Суммы рангов в обеих группах должны быть равными (сдвига нет) – в этом суть нулевой гипотезы. В основе исследования этого критерия лежит статистика: $U = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m h_{ij}$, где $h_{ij} = \begin{cases} 1, & x_i < y_j; \\ 0, & x_i > y_j. \end{cases}$. В этом выражении U – точное число пар значений, для которых $x_i < y_j$. Распределение U известно и табулировано. Гипотеза сдвига отклоняется, если $U_1(\alpha) < U < U_2(\alpha)$, в то время как $(U_1(\alpha)$ и $U_2(\alpha)$ — критические значения, определяемые по таблицам).

Статистика Вилкоксона тесно связана U-статистикой Манна-Уитни. Статистика Вилкоксона определяется суммой рангов элементов одной выборки (предположим, x_i объема n) в общей последовательности упорядоченных элементов совместной выборки объема $(m + n)$: $W = mn + \frac{n(n+1)}{2} - U$.

Статистики W и U эквивалентны. Возможно применение аппроксимация $Z = \frac{W - \frac{n(n+m+1)}{2}}{\sqrt{\frac{nm(n+m+1)}{12}}}$, если $n, m > 20$.

Если $|Z| < u_{\frac{1+\alpha}{2}}$, то статистика Z аппроксимируется нормальным распределением, и гипотеза сдвига отклоняется с достоверностью α .

Если в двух сравниваемых выборках имеются совпадающие значения, то им рекомендуется приписывать средние ранги (среднеарифметическое для каждой серии последовательных рангов). Например, если одинаковые элементы стоят на седьмом и восьмом местах, то им обоим приписывается ранг 7.5.

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок.

Он существует для проверки нулевой гипотезы, заключающейся в том, что независимые выборки (x и y) взяты из генеральных совокупностей с равными медианами. Расчет уровня значимости в этом критерии позволяет узнать вероятность отвержения гипотезу, описанную выше, в случае, если она верна. Если уровень значимости приблизительно равен нулю, то гипотеза может быть отвергнута, и это значит, что медианы сравниваемых выборок статистически значимо отличаются друг от друга. Критический уровень значимости на практике часто принимают равным 0,05; 0,01.

Для этого критерия предполагается, что генеральные совокупности, из которых извлекаются выборки, имеют одинаковое непрерывное распределение. Они могут отличаться только средними значениями.

Знаковый критерий

Используется при условии, что две выборки имеют одинаковый объем ($n = m$) и происходит попарное сравнение элементов выборок: $(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots; (x_n, y_n)$. Другими словами это выборка для двумерной случайной величины (X, Y) . Пары (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ являются взаимно независимыми, но компоненты внутри одной пары могут зависеть друг от друга. Нулевая гипотеза состоит в том, что компоненты x_i и y_i , распределены одинаково, точнее, что $P\{X < Y\} = P\{X > Y\} = 1/2$.

Для этого критерия рассматривается разница каждого i значений выборок $z_i = x_i - y_i$ и в общем случае $Z = X - Y$. Тогда рассматриваемая гипотеза эквивалентна гипотезе $P\{Z < 0\} = P\{Z > 0\} = 1/2$.

Это значит, что с равной вероятностью $1/2$ знак любого элемента последовательности z_i может быть и положительным и отрицательным. Число положительных знаков выбрано в качестве критерия K . Бесспорно, что если гипотеза верна, то K имеет биномиальное распределение с параметрами $q = p = 1/2$. Критические значения при этом будут определяться квантилями биномиального распределения.

Не смотря на то, что знаковый критерий прост, он не отличается высокой эффективностью.

Знаковый ранговый тест Вилкоксона на равенство нулю медианы выборки.

Он позволяет осуществить двусторонний знаковый ранговый тест Вилкоксона для проверки нулевой гипотезы состоящей в том, что медиана разностного распределения генеральных совокупностей, из которых были сделаны выборки (x, y) равна нулю. Если уровень значимости приблизительно равен нулю, то гипотеза может быть отвергнута, и это значит, что медиана разницы статистически значимо отличаются от нуля.

4.Критерий Фишера-Иэйтса-Терри-Гёфдинга

В основе критерия лежит статистика $S = \sum_{i=1}^m a_{n+m}(R_i)$, где

$a_{n+m}(i) = M\left(z_{m+n}^i\right)$ — математическое ожидание i -й порядковой статистики в выборке объема $(n + m)$ из стандартного нормального распределения; R_i — ранг значений y_i в объединенной ранжированной выборке x и y (или ранг x_i в объединенной выборке, тогда суммирование нужно вести по $i = 1, \dots, n$).

Возможно использование аппроксимация вида

$$a_n(i) = 4.91 \left(p^{0.14} - (1-p)^{0.14} \right), \quad p = \frac{i - 3/8}{n + 1/4}.$$

Если $|S| < S(\alpha)$ гипотеза сдвига отклоняется, где $S(\alpha)$ — критическая величина, значения которой табулированы.

Распределение S удовлетворительно аппроксимируется нормальным со средним, равным нулю и дисперсией, определяющейся по формуле

$$D(S) = \frac{mn}{(m+n)(m+n-1)} \sum_{i=1}^{m+n} a_{m+n}^2(i), \text{ если } n, m > 10.$$

Тогда нулевая гипотеза отклоняется с достоверностью α , если $\left| \frac{S}{\sqrt{D(S)}} \right| < u_{1+\frac{\alpha}{2}}$. С учетом того, что u_α - квантиль стандартного нормального распределения на уровне α .

5. Медианный критерий

Для определения статистики необходимо выполнить определенные действия: для начала находится медиана $Me(x, y)$ общего упорядоченного ряда (x, y) , и подсчитывается число наблюдений выборки x , превосходящих медиану (если $(n + m)$ нечетно и медиана принадлежит выборке x , то это число увеличивается на $1/2$).

При $n, m > 10$ распределение статистики медианного критерия S удовлетворительно описывается нормальным со средним $m/2$ и дисперсией, определяющейся по формуле

$$D(S) = \begin{cases} \frac{mn}{4(m+n-1)}, & m+n = 2k; \\ \frac{mn}{4(m+n)}, & m+n = 2k-1. \end{cases}$$

Если $\left| \frac{S - M(S)}{\sqrt{D(S)}} \right| < u_{1+\frac{\alpha}{2}}$, гипотеза сдвига отклоняется с достоверностью α .

6. Критерий Мостеллера

Этот критерий предполагает, что гипотеза равенства средних двух выборок одинакового объема $n > 5$ отклоняется с доверительной вероятностью 0.95, если 5 (при $n \leq 25$) или 6 (при $n > 25$) наибольших или наименьших значений содержатся в одной и той же выборке. Так как критерий имеет низкую мощность, он подходит только для грубой проверки гипотез сдвига.

6. Критерий Крускала-Уоллиса

Представляет собой многомерное обобщение двухвыборочного критерия Манна-Уитни.

Если имеется k выборок разной длительности. Общее число элементов во всех выборках равно N . После упорядочивания всех элементов всех выборок по возрастанию и обозначения за R_{ij} ранг j -го элемента i -й выборки в общем упорядоченном ряду, расчет статистики будет производиться по формуле

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1), \text{ где } R_i = \sum_{j=1}^N R_{ij}.$$

Если $H > H_\alpha$, Гипотеза сдвига отклоняется на уровне значимости α , где H_α - критическое значение. Возможна аппроксимация статистики H распределением хи-квадрат с $f = k - 1$ степенями свободы, если $n_i \geq 20$.

Глава 2. Постановка задачи

Целью данной работы является исследование реакции человека на различные виды воздействий и обработка полученных результатов с помощью статистических методов.

Так как самым доступным образом воздействия на сенсорные системы человека представляется воздействие на зрение и слух, то было решено использовать именно эти области стимулирования. Под воздействием на зрение понимается манипуляция с резким появлением/всплыванием предметов, вспышка, мигание. Под воздействием на слух – внезапное появление звука, громкое или тихое, молниеносное или продолжительное.

При проведении эксперимента с участием различных индивидуумов с целью получения достоверных результатов важно точное соблюдение параметров и условий каждого эксперимента. Поэтому в качестве помощника для создания раздражителей выбран персональный компьютер: все воздействия будут сгенерированы по строго определённым правилам и их влияние будет ограничено областью взаимодействия с компьютером.

При таком подходе необходимо программное обеспечение (ПО), которое бы удовлетворяло нашим требованиям к источнику воздействий, позволяло бы производить необходимые эксперименты и извлекать нужные данные о времени реакции человека. Создание такого ПО будет первой задачей.

Второй задачей является проведение исследований с участием различных групп людей (различные возрастные группы; люди с разной физической активностью).

Время реакции человека на воздействие, как это следует из главы 1, – это очень сложная цепочка от момента фиксирования раздражителя рецептором до ответного действия, зависящая от разных факторов. Обработка полученной информации методами статистического анализа, а также проверка различных гипотез, связанных с параметрами выборок – третья возникающая задача.

Глава 3. Реализация поставленных задач.

3.1. Создание программного обеспечения для проведения эксперимента.

3.1.1. Выбор среды программирования

Для реализации поставленных задач возникла необходимость в создании программного блока для фиксации времени реакции человека на воздей-

ствия на различные органы чувств. Было решено использовать программную среду MatLab.

MatLab на сегодняшний день является развитой средой программирования с достаточно удобным и понятным для разработчика интерфейсом, и возможностью использования обширной библиотеки встроенных функций для решения большого количества разноплановых технических и инженерных задач.

Язык MATLAB способен работать с векторными и матричными операциями, которые необходимы для решения поставленных задач. Несомненным плюсом создания программы в MatLab является то, что процесс написания проходит быстрее из-за отсутствия надобности в низкоуровневых операциях, таких как: объявление переменных, выделение памяти, определение типов. В результате одна строка MatLab-кода часто может заменить несколько строк иных программных сред.

MatLab обладает такими важными свойствами языков программирования как управление потоками, объектно ориентированное программирование, обработка ошибок. Возможность использовать данные разных типов, структуры данных, тоже является неотъемлемой частью языка MatLab.

MatLab является интерпретатором с командной строкой, что налагает на пользователя потребность в знании основ программирования. Получение результата немедленно, выполняя команды в режиме «онлайн» одну за одной, позволяет быстро исследовать различные способы для получения самого приемлемого решения. Объединение интерактивных команд в код или функцию способствует автоматизации выполнения, тем самым реализации приложений и сложных программ.

Именно поэтому средой программирования для создания программного обеспечения для проведения эксперимента стала среда MatLab.

GUI был выбран как инструмент MatLab, позволяющий создавать windows-оконные приложения. Этот инструмент позволяет создавать программные продукты с типом пользовательского интерфейса, который дает возможность пользователям взаимодействовать с электронными устройствами через графические иконки и визуальные индикаторы. Действия в GUI осуществляется путем прямого манипулирования графическими элементами (нажатие кнопок/передвижение иконок/установка нужных параметров).

Создание визуального состава и временного поведения приложения в GUI является важной частью взаимодействия человека (пользователя) с программой (кодом). Повышение эффективности и простоты использования приложений – это преимущество GUI. Дизайн приложений создается таким обра-

зом, чтобы визуальный язык был ориентирован к поставленным задачам и отражал их суть.

Как правило, создается большое окно-планшет, на котором расположены более мелкие кнопки/переключатели/графики для пользовательского ввода, которые связаны определенным образом с кодом программы, созданном как *.m-файл. Визуальная составляющая сохраняется как *.fig-файл.

3.1.2. Создание пользовательского интерфейса

Для решения конкретно наших задач было решено создать приложение, в котором была бы возможность выбора воздействия и соответствующих ему характеристик (например, цвета и количества мигания у светового воздействия), длительности воздействия, количество и общую длительность экспериментов. Приложению необходимо фиксировать разницу во времени между моментом появления воздействия и моментом реакции испытуемого. Также было установлено, что для чистоты исследований необходимо, чтобы появление очередного воздействия инициировалось случайным образом. Для дальнейшей исследовательской работы необходимо сохранение результатов: временные интервалы должны сохраняться в удобной для обработки форме (*.txt или, например, *.xls).

Вид окна разработанного приложения представлен на рис.

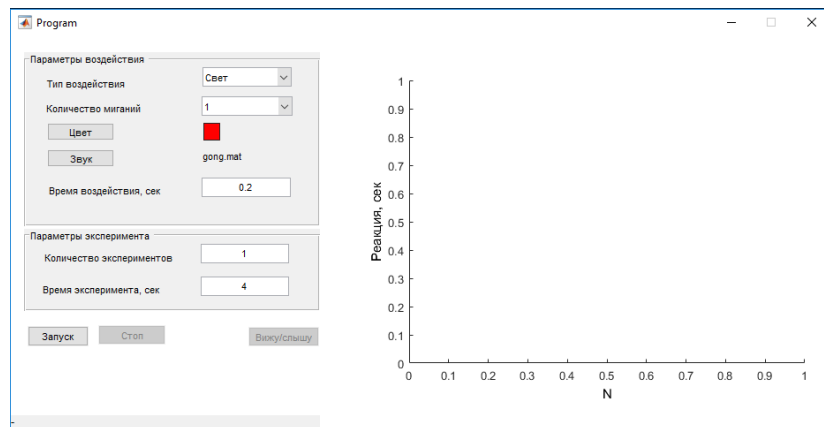


Рис.6 – Вид окна ПО

После первых же попыток проведения экспериментов стало понятно, что для испытуемого в интерфейсе не хватает информации о ходе прохождения эксперимента – номере текущего воздействия, значений зафиксированных времен реакции. Поэтому было решено в режиме онлайн отображать номер текущего воздействия в строке состояния в формате: «Воздействие ... из ...», а данные о времени реакции графически.

По окончании серии испытаний выводится диалоговое окно с надписью «Эксперимент завершен».

Для сохранения результатов в итоговой версии программы было добавлено к запланированным: всплывающее диалоговое окно с вопросом «Хотите сохранить результат?» с вариантами ответов «Да»/«Нет» и выбором формата сохранения *.txt или *.mat.

Принципы работы с программой:

1. При открытии визуального приложения для пользователя доступны элементы, позволяющие задать параметры эксперимента? и кнопка «Запуск». Остальные элементы интерфейса (кнопки «Вижу/слышу», «Стоп», графическая часть окна) становятся доступны лишь после запуска эксперимента.

2. Перед запуском эксперимента необходимо указать его параметры (см. Таблицу №1):

Таблица №1

№	Параметр	Пояснение	Единица измерения
1	Время воздействия	Суммарное время звукового/светового воздействия	Сек.
2	Количество экспериментов	предполагаемое число воздействий	Шт.
3	Время эксперимента	Время одного эксперимента, за которое вырабатывается воздействие	Сек.
4	Тип воздействия	выбранное пользователем воздействие: световое/звуковое/комбинированное	-
5	Количество миганий	число миганий светового воздействия. Становится доступным только при установке параметра «Тип воздействия» в вариант «Световое»	Шт.
6	Цвет	Параметр, соответствующий режиму «Свет», выбирается из палитры, расположенной в всплывающем окне. Становится доступным только при установке параметра «Тип воз-	-

		действия» в вариант «Световое»	
7	Звук	Параметр, соответствующий режиму «Звук», выбирается из звуковых файлов типа *.mat. Становится доступным только при установке параметра «Тип воздействия» в вариант «Звуковое»	-
8	Количество миганий	Параметр, соответствующий режиму «Свет», показывающий сколько раз мигнет воздействие за время воздействия. Становится доступным только при установке параметра «Тип воздействия» в вариант «Световое»	Шт.

Связь времени воздействия, количества экспериментов и времени эксперимента показана на рис.....:

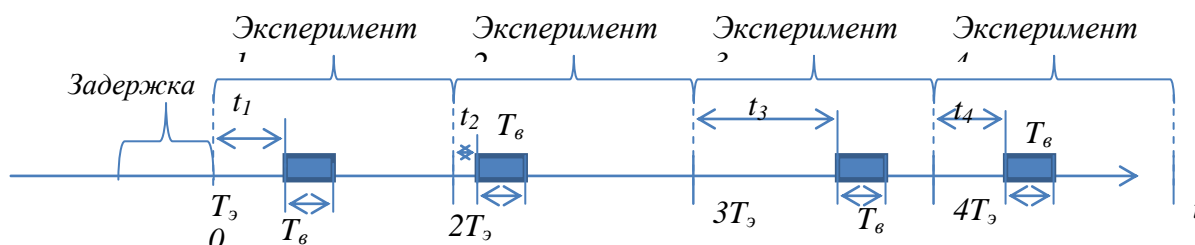


Рис.7 – Связь времен воздействия, количества экспериментов и времени эксперимента

0 – время начала серии опытов (нажатие кнопки «Запуск» + 2 секунды задержки). Серия экспериментов состоит из нескольких опытов, длительностью $T_э$, в случайный момент времени t_i включается воздействие длительностью $T_в$. $T_в$ должно укладываться в $T_э$.

При выборе воздействия - «Свет», можно выбрать один из предложенных цветов и количество миганий. При выборе «Звук» возможен выбор звуковой дорожки в формате *.mat . При комплексном воздействии выбор также осуществим. На рисунках ниже можно наглядно увидеть способ выбора. Рис.8 и 9.

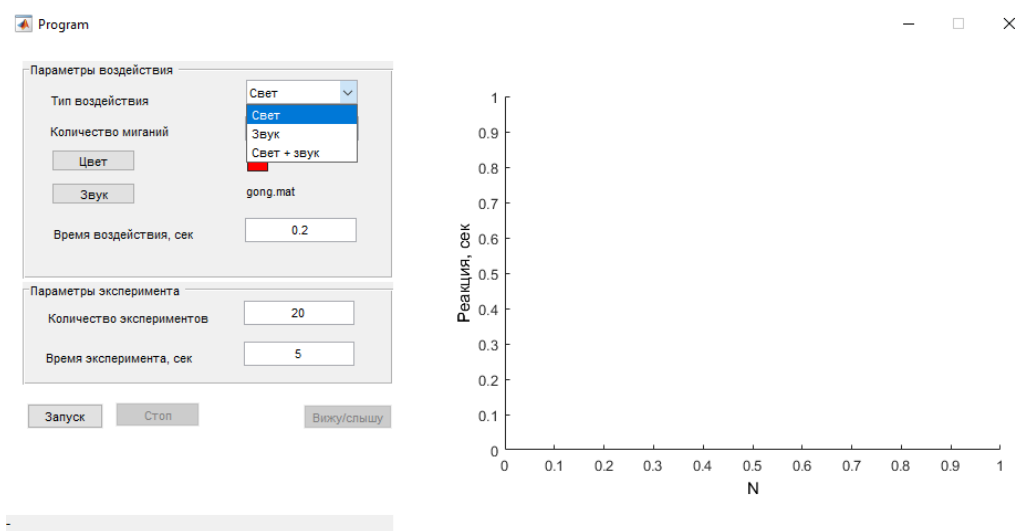


Рис.8 – Вид окна ПО

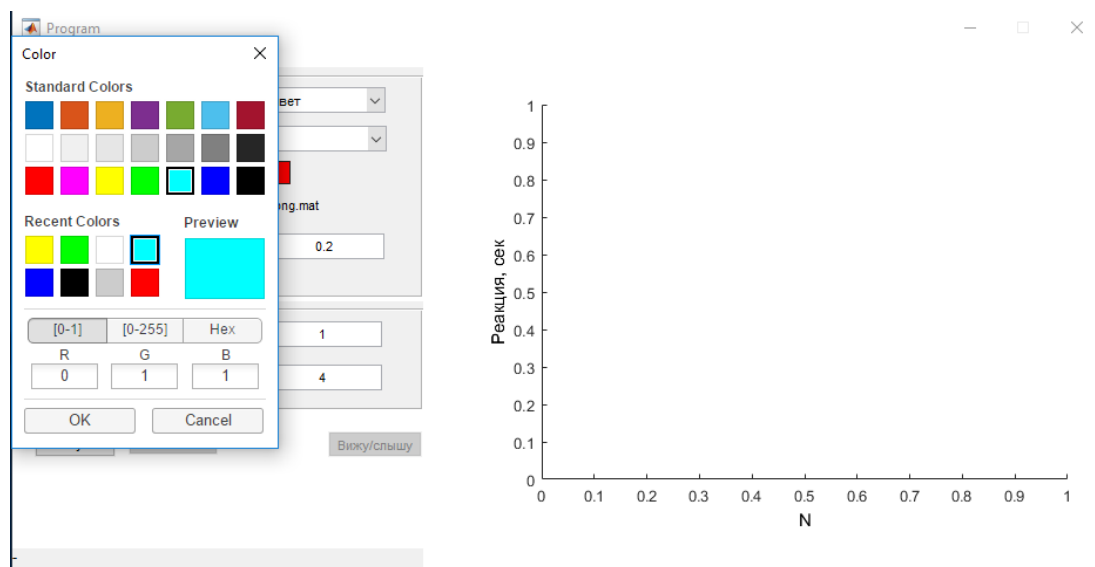


Рис.9 – Вид окна ПО

3. После того, как указаны все необходимые данные, а испытуемый проинструктирован, следует запустить эксперимент нажатием кнопки «Запуск».

4. После запуска в окне приложения начнут появляться воздействия согласно установленным параметрам. Испытуемый должен реагировать на происходящее возмущение нажатием мыши на кнопку «Визу/слышу» или нажатием клавиши «пробел». После нажатия кнопки (пробела) в графической части окна появляется отметка, соответствующая времени реакции. Маркером-отметкой сопровождается появление отклика на первую реакцию, в дальнейшем же, при накоплении реакций, все маркеры – отметки для наглядности соединяются прямыми линиями, образуя график. По горизонтальной оси откладывается номер воздействия, по вертикальной – время реакции в секундах. Рис.10

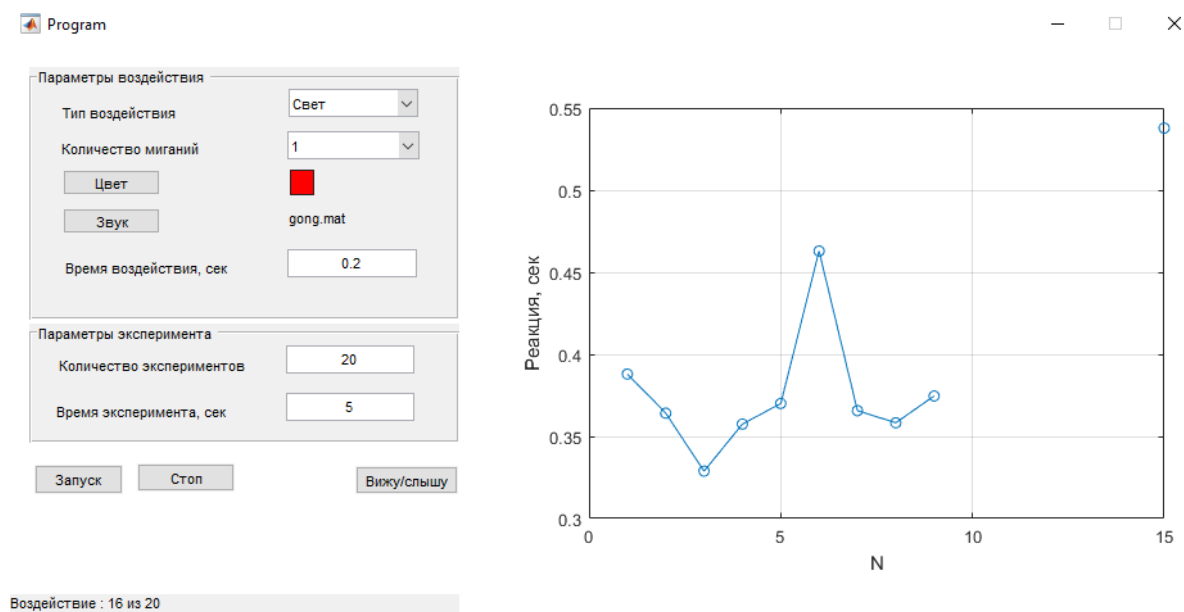


Рис.10 – Вид окна ПО

Если испытуемый пропускает воздействие, то на графике можно это увидеть: отсутствует метка о времени реакции, и поэтому на графике исчезает определённый отрезок- рис.11

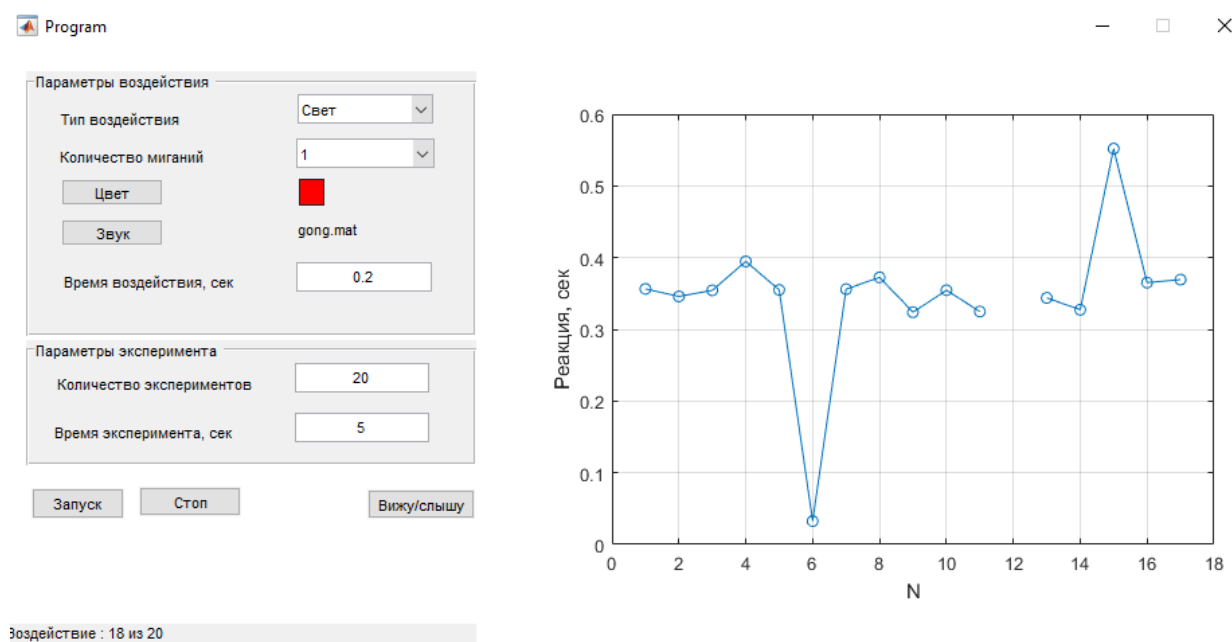


Рис.11 – Вид окна ПО

Если были установлены неправильные параметры или появилась необходимость прервать эксперимент, следует нажать на кнопку «Стоп».

5. После выработки всех воздействий и получения на них реакции пользователя или в случае преждевременного окончания серии экспериментов по-

является всплывающее окно с предложением о сохранении результата (см .рис.12). При утвердительном ответе (кнопка «Да») необходимо в стандартном диалоговом окне задать имя и тип сохраняемого файла. Рис..

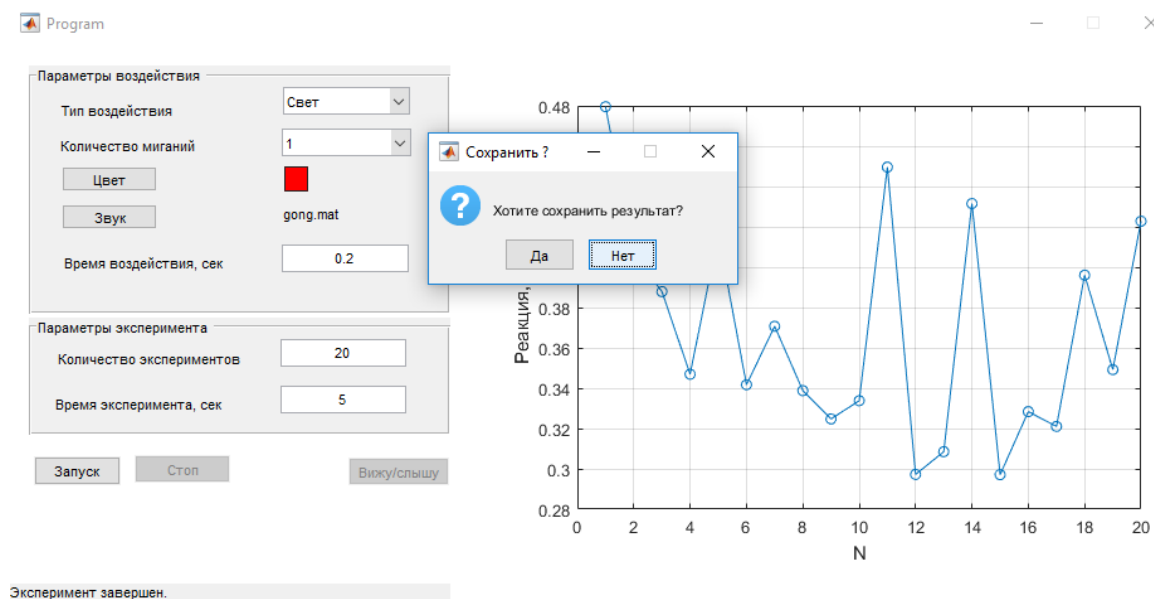
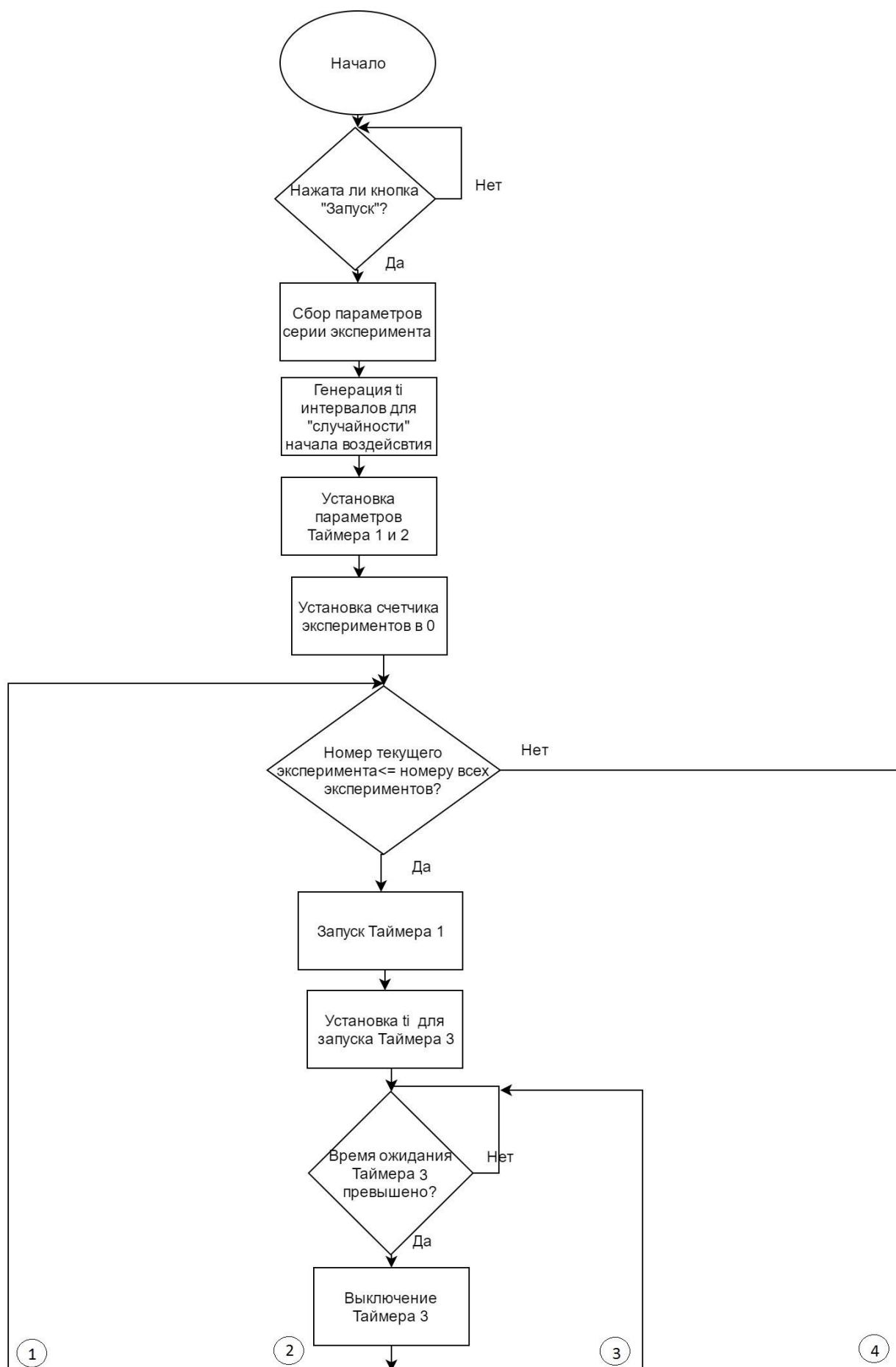
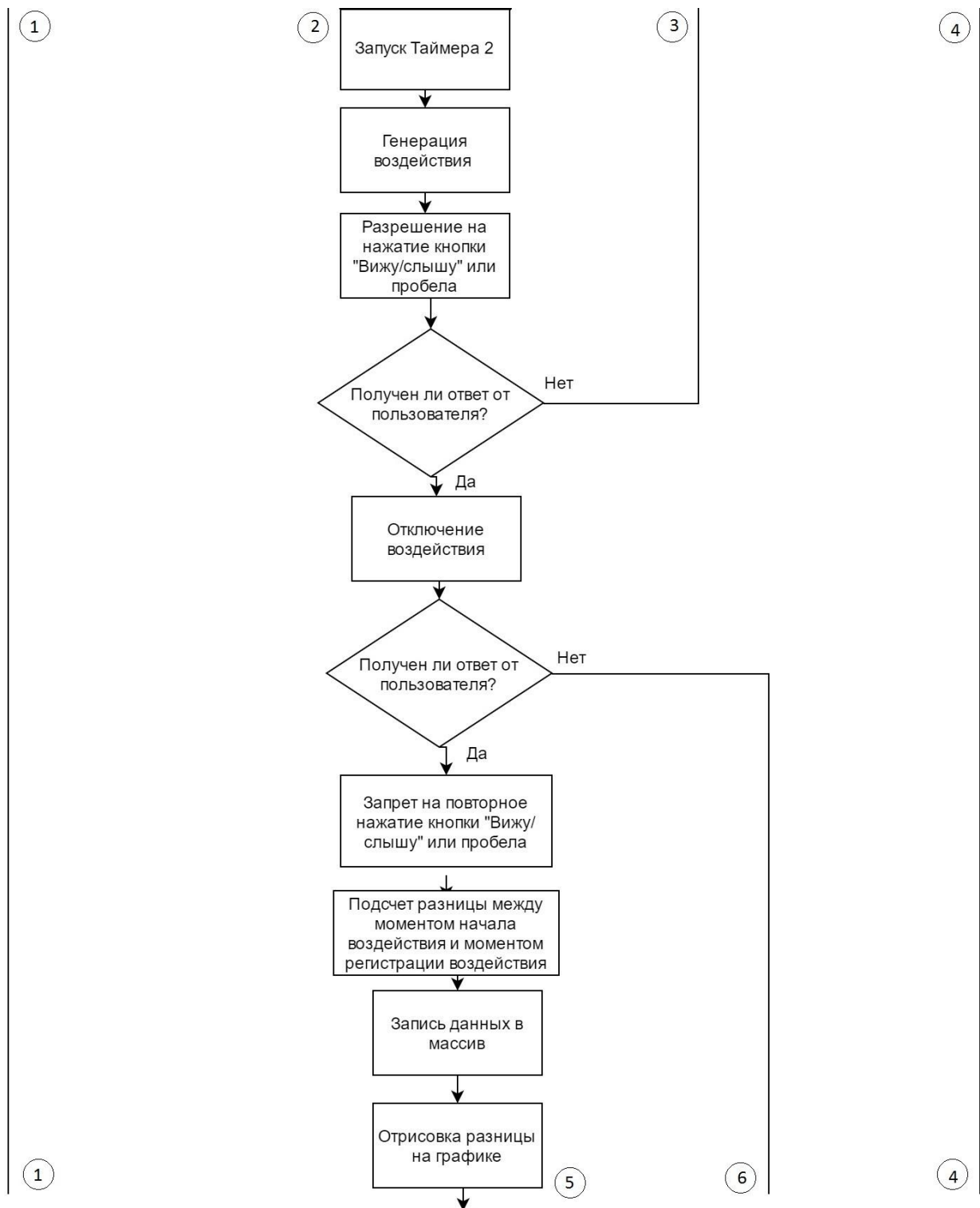
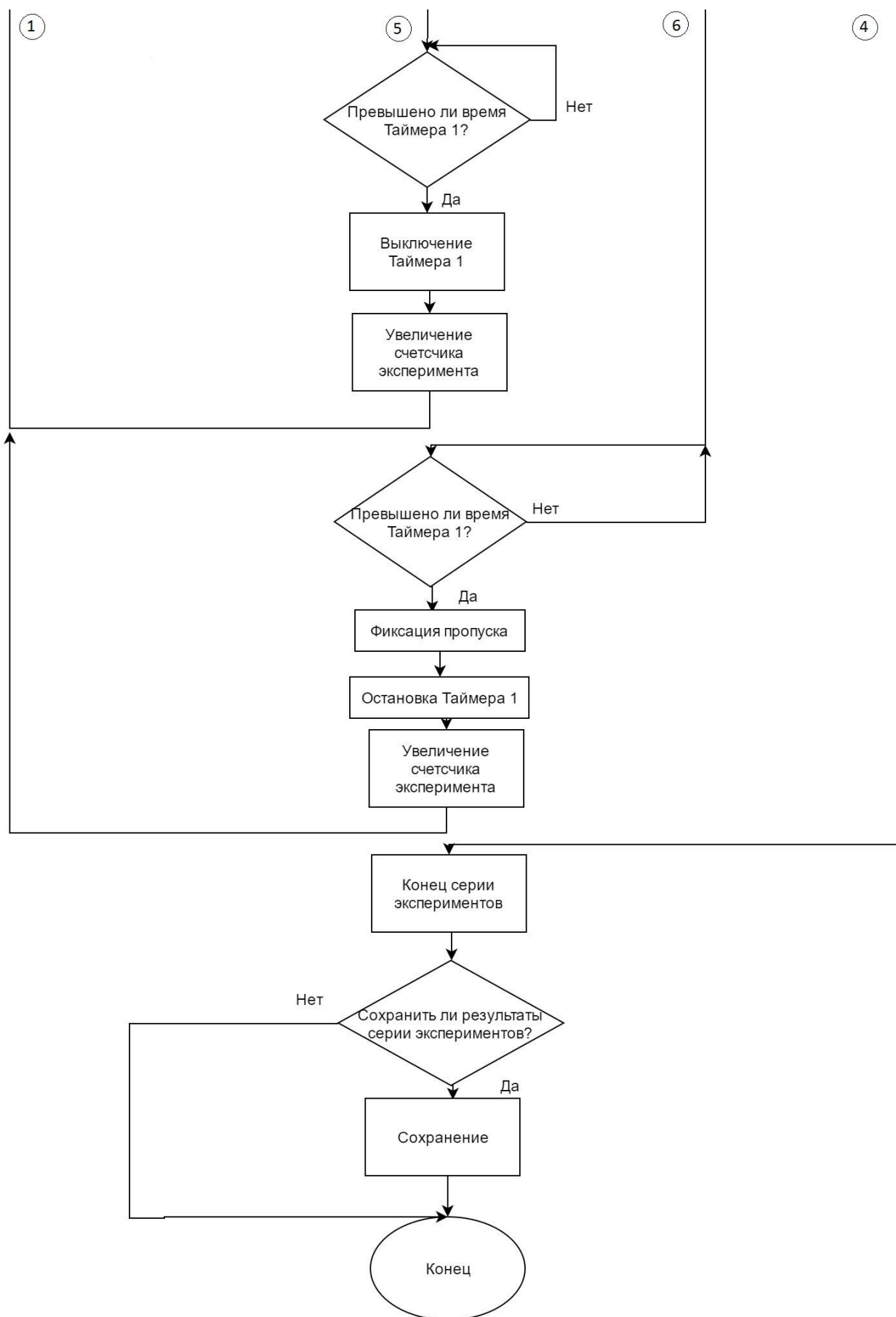


Рис.12 – Вид окна ПО

3.1.3. Алгоритм работы ПО.







Эксперимент с одним испытуемым состоит из серии однотипных опытов. Каждый опыт состоит в том, чтобы во время длительности периода эксперимента T , произошло воздействие длительностью T_v в случайный момент времени t_i , и ПО получило отклик от испытуемого и зафиксировало временной интервал между подачей воздействия и получения отклика от пользователя. (См. Рис.7). Все полученные временные интервалы в массиве для дальнейшего статистического исследования.

После нажатия кнопки «Запуск» происходит сбор информации о параметрах серии экспериментов и их запуск, генерация случайных моментов времени t_i , а также установка параметров T_z и T_v для Таймеров 1 и 2.

После установки счетчика номера опыта в эксперименте в 0, запускается Таймер 1. Таймер 1 отвечает за время длительности одного опыта из серии экспериментов. За это время должно выработаться световое/звуковое воздействие и должен быть получен ответ от пользователя. Таймер 2 определяет длительность воздействия. Момент запуска Таймера 2 в каждом одиночном эксперименте определяется случайным образом благодаря Таймеру 3, который отвечает за установку момента времени запуска Таймера 2 (t_i). После того, как Таймер 3 отработал, происходит запуск Таймера 2 и генерация воздействия. Так как в исследовании важно получение отклика от пользователя, то после генерации воздействия включаются разрешение на нажатие кнопки «Вижу/слышу» или пробела.

Если ответ от пользователя на воздействие получен, то происходит отключение воздействия, появляется запрет на повторное нажатие и происходит подсчет временной разницы между моментами начала воздействия и откликом и происходит отображение результата подсчета на графике. Затем если время Таймер 1 превышено, то происходит его выключение и увеличение счетчика опытов, а следовательно, начинается следующий эксперимент из серии.

Если по окончании воздействия в течении длительности работы Таймера 1 ответ от пользователя не появляется, то ПО фиксирует пропуск воздействия, и, аналогично ситуации с получением отклика - увеличивает счетчик опытов на 1, и начинается следующий эксперимент из серии.

После окончания всей серии экспериментов, происходит сохранение результатов.

Как можно было заметить, для реализации ПО необходимо использование таймеров.

Таймер – это специализированный программный тип часового механизма для измерения временных интервалов. Разделяют таймеры, который ведут отсчет от нуля в сторону увеличения значений и таймеры, ведущие к определенному заданному значению.

В программной среде MatLab таймеры реализуются при помощи функции `timer`. В синтаксисе функции заложено управление аспектами поведения

объекта таймера, а для установки параметров необходимо использовать свойства объекта (см. таблицу №2 – «Аргументы», таблицу №3- «Свойства»)

Таблица №2

Аргументы

№	Параметр	Пояснение
1	'StartFcn'	Определяет функцию, которая выполняется при запуске таймера.
2	'StopFcn'	Определяет функцию, которая выполняется, когда таймер останавливается.
3	'TimerFcn'	Определяет функцию обратного вызова таймер (callback- функцию для исполнения, которая выполняется при срабатывании счетчика).
4	'TasksToExecute'	Указывает число вызовов callback.
5	'ErrorFcn'	Определяет функцию, которая выполняется, если когда происходит ошибка. После выполнения указанной функции производится вызов функции, указанной в аргументе StopFcn.
6	'ExecutionMode'	<p>Определяет, как планируется вызов TimerFcn.</p> <p>Различают:</p> <p>'singleShot'- В этом режиме, функция таймера обратного вызова выполняется только один раз.</p> <p>'fixedRate'- Запуск сразу после того, как функция таймера обратного вызова добавляется в очередь.</p> <p>'fixedDelay'- Запуск, когда функция таймера обратного вызов перезапускает выполнение по истечению времени задержки из-за задержки в очереди.</p> <p>'fixedSpacing'-Запуск, когда функция таймера обратного вызова завершает выполнение.</p>

7	'BusyMode'	<p>Указывает на действие, предпринятое, когда таймер должен выполнить TimerFcn до завершения предыдущего исполнения TimerFcn</p> <p>Режимы:</p> <p>'drop' - Добавляет задачу в очередь</p> <p>'error'- Завершает задачу; избавляется от ошибки, указанную ErrorFcn; останавливает таймер.</p> <p>'queue'- Ожидает очереди, чтобы очистить, а затем возвращается в код.</p>
---	------------	--

Таблица №3

Свойства

№	Параметр	Пояснение
1	AveragePeriod	Среднее время в секундах между запусками функции 'TimerFcn' с момента запуска таймера.
2	InstantPeriod	Время в секундах между последними двумя запусками 'TimerFcn'.
3	Running	Показывает статус выполнения функции 'TimerFcn' в настоящее время ('off' или 'on').
4	TasksExecuted	Число раз запуска таймера.
5	Type	Производит идентификацию типа таймера во время инициализации. Принято указывать тип данных в параметре -Data type, и их значение в параметре – Value. Также обычно по умолчанию данные только читаются и параметр Read only автоматически поставлен в always.

В коде созданного Программного обеспечения имеется три таймера: Таймер 1 для запуска длительности одного опыта, Таймер 2 для запуска длительности воздействия и Таймер 3 для регулирования случайности начала воздействия, то есть момента запуска Таймера 2. Ниже приведены параметры настроек для каждого таймера на языке программирования MatLab.

Таймер 1:

```
handles.timer_1 = timer(...  
  
    'StartFcn',      @start_timer, ...  
  
    'TimerFcn',      { @update_timer, hObject }, ...  
  
    'StopFcn',       @stop_timer, ...  
  
    'ErrorFcn',      @error_timer, ...  
  
    'ExecutionMode', 'fixedRate', ...  
  
    'BusyMode',      'drop');
```

Благодаря возможностям таймеров системы матлаб, программная реализация схемы алгоритма в части работы с Таймером 1 сводится к N-кратному запуску таймера 1, где N – количество всех экспериментов. Поскольку количество всех экспериментов хранится в переменной Nexр, а длительность работы таймера – в переменной Texр, достаточно установить параметр TasksToExecute в Nexр, а параметра Period – в Texр, чему соответствуют следующие программные строки:

```
handles.timer_1.TasksToExecute = Nexр;  
  
handles.timer_1.Period = Texр;  
  
handles.timer_1.StartDelay = 2;
```

Последняя строка свидетельствует о задержки в 2 секунды для того, чтобы дать испытываемому возможность подготовиться к эксперименту.

Таймер 1 находится включенным, пока текущий номер эксперимента не станет равен или больше количеству всех экспериментов. Это обеспечивает строка инициализации таймера:

```
'ExecutionMode', 'fixedRate', ...
```

Подробная схема запуска таймера в режиме 'fixedRate' выглядит так
Рис.13:

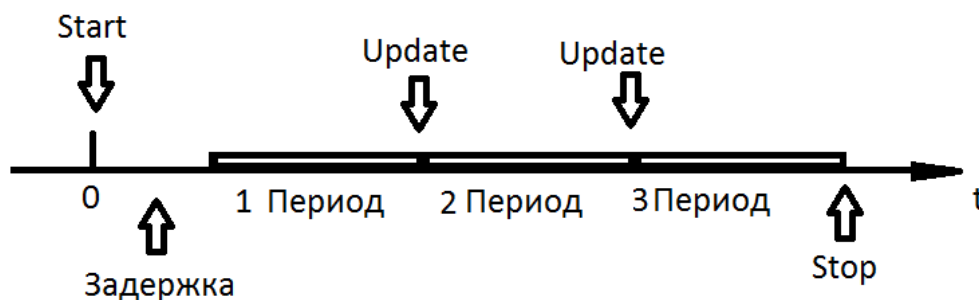


Рис.13 – Схема запуска таймера в режиме 'fixedRate'

0 – время начала отсчета (Запуск Таймера 1); Задержка-это задержка, указанная в параметре StartDelay для Таймера 1; Update - обновление (перезапуск) таймера, эта задача закреплена за аргументом 'TimerFcn' в инициализации Таймера 1. Такой режим работы позволяет запускать Таймер 1 с заданной периодичность. 1,2...n – это номера периодов, Stop- прекращение работы таймера.

Таймер 2:

```
handles.timer_res = timer(...
    'StartFcn',      @start_timer_res, ...
    'TimerFcn',      {@update_timer_res, hObject}, ...
    'StopFcn',       @stop_timer_res, ...
    'ErrorFcn',      @error_timer_res, ...
    'ExecutionMode', 'fixedRate', ...
    'BusyMode',      'drop');
```

Установка параметра TasksToExecute в режим execute_res необходима для включения и выключения воздействия. В ПО предусмотрены световое/звуковое и комбинированное воздействие, во время светового воздействия можно выбрать количество миганий (хранятся в переменной num) за период воздействия. В данном ПО мигания производятся с равным интерва-

лом. Поэтому параметр Period установлен в $Tres/num$ для выработки миганий с заданными условиями, где $Tres$ – это время воздействия:

```
handles.timer_res.TasksToExecute = execute_res;  
handles.timer_res.Period = Tres/num;
```

Пока номер текущего эксперимента меньше или равен количеству экспериментов, включается Таймер 2, но в пределах периода Таймера 1: index устанавливается как параметр TasksToExecute для того, чтобы следить за тем, в какой раз повторяется Таймер 2. Потому что Таймер 2 непосредственно связан с миганиями одним или несколькими во время воздействия.

```
index = handles.timer_res.TasksExecute;--
```

Наглядно это выглядит так Рис.14 -Рисунок для однократного мигания:

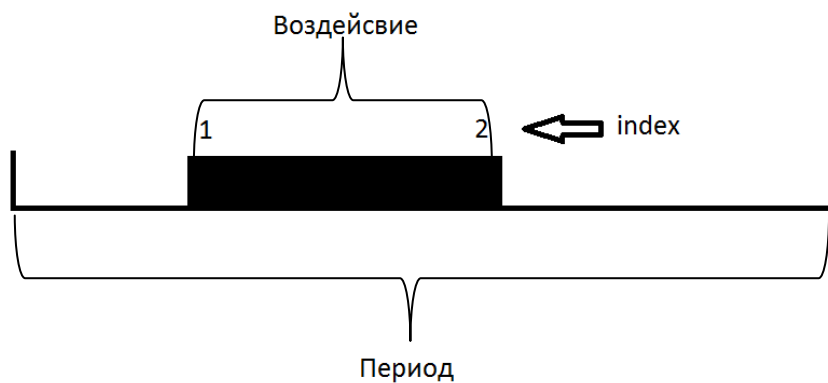


Рис.14 – Однократное мигание

Многократное мигание будет выглядеть так Рис.15:

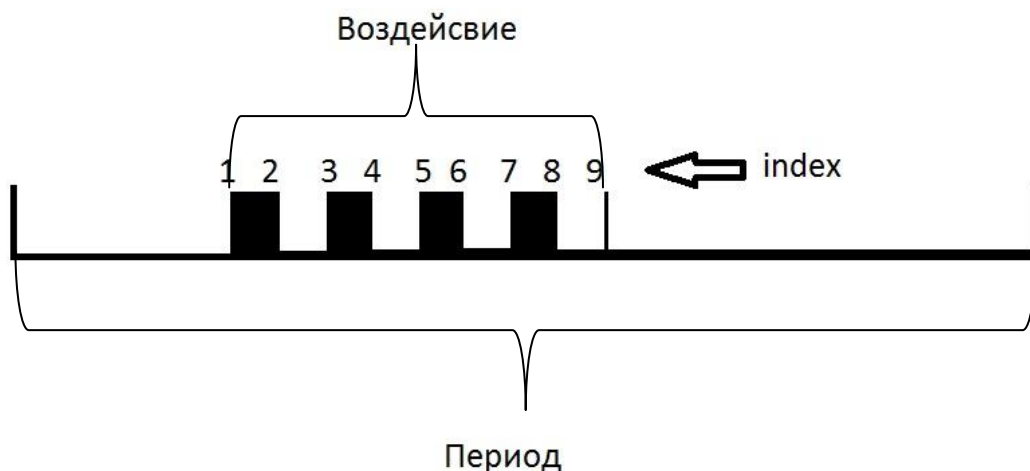


Рис.15 – Многократное мигание

На рисунках выше черные части длительности воздействия - это временные интервалы, когда начинается и заканчивается воздействие. Поэтому в случае, если выбрано мигание, число черных частей в периоде воздействия увеличено. Белые интервалы или пропуски -это задержки или паузы между миганиями.

Для включения и выключения воздействия используется функция-переключатель `switch`, которая вычисляет по заданному выражению, что именно должно происходить сейчас с воздействием (начала/конец/пауза) для всех случаев воздействий (световое/звуковое/свет+звук). Если `index` равен 1, это значит что пришло время начала воздействия, если `index` равен `exes_res` (число всех индексов с учетом миганий), то воздействие прекращается:

```
switch mod(index,3)
```

```
case 0 (Пауза/задержка)
```

```
% just delay
```

```
case 1 (Начало воздействия)
```

```
switch res
```

Светового:

```
case 1
```

```
set(handles.figure1, 'Color', color);
```

Звукового:

```
case 2
```

```

    if(index == 1)

        play(handles.au_player);

    end

```

Комбинированного:

```

case 3

    if(index == 1)

        play(handles.au_player);

    end

    set(handles.figure1, 'Color', color);

end

```

case 2 (Концом воздействия)

```

switch res

```

Светового:

```

case 1

    set(handles.figure1, 'Color', ...

        getappdata(handles.figure1, 'background_backup'));

```

Звукового:

```

case 2

    if (index == exec_res)

        stop(handles.au_player);

    end

```

Комбинированного:

```

case 3

    if (index == exec_res)

        stop(handles.au_player);

    end

    set(handles.figure1, 'Color', ...

        getappdata(handles.figure1, 'background_backup'));

end

```

end

Таймер 3:

Инициализация интервалов t_i происходит с помощью функций `getappdata` и `setappdata`, которые позволяют передавать информацию между изолированными друг от друга функциями.

```
% data of interval res
interval_start_timer = [];
setappdata(handles.figure1, 'interval_start_timer', ...
    interval_start_timer);
```

Для формирования случайных моментов появления воздействия за интервал опыта используется функция `rand`, позволяющая получить необходимое количество случайных равномерно распределенных чисел в интервале $[0, 1]$. При генерировании случайного момента появления воздействия следует учесть, что он не может превысить величину $(T_{\text{э}} - T_{\text{в}})$, поскольку в противном случае у пользователя не останется времени на отклик. Набор случайных моментов времени, в которые будет в каждом опыте эксперимента появляться воздействие хранится в переменной `'interval_start_timer'`. Вышесказанному соответствуют следующие программные строки:

```
interval_start_timer = ...
    getappdata(handles.figure1, 'interval_start_timer');

Tresrand = Texp - Tres;

interval_start_timer = Tresrand*rand(1, Nexp);

setappdata(handles.figure1, 'interval_start_timer', ...
    interval_start_timer);
```

Для сохранения и отрисовки разницы между моментом начала воздействия и моментом отклика пользователя в коде объявлен массив ячеек интервалов (о котором упоминалось выше):

```
intervalres = [];
setappdata(handles.figure1, 'intervalres', intervalres);
```

В программном коде присутствуют функции `tic` и `toc`. Это своего рода счетчик: `toc` подсчитывает время, прошедшее с тех пор как был включен `tic`. В момент установки времени начала воздействия включается функция `tic`, после нажатия кнопки или пробела включается `toc`. `Tic-toc` считает разницу между этими моментами, далее это значение записывается в массив и отрисовывается на графике.

Как уже было сказано если index равен 1, то включается воздействие и включается tic. Параметр 'click_param' устанавливается в 1, если ПО получило отклик от пользователя на воздействие, и тогда toc подсчитывает время с момента включения tic. Эта разница сохраняется в массив ячеек интервалов, который отрисовывается на графике при помощи последней строки этой части кода:

```
if (index == 1)

tic;

% allow click on button res or button space

setappdata(handles.figure1, 'click_param', 1);

end

click_param = getappdata(handles.figure1, 'click_param');

disp(click_param);

intervalres = getappdata(handles.figure1, 'intervalres');

if (click_param == 1)

    setappdata(handles.figure1, 'click_param', 0);

    index = handles.timer_1.TasksExecute;

    intervalres(index) = toc;

    setappdata(handles.figure1, 'intervalres', intervalres);

end

plot(handles.graph, intervalres, 'o-');
```

По окончанию серии экспериментов происходит сохранение данных. В программном коде это соответствует строкам:

```
% create new mass intervalres

mass = nan(1, Nexp); (создание массива для заполнения результатами разницы между
началом воздействия и откликом испытуемого)

setappdata(handles.figure1, 'intervalres', mass); (сохранение подсчитанных интервалов ).
```

Это именно те интервалы, которые сохраняют функции tic-toc немного выше.

Всплывающему окну сохранения соответствуют следующие строки:

```
% Construct a questdlg with three options

choice = questdlg('Хотите сохранить результаты?', ...

    'Сохранить ?', ...
```

```

        'Да', 'Нет', 'Нет');

% Handle response

switch choice

    case 'Да'

        saveb_Callback(0, 0, hand);

    case 'Нет'

        disp([choice ' coming right up.'])

end

end

```

Выбор формата сохранения:

```

if (file)

    intervalres = getappdata(handles.figure1, 'intervalres');

    fileS = strcat(path,file);

    switch filterindex

        case 1 % mat

            save(fileS,'intervalres','-mat');

        case 2 % txt

            save(fileS,'intervalres','-ascii', '-tabs');

    end

end

```

Для двух последних программных кодов используется переключатель switch, который позволяет выбрать нужный ответ при сохранении или нужный формат данных.

Глава 4. Эксперимент.

4.1. Порядок проведения эксперимента

Уже после первых испытаний созданного Программного обеспечения стало ясно, что для истинности исследований необходимо установить определённые правила: время одного опыта должно быть больше времени воздействия (предпочтительнее «Время воздействия» устанавливать в 10-20 раз по сравнению со «Временем эксперимента»). Иначе испытуемые либо не успевают отреагировать на воздействие, либо пропускают его, так как находится большое количество времени в сосредоточенном состоянии весьма трудно.

Вопрос о делении испытуемых на сравниваемые группы был решен при помощи возрастного критерия, а также исходя из жизненной активности тестируемых людей:

1 Группа – молодые люди (18-24), не занимающиеся спортом или занимающиеся реже 2-х раз в неделю;

2 Группа – молодые люди (18-24), интенсивно занимающиеся танцами (4-6 тренировок в неделю);

3 Группа – молодые люди (18-24), занимающиеся волейболом на профессиональном уровне (городские, региональные соревнования);

4 Группа – люди старшего возраста (50 и более), не занимающиеся спортом или занимающиеся реже 2 раз в неделю.

В результате получилось 4 четыре фокус-группы, по семь человек в каждой, которым предстояло пройти тестирование. На Рис. 16-18 представлены некоторые представители групп испытуемых в процессе прохождения эксперимента.



Рис.16 - Представитель групп испытуемых



Рис.17 - Представитель групп испытуемых

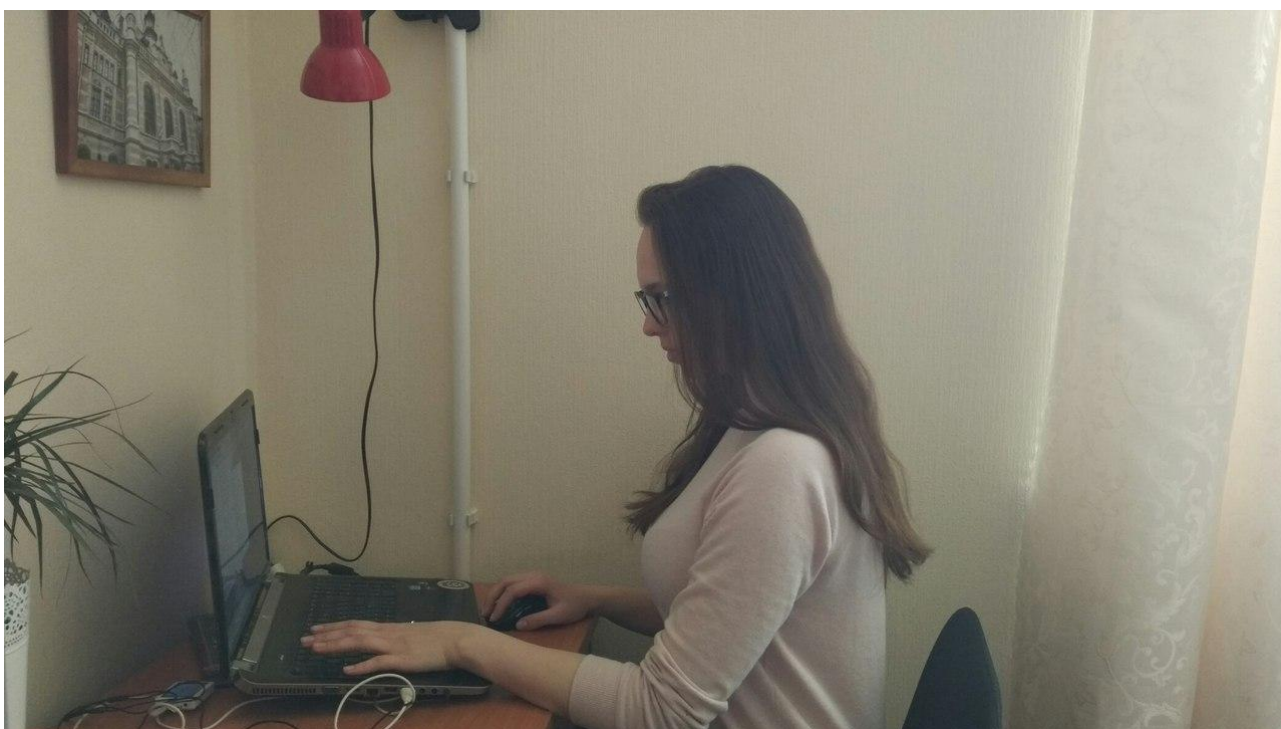


Рис. 18 - Представитель групп испытуемых

Так как выбранными видами воздействия в созданном Программном обеспечении могут быть «Свет», «Звук» и «Свет+Звук», то появилась необходимость определиться с характеристиками этих воздействий -Таблица №4. Здесь в колонке «№» указывается условный номер исследования, который будет далее использоваться при изложении материала.

Таблица №.4

№	Вид воздействия	Параметр воздействия	Длительность воздействия (сек.)	Длительность эксперимента (сек.)	Количество экспериментов
1	Свет	Цвет-красный	0.2	5	20
2	Свет	Цвет-серый	0.2	5	20
3	Звук	Звук-gong.mat	0.4	5	20
4	Свет+Звук	Цвет-красный, Звук-gong.mat	0.2	5	20

4.2. Результаты эксперимента

Полученные массивы времен реакции испытуемого на воздействия были сохранены в формате .txt для удобства обработки данных.

В современной статистике и теории вероятности существует большое количество методов и способов анализа наблюдаемых случайных величин. Однако, нам не известен закон распределения изучаемого процесса, поэтому использование для сравнения параметрических критериев не представляется возможным. Поэтому обрабатываться информация будет при помощи свободных от распределения критериев однородности статистических данных. В среде MatLab для этой цели были созданы отдельные программы, приведенные в приложении Б.

Из-за возможности появления аномальных результатов измерений (пропуски воздействий или очень большое время ответной реакции), было принято решение ранжировать результаты каждого индивидуума и отбрасывать 25% из ранжированных величин с каждого края.

10 оставшихся значений были усреднены, и именно эти усредненные значения подвергаются проверке различными критериями с целью установ-

ления различий между выборками (в конечном итоге – между группами испытуемых). Средние значения времен (в секундах) представлены в Таблицах №5-8:

Таблица №5

Исследование №1. (Рис.20)

№Группы/ № испытуемого	1	2	3	4	5	6	7	Сред- ние	Дис- персия
1 Группа	0,3213	0,371 6	0,3039	0,3434	0,3087	0,349 4	0,3600	0,336 9	0,000 7
2 Группа	0,3890	0,351 7	0,3194	0,3042	0,2909	0,326 7	0,3671	0,335 6	0,001 2
3 Группа	0,2874	0,280 7	0,3107	0,2892	0,3288	0,369 4	0,3379	0,314 9	0,001 0
4 Группа	0,3232	0,363 2	0,3896	0,3634	0,4291	0,300 3	0,3527	0,360 2	0,001 8

Таблица №5

Исследование №2. (Рис.21)

№Группы/ № испытуемого	1	2	3	4	5	6	7	Сред- ние	Дис- персия
1 Группа	0,3942	0,3720	0,3292	0,2871	0,3673	0,3430	0,3671	0,3514	0,0012
2 Группа	0,4002	0,3737	0,3421	0,2871	0,3266	0,3179	0,3468	0,3421	0,0014
3 Группа	0,3016	0,2984	0,3311	0,2871	0,3823	0,3718	0,3468	0,3313	0,0014
4 Группа	0,3108	0,3801	0,4660	0,4137	0,3946	0,3485	0,3687	0,3832	0,0024

Таблица №6

Исследование №3. (Рис.22)

№Группы/ № испытуемого	1	2	3	4	5	6	7	Сред- ние	Диспер- сия
1 Группа	0,5811	0,5819	0,5659	0,5813	0,5611	0,5757	0,568 2	0,573 6	0,0001
2 Группа	0,5783	0,5135	0,5795	0,5763	0,5611	0,5757	0,367 1	0,535 9	0,0061
3 Группа	0,5798	0,5819	0,5795	0,5733	0,5832	0,5819	0,346 8	0,546 6	0,0078
4 Группа	0,5659	0,5811	0,6970	0,5802	0,5712	0,5747	0,346 8	0,559 5	0,0109

Таблица №7

Исследование №4. (Рис.23)

№Группы/ № испытуемого	1	2	3	4	5	6	7	Средние	Диспер- сия
1 Группа	0,3080	0,4310	0,3213	0,4118	0,373 5	0,371 6	0,3468	0,3663	0,0020
2 Группа	0,3968	0,3775	0,3778	0,3528	0,290 9	0,326 7	0,3468	0,3528	0,0013

Диаграмма размаха (боксовая диаграмма, «ящик с усами») – это график, который, компактно изображает параметры одномерного распределения вероятностей случайных величин. Очень удобна форма этого графика, потому что он показывает медиану, минимальное и максимальное значение выборки, нижний и верхний квартили, и выбросы. Поэтому визуально было решено представить выборки времен реакции в виде боксовых диаграмм. Пример боксовой диаграммы и соответствующее ей распределение представлено на Рис.22, где наблюдаемый минимум/максимум – это минимальное и максимальное значение в выборке; медиана – это такое число выборки, что ровно половина из элементов выборки больше него, а другая половина меньше него; нижний квартиль – это значение, ниже которого находится 25% всей выборки; верхний квартиль – это число, ниже которого находится 75% всей выборки; выброс – это значение в выборке, которое кардинально отличается от всех остальных значений.

Боксовая диаграмма может быть симметричной и не симметричной, это зависит от свойств выборки:

-если медиана и средние совпадают, переменная считается симметрично распределенной;

- если среднее значение переменной больше медианы, ее распределение имеет положительную асимметрию;
- если медиана больше среднего значения, распределение переменной имеет отрицательную асимметрию.

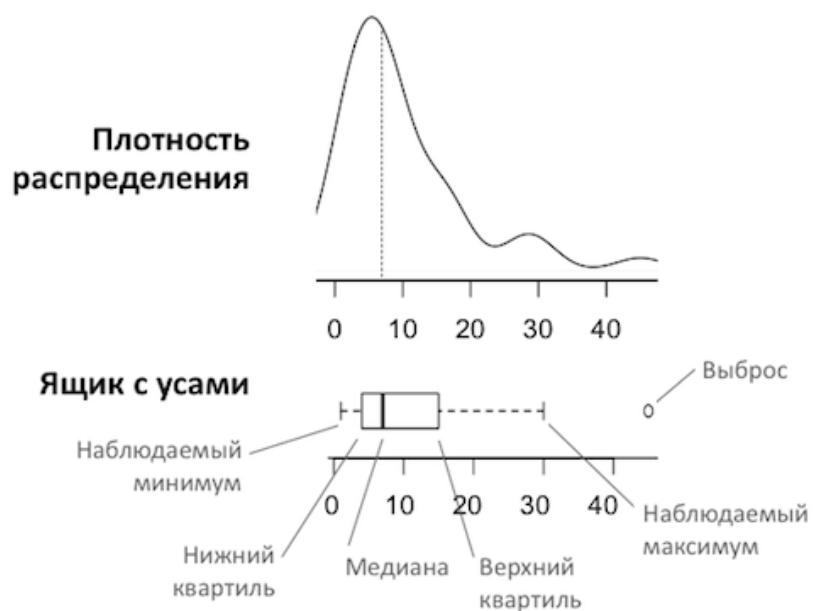


Рис.19 -Боксовая диаграмма

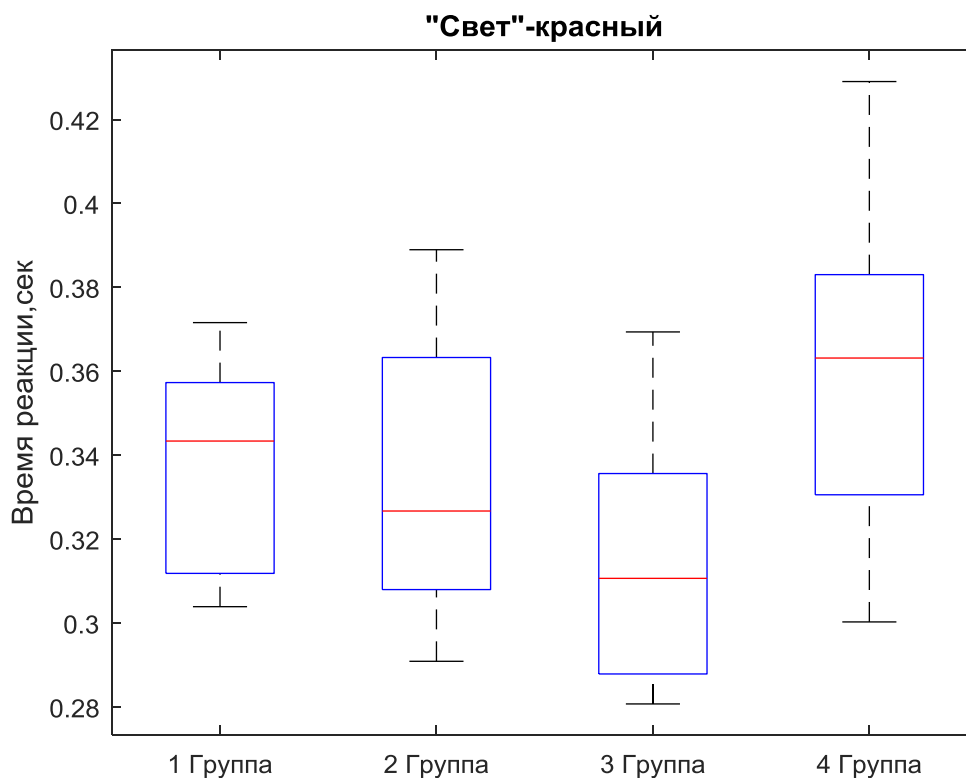


Рис. 20 -Боксовая диаграмма результатов Исследования №1

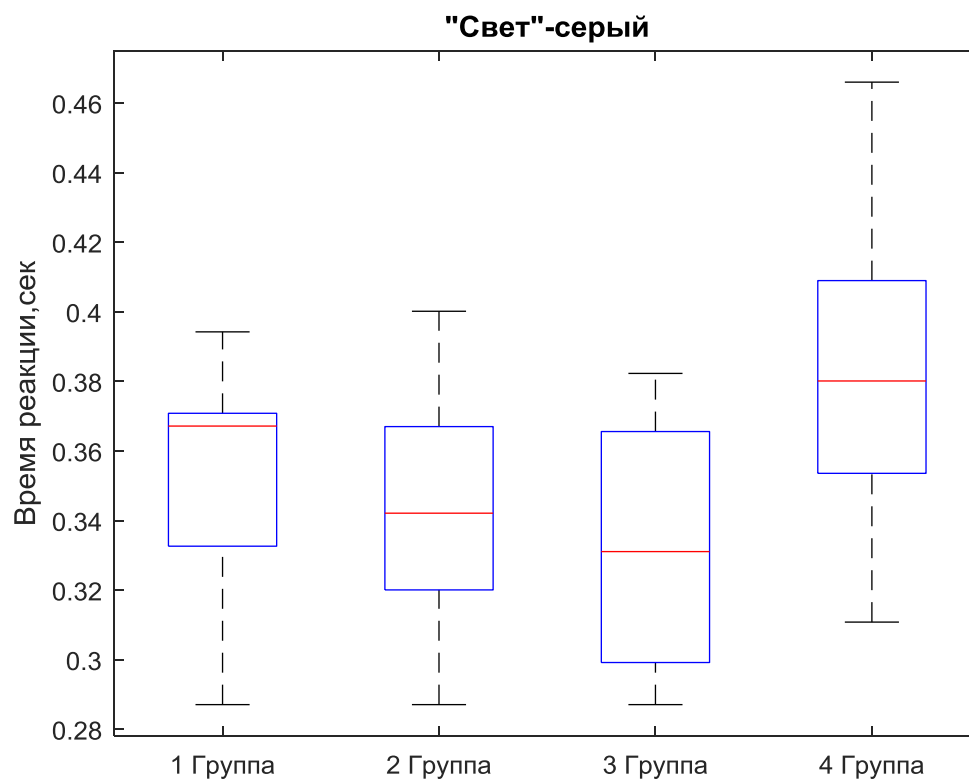


Рис. 21-Боксовая диаграмма результатов Исследования №2.

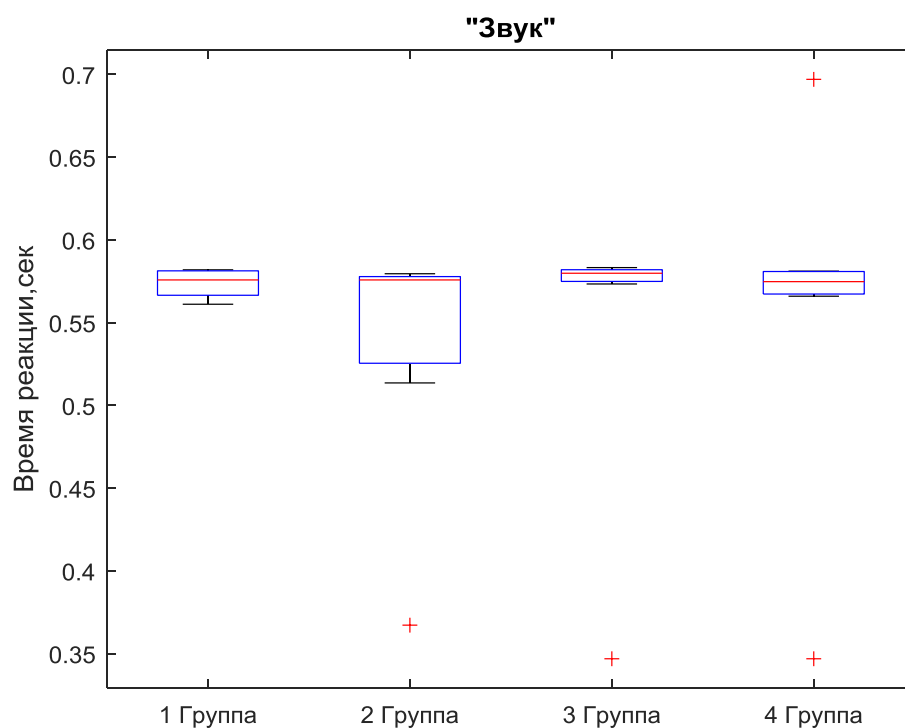


Рис. 22- Боксовая диаграмма результатов Исследования №3

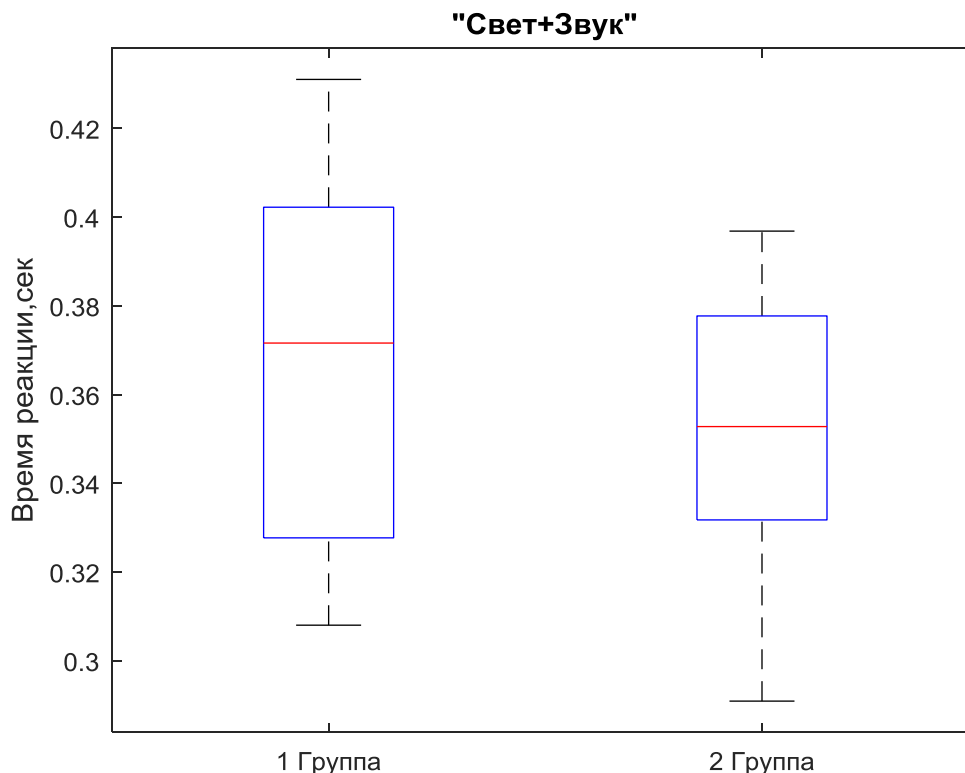


Рис. 23- Боксовая диаграмма результатов Исследования №4

4.3. Статистическая обработка результатов исследований

4.3.1. Сравнение независимых выборок

В первую очередь рассмотрим задачу сравнения реакций различных групп испытуемых на один и тот же вид воздействия (параметры воздействия от группы к группе не менялись).

Исследование №1.

Сравнивались 1 Группа и 4 Группа. Использовался Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок (Рис.24) . Нулевая гипотеза состоит в равенстве двух медиан. Вероятность отвергнуть нулевую гипотезу равна 0.0312, и нулевая гипотеза о равенстве медиан может быть принята: медианы выборок незначительно отличаются друг от друга. Это значит, что значимых различий между медианами выборок выявить не удалось, а значит и между выборками тоже.

Знаковый ранговый тест Вилкоксона на равенство нулю медианы выборок (Рис.25) с нулевой гипотезой о том, что медиана разницы двух выборок равна нулю. В этом тесте с вероятностью отвержения нулевой гипотезы равной 0.0840, принимается гипотеза о равенстве медиан разницы выборок. Этот тест подтвердил результат рангового теста Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок.

Таким образом, значимых различий между временами реакций среди участников первой и четвертой группой испытуемых выявлено не было.

Также был проведен тест Колмогорова-Смирнова для сравнения законов распределения двух генеральных совокупностей значений случайных величин (Рис.26). Нулевая гипотеза в этом тесте состоит в том, что две выборки имеют одинаковый закон распределения. Альтернативная гипотеза состоит в том, что две генеральные совокупности значений случайных величин распределены по разным непрерывным законам. При уровне значимости – 0,02 нулевая гипотеза принимается, при уровне значимости – 0,05 нулевая гипотеза может быть отвергнута. Другими словами, с вероятностью 0,05 можно принять решение о том, что две генеральные совокупности значений случайных величин распределены по разным непрерывным законам.

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

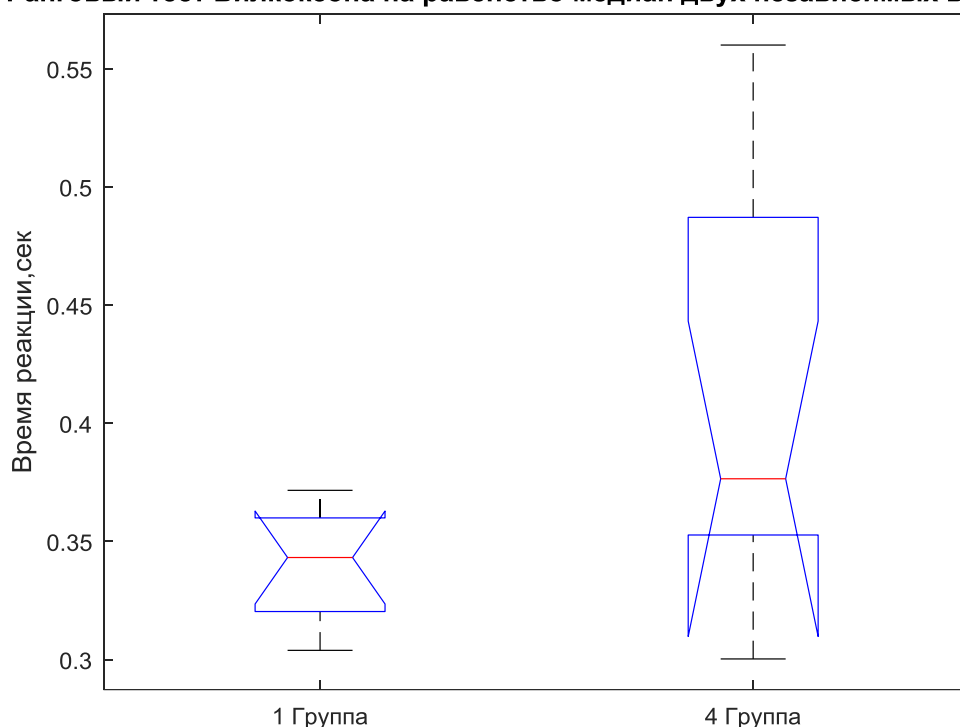


Рис. 24- Боксовая диаграмма результатов сравнения 1и4 Групп

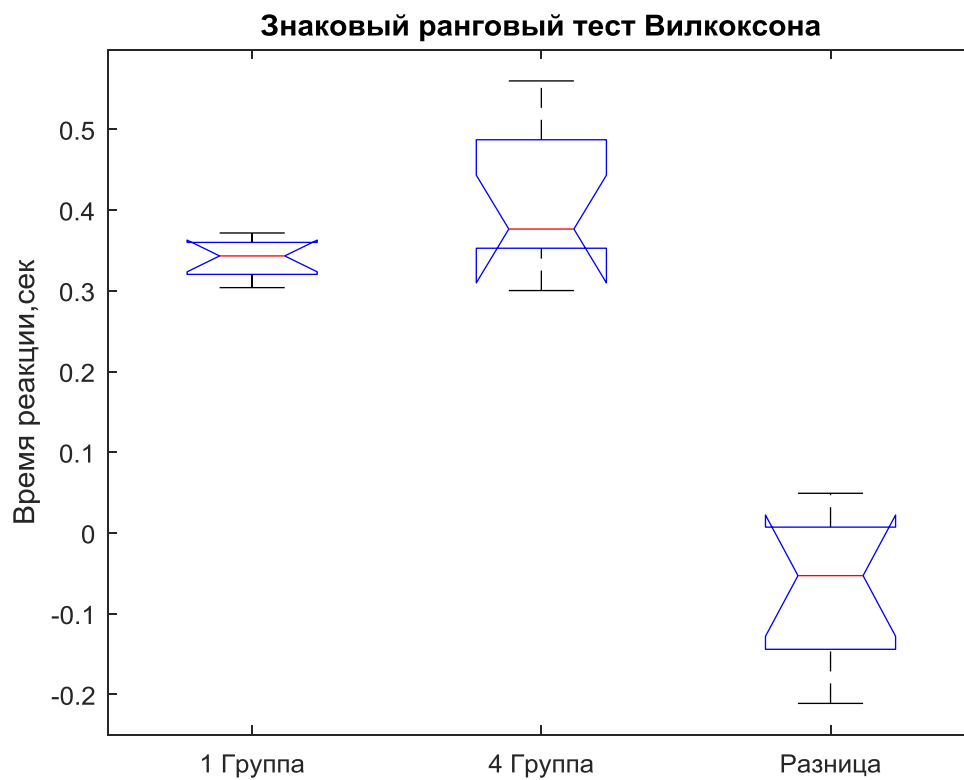


Рис. 25-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1и 4 Групп

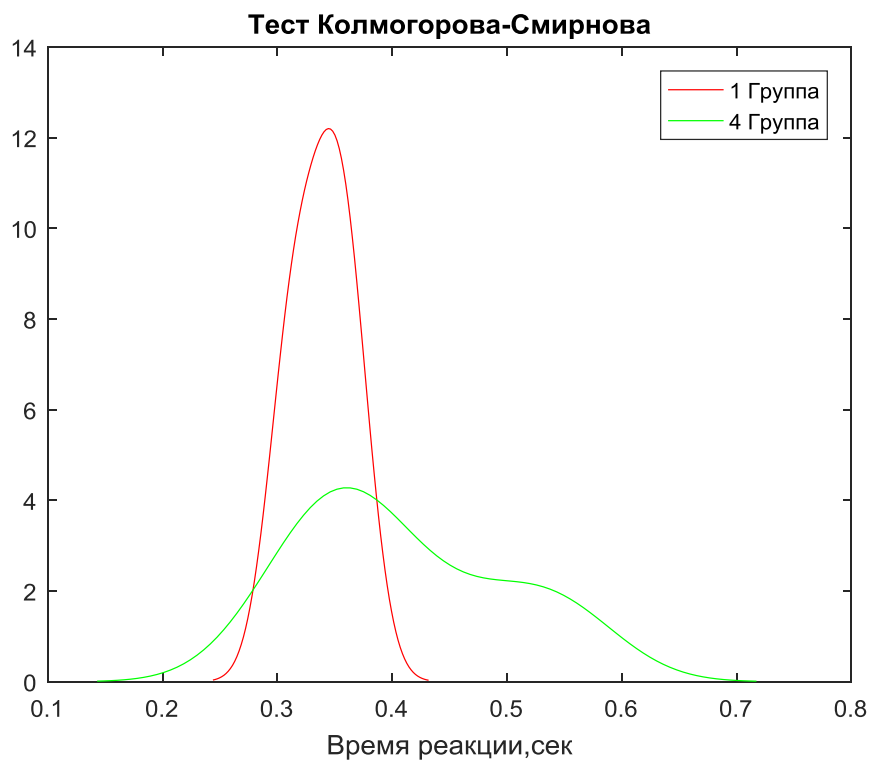


Рис. 26- Результат сравнения 1и4 Групп

Также было принято решение сравнить 1 Группу с 3 Группой.

Как можно увидеть на графиках распределения случайных величин (Рис.27), которые получились в результате проведения теста Колмогорова-Смирнова, нулевая гипотеза об одном законе распределения имеет место быть. Это подтверждается при уровне значимости 0,02 и 0,05.

Медианы выборок близки к одному значению, но вероятность отвергнуть это предположение равна 0.7104. Это подтверждает Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок (Рис.28). Значит, значимых различий между медианами выборок выявить не удалось.

Знаковый ранговый тест Вилкоксона (Рис.29) позволяет нам судить о том, что медиана разницы двух выборок равна нулю, вероятность отвергнуть это 0.2188 . Это значит, что значимой разницы между 1 Группой и 3 Группой нет.

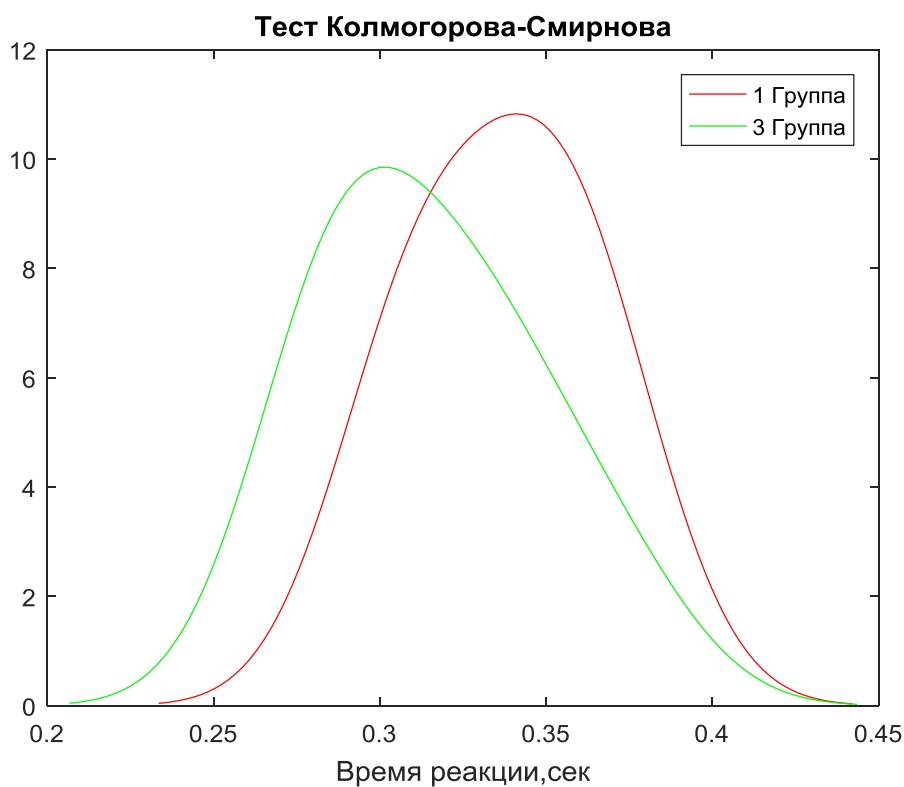


Рис. 27- Результат сравнения 1и3 Групп

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

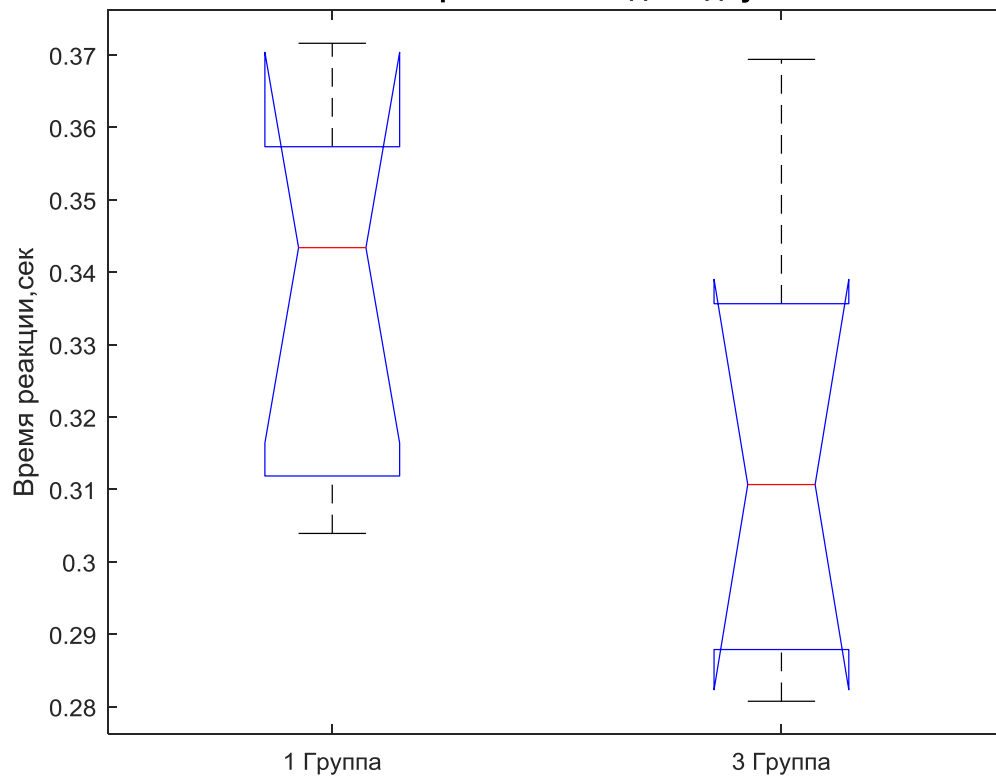


Рис. 28- Боксовая диаграмма результатов сравнения 1и 3 Групп

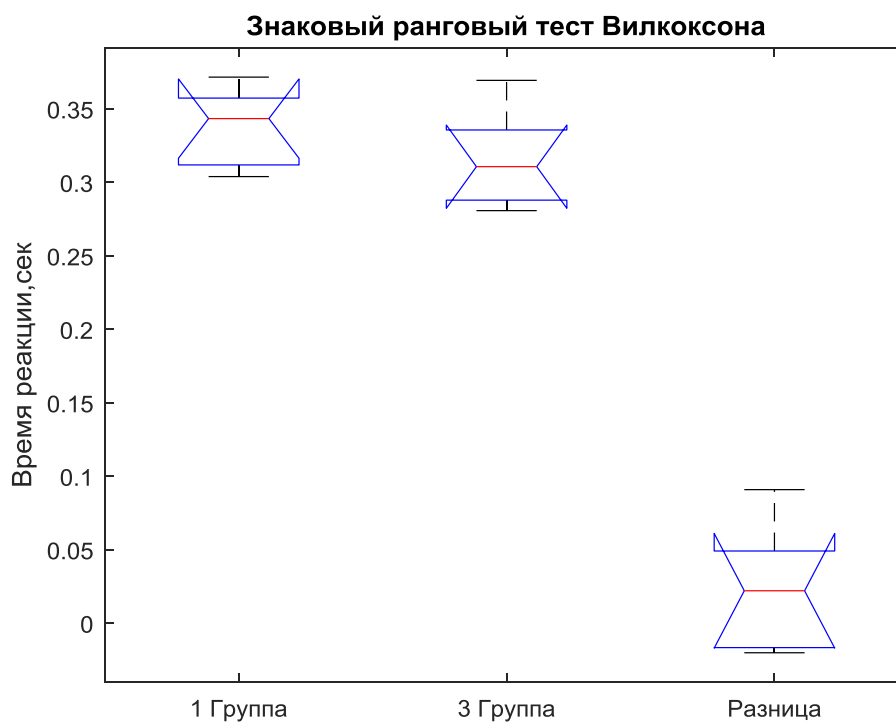


Рис. 29-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1и 3 Групп

По результатам данного сравнения можно сделать вывод о том, что 1 Группа и 3 Группа не имеют большого различия в статистически важных параметрах.

Сравнение 2 Группы и 3 Группы.

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок (Рис.30) . Нулевая гипотеза состоит в равенстве двух медиан. Вероятность отвергнуть нулевую гипотезу равна 0.3176, и нулевая гипотеза о равенстве медиан может быть принята: медианы выборок незначительно отличаются друг от друга. Это значит, что значимых различий между медианами выборок выявить не удалось, а значит и между выборками.

Знаковый ранговый тест Вилкоксона на равенство нулю медианы выборок (Рис.31) с нулевой гипотезой о том, что медиана разницы двух выборок равна нулю. В этом тесте с вероятностью отвержения нулевой гипотезы равной 0.4688, принимается гипотеза о равенстве медиан разницы выборок. Этот тест подтвердил результат рангового теста Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок.

Также был проведен тест Колмогорова-Смирнова для сравнения законов распределения двух генеральных совокупностей значений случайных величин (Рис.32). Нулевая гипотеза в этом тесте состоит в том, что две выборки имеют одинаковый закон распределения. При уровне значимости – 0,02 нулевая гипотеза принимается, при уровне значимости – 0,05 нулевая гипотеза может быть отвергнута. Другими словами, с вероятностью 0,05 и 0,02 можно принять решение о том, что две генеральные совокупности значений случайных величин распределены по одному непрерывному закону.

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

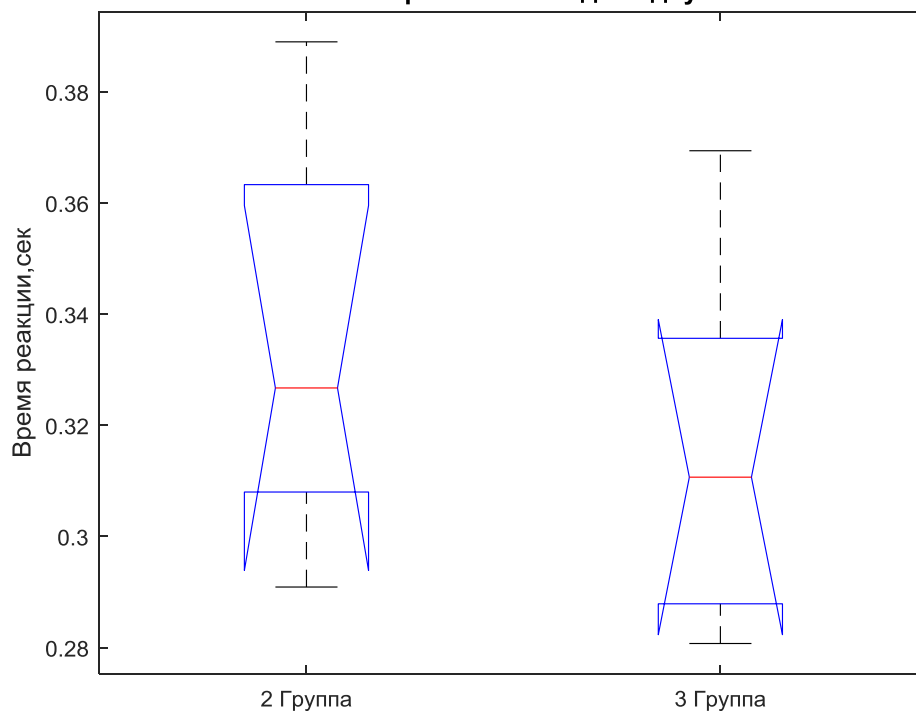


Рис. 30- Боксовая диаграмма результатов сравнения 2 и 3 Групп

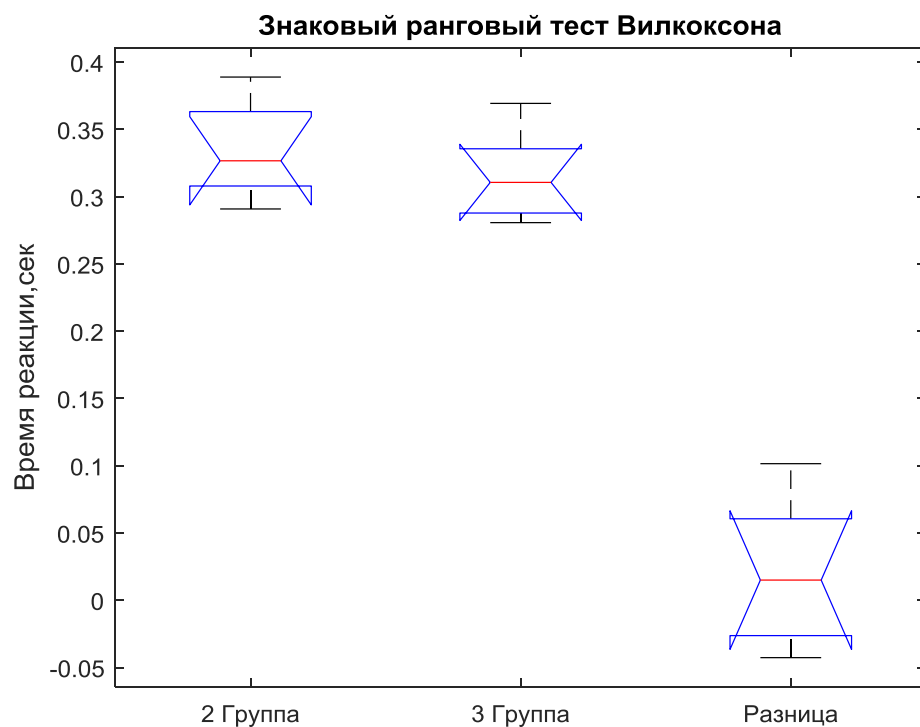


Рис. 31- Боксовая диаграмма результатов сравнения 2и 3 Групп

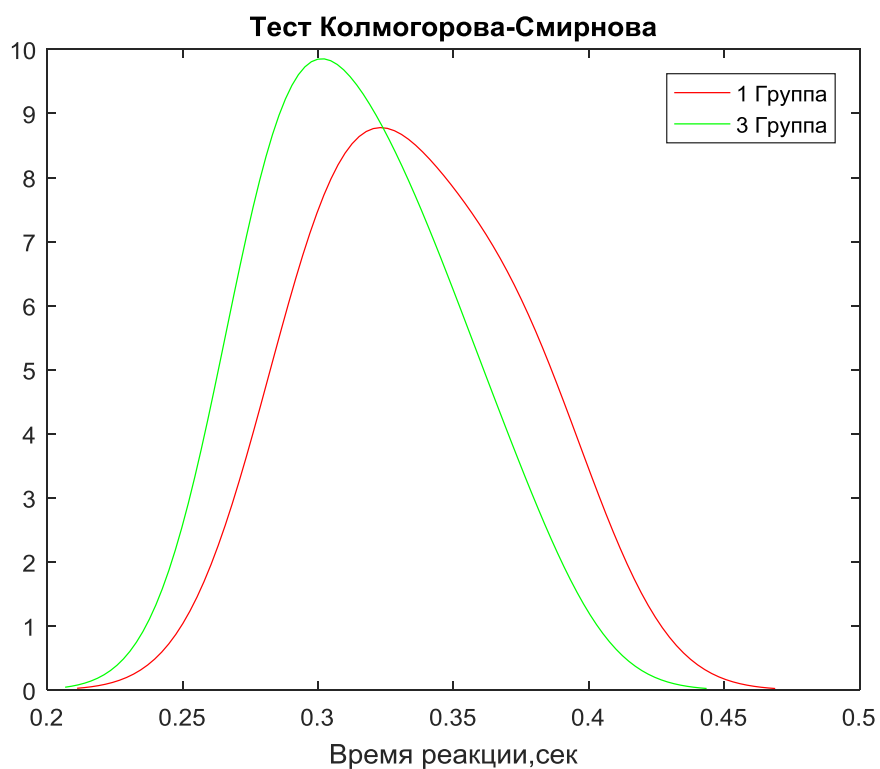


Рис. 32- Результат сравнения 1и3 Групп

Общим выводом по исследованию №1 является то, что значимых различий во временах реакции на световое воздействие красного цвета между Группами лиц, ведущих обычный образ жизни и группами лиц, которые ведут активную физическую жизнь, нет. Кроме того, возраст также не оказывает влияния на время реакции на световое воздействие.

Исследование №2.

Сравнение 2 Группы и 3 Группы.

Тест Колмогорова-Смирнова показал, что у случайных величин, принадлежащих 2 и 3 Группам, распределения значений практически одинаковы. (Рис.33). При уровнях значимости 0,02 и 0,05 нулевая гипотеза может быть принята.

Диаграммы размаха, которые можно видеть на рис.34, получены во время проведения Рангового теста Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок. С вероятностью 0.6853 нулевая гипотеза о равенстве медиан может быть принята.

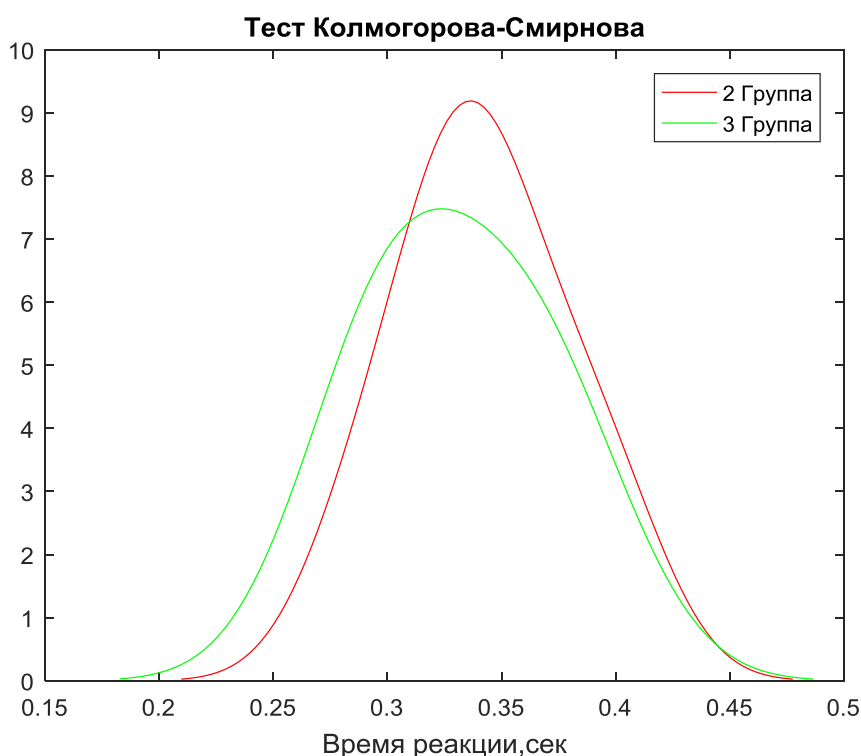


Рис. 33-Результат сравнения 1и3 Групп

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

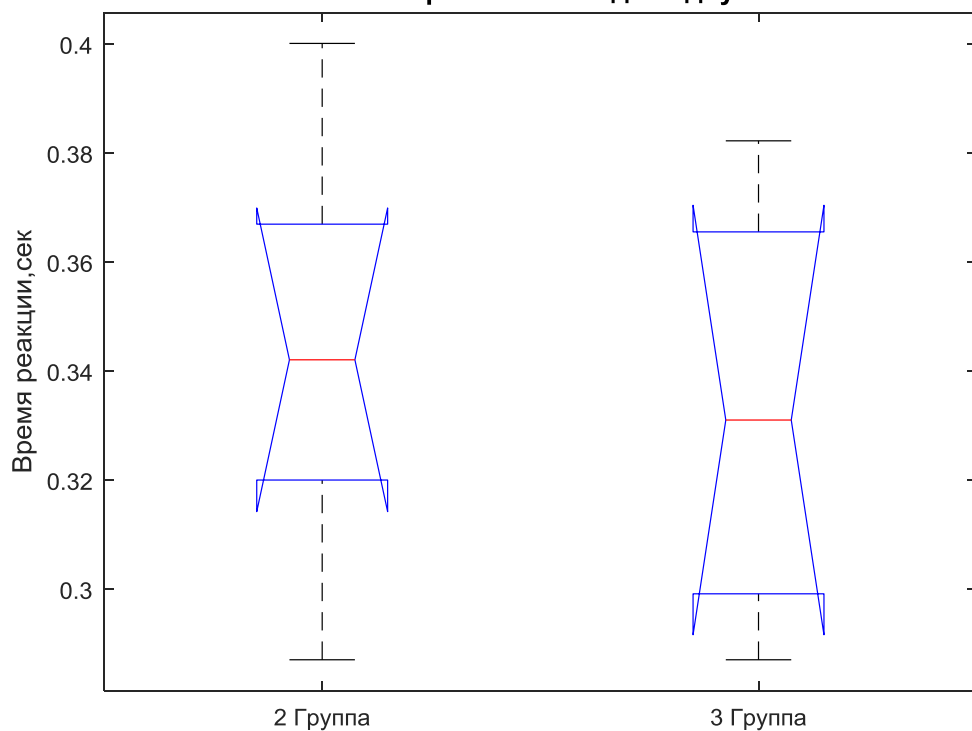


Рис. 34- Боксовая диаграмма результатов сравнения 2 и 3 Групп

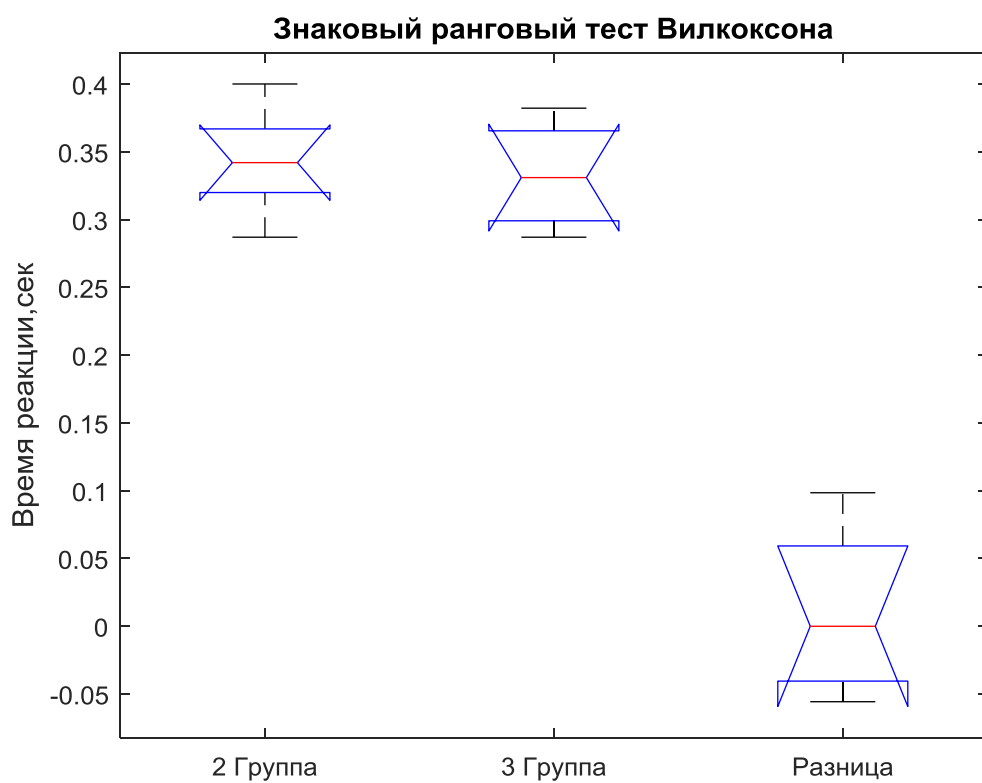


Рис. 35-Боксовая диаграмма результатов сравнения 2 и 3 Групп

Ранговый знаковый тест (Рис.35) показал, что с вероятностью 0.6250 можно отвергнуть гипотезу о том, что медиана разницы двух независимых выборок равна нулю.

Можно сделать вывод о том, что схожесть закона распределения, а также близость медиан выборок, свидетельствует о том, что интенсивная физическая жизнь дает одинаковые скорости реакций даже при разных сферах физической активности.

Сравнение 1 Группы и 3 Группы.

Как можно увидеть на графике распределения случайных величин (Рис.36), которые получились в результате проведения теста Колмогорова-Смирнова, нулевая гипотеза об одном законе распределения принята. Это подтверждается при уровне значимости 0,02 и 0,05.

Знаковый ранговый тест Вилкоксона (Рис.37) позволяет нам судить о том, что медиана разницы двух выборок равна нулю, вероятность отвергнуть это 0.5625. Это значит, что значимой разницы между 1 Группой и 3 Группой нет

Это также подтверждает Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок (Рис.38). Медианы выборок близки к одному значению, но вероятность отвергнуть это предположение равна 0.4784. Значит, значимых различий между медианами выборок выявить не удалось.

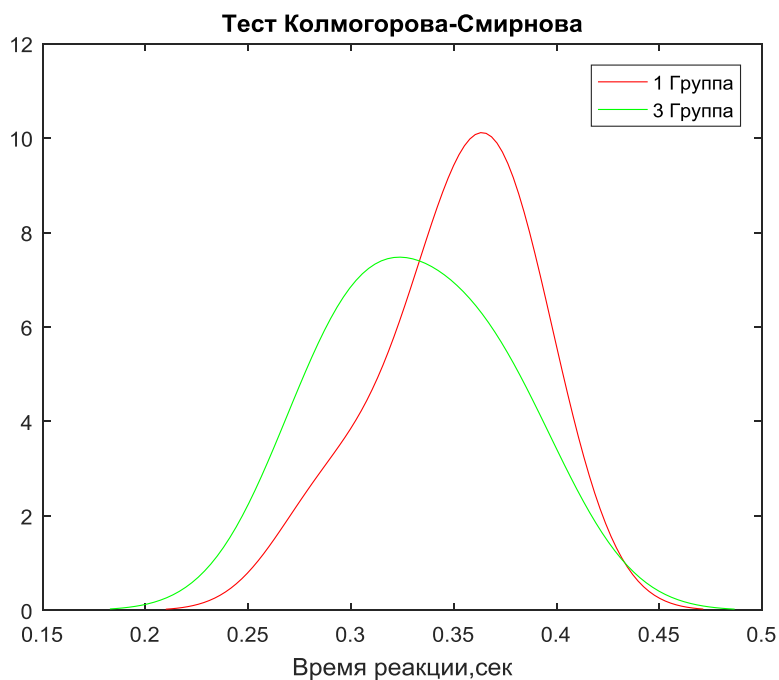


Рис. 36-Результат сравнения 1и3 Групп

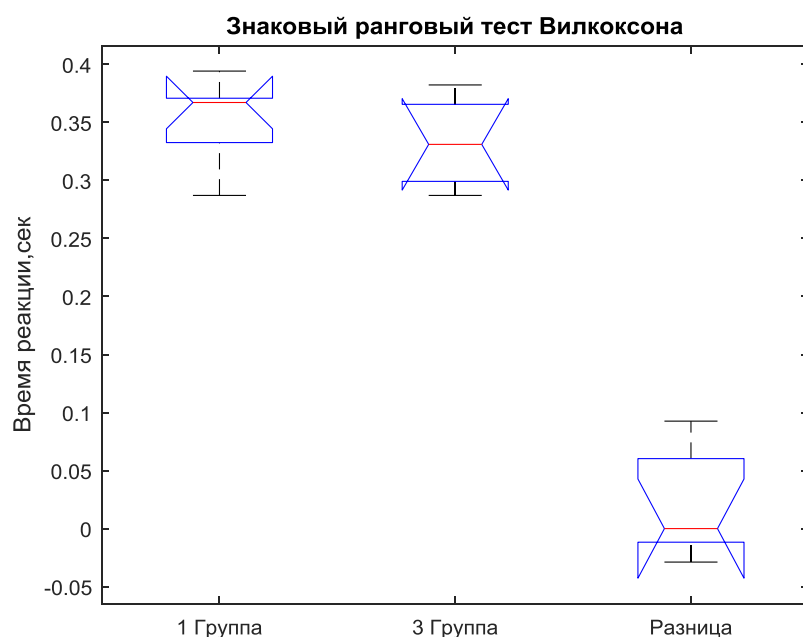


Рис. 37-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 3 Групп

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

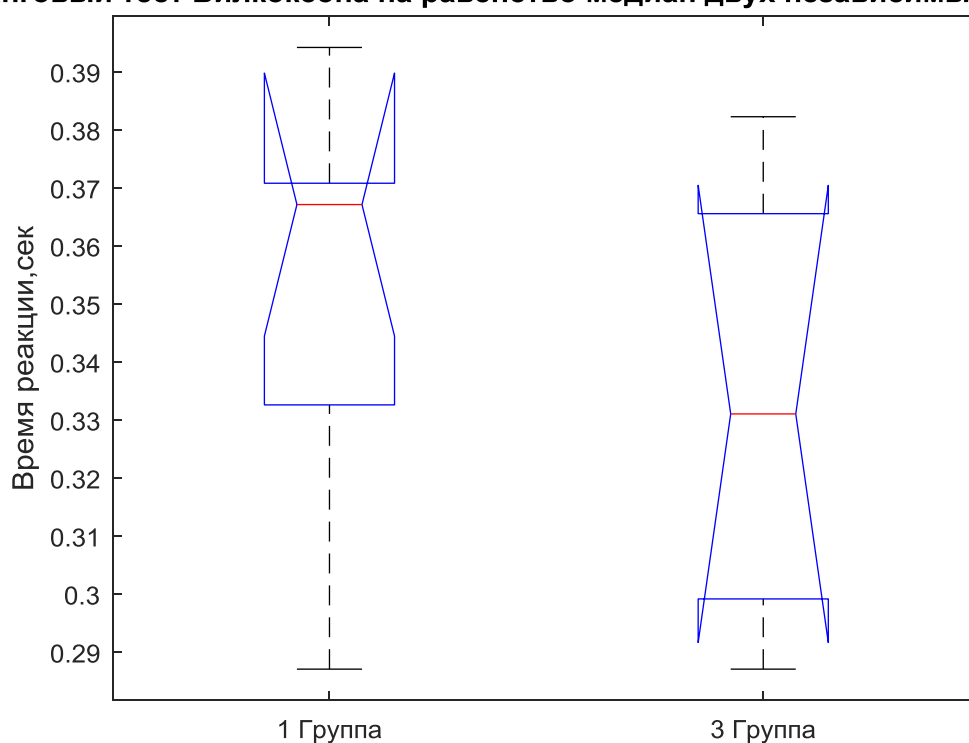


Рис. 38-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 3 Групп

Сравнение 1 Группы и 4 Группы.

Тест Колмогорова-Смирнова показал, что у случайных величин, принадлежащих 1 и 4 Группам, распределения значений практически одинаковы

(Рис.39). При уровнях значимости 0,02 и 0,05 нулевая гипотеза может быть принята. Это значит, что обе выборки имеют одинаковое распределение.

Диаграммы размаха, которые можно видеть на Рис.40 , получены во время проведения Рангового теста Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок. С вероятностью 0.1649 нулевая гипотеза о равенстве медиан может быть принята. Следовательно, значительной разницы между медианами нет.

Это подтверждает и Знаковый ранговый тест Вилкоксона (Рис.41). Медиана разницы двух выборок равна нулю, с вероятностью ошибки этого утверждения равной 0.1563.

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

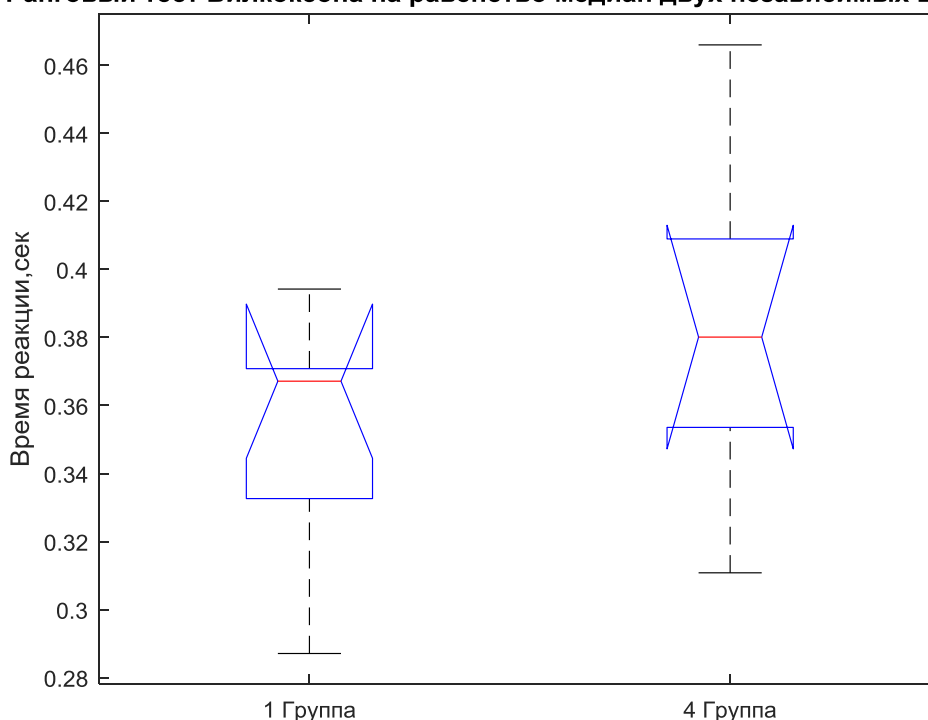


Рис.39- Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 4 Групп

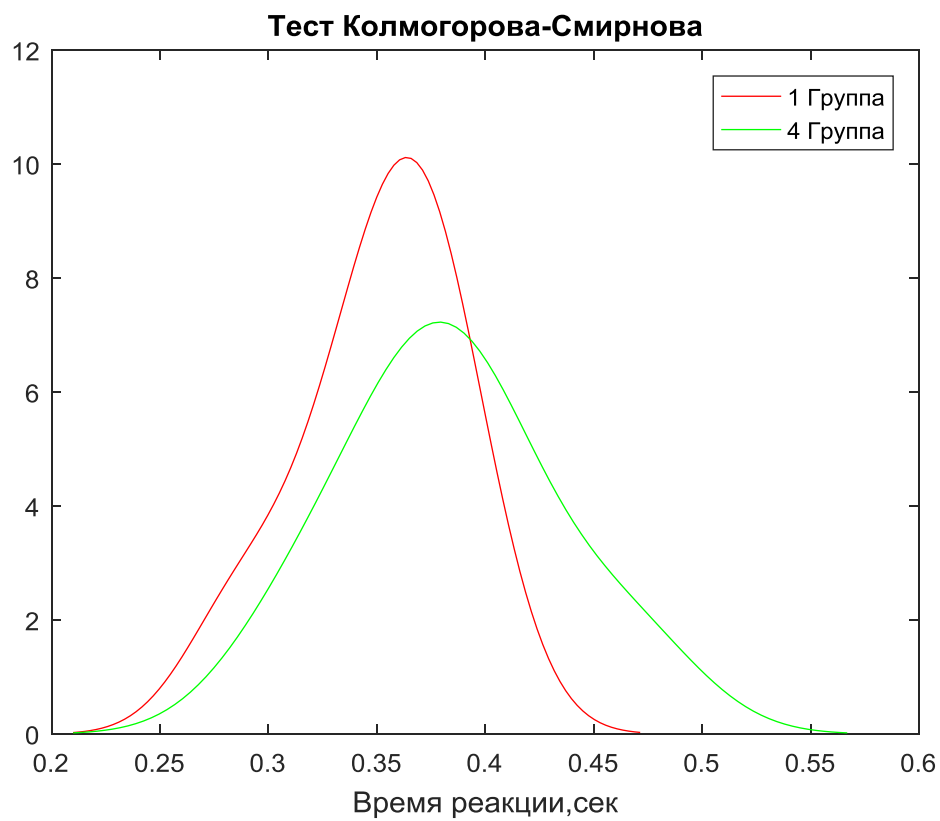


Рис. 40-Результат сравнения 1и3 Групп

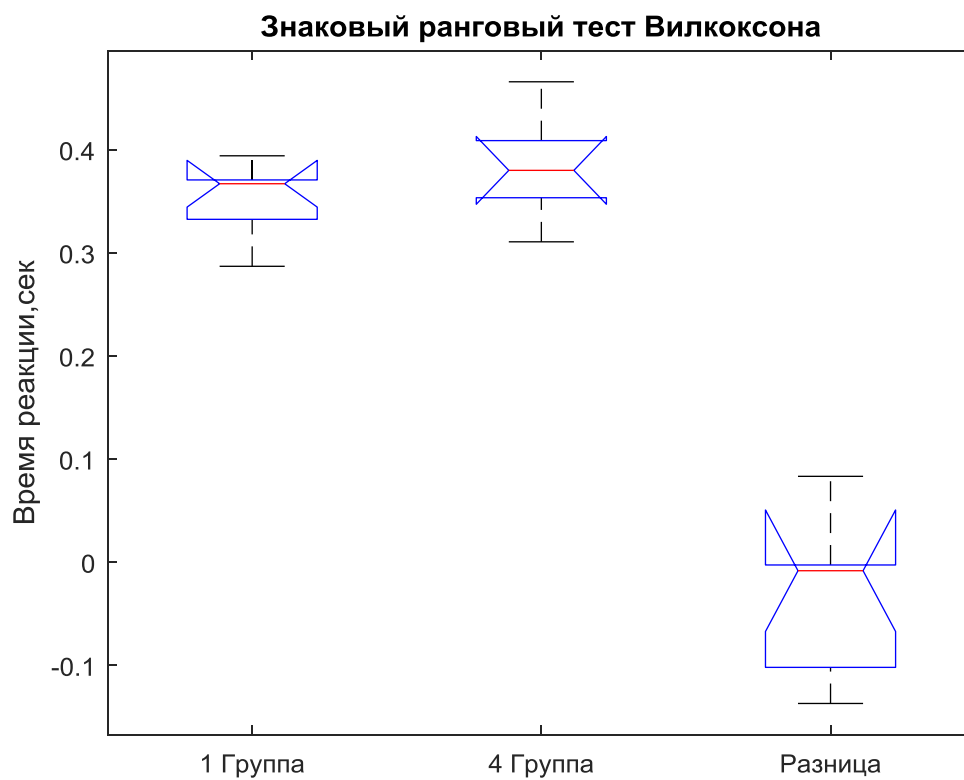


Рис. 41-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 4 Групп

Как и ранее, не удалось установить значимых отличий времен реакций испытуемых различных групп на световое воздействие серого цвета.

Исследование №3.

Сравнение 1 Группы и 4 Группы

Тест Колмогорова-Смирнова показал, что у случайных величин, принадлежащих 1 и 4 Группам, закон распределения значений практически одинаков. (Рис.42). При уровнях значимости 0,02 и 0,05 нулевая гипотеза может быть принята. Это значит, что обе выборки имеют одинаковое распределение.

Диаграммы размаха, которые можно видеть на Рис.43, получены во время проведения Рангового теста Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок. С вероятностью 0.9015 нулевая гипотеза о равенстве медиан может быть принята. Следовательно, значительной разницы между медианами нет.

Это подтверждает и Знаковый ранговый тест Вилкоксона (Рис.44). Медиана разницы двух выборок равна нулю, с вероятностью ошибки этого утверждения равной 0.5781.

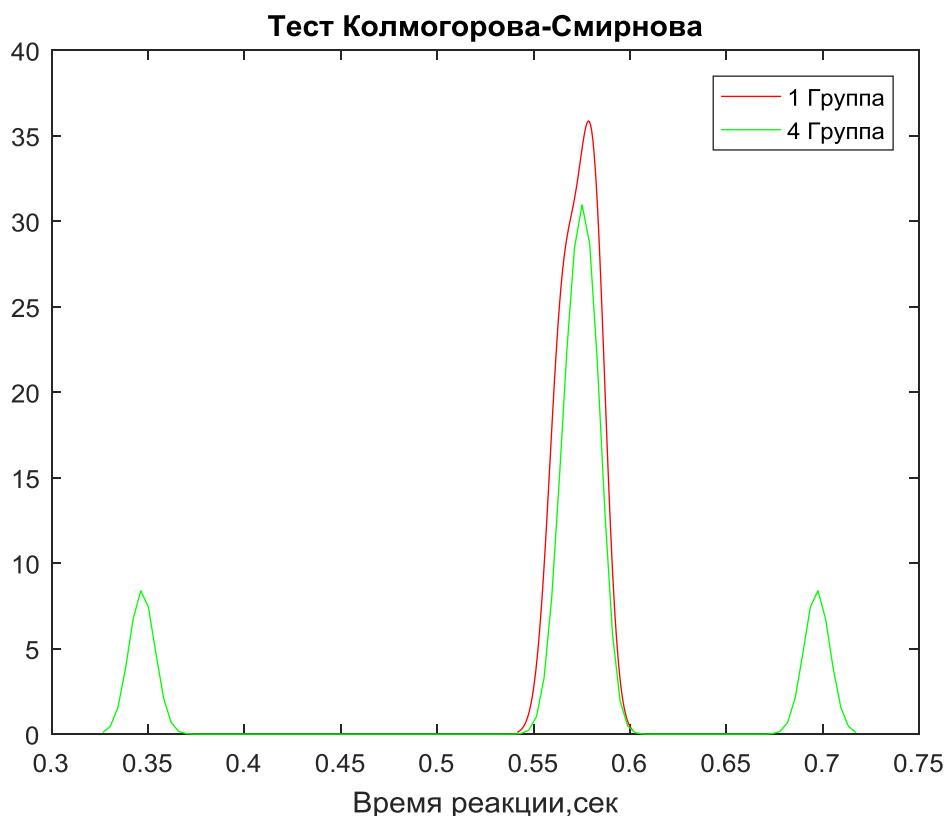


Рис. 42- Результат сравнения 1 и 4 Групп

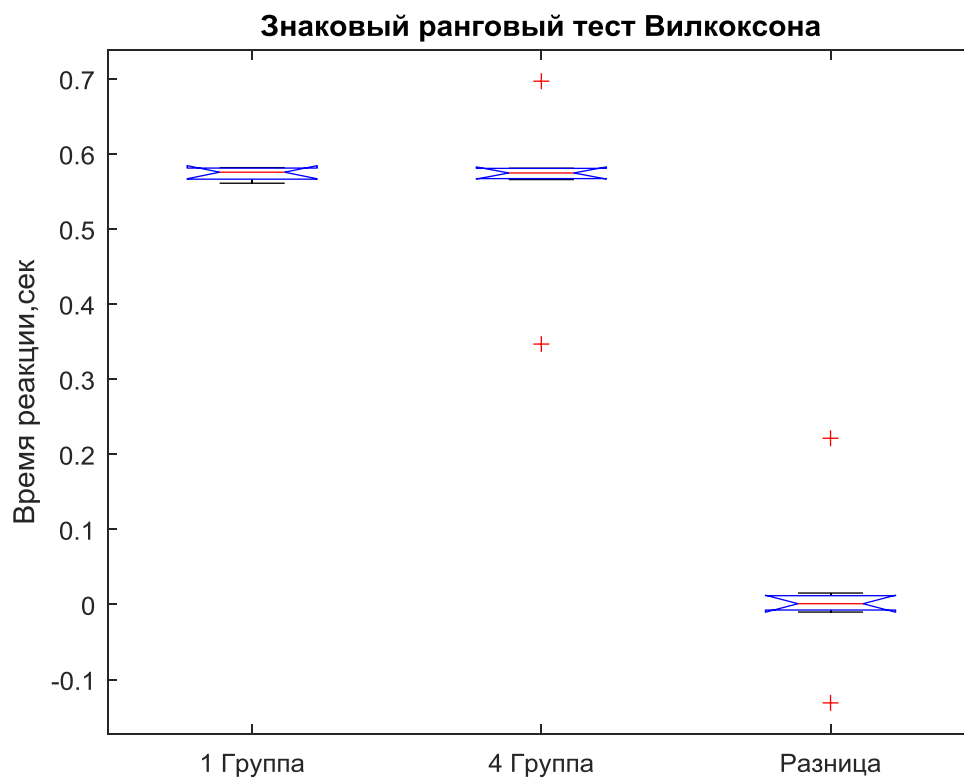


Рис. 43-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 4 Групп

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

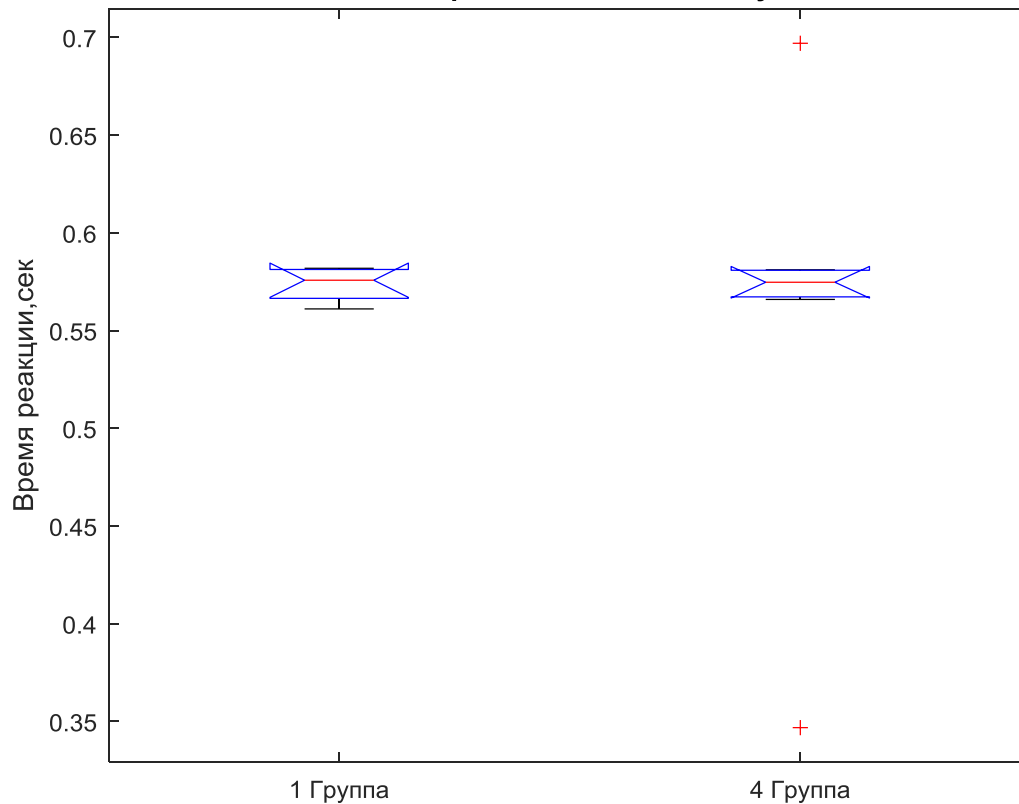


Рис. 44-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 4 Групп

Вывод: данная пара групп не имеет больших различий во времени реакции на воздействие, однако у возрастной 4 Группы есть отклонения от общего закона (выбросы), возможно, это связано физиологическими процессами.

Сравнение 1 Группы и 3 Группы.

На графике распределения случайных величин (Рис.45), которые получены в результате проведения теста Колмогорова-Смирнова, нулевая гипотеза об одном законе распределения принята. Это подтверждается при уровне значимости 0,02 и 0,05.

Знаковый ранговый тест Вилкоксона (Рис.46) позволяет нам судить о том, что медиана разницы двух выборок точно равна нулю. Это значит, что значимой разницы между 1 Группой и 3 Группой нет

Это также подтверждает Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок (Рис.47). Медианы выборок близки к одному значению, однако есть вероятность отвергнуть это предположение, и она равна 0.4015.

Как и ранее, можно сделать вывод о том, что у сравниваемых групп нет значительных различий в выборках.

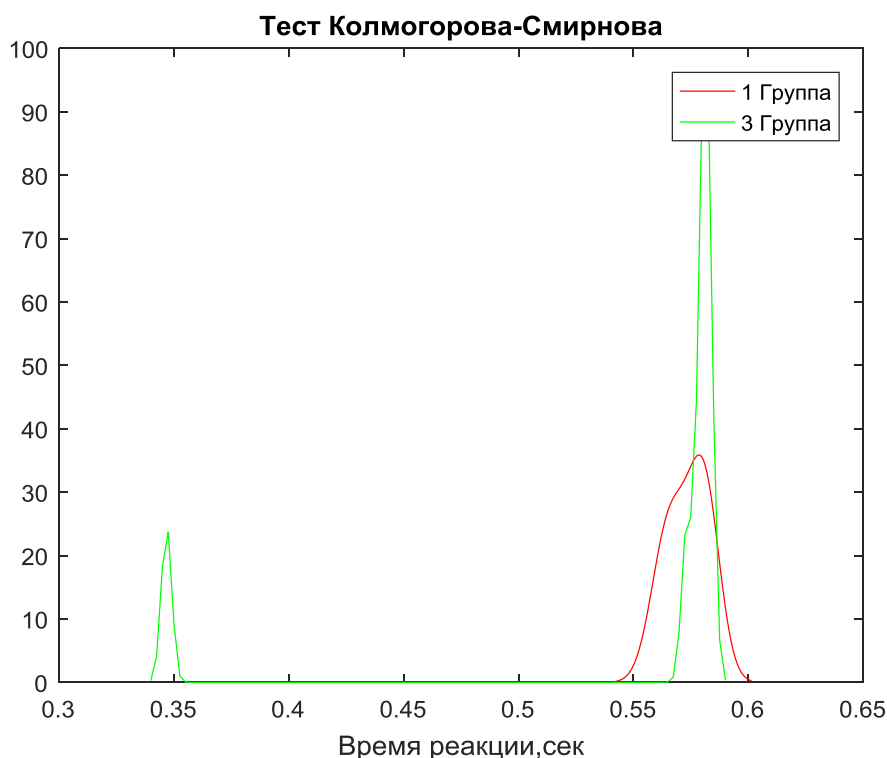


Рис. 45- Результат сравнения 1 и 3 Групп

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

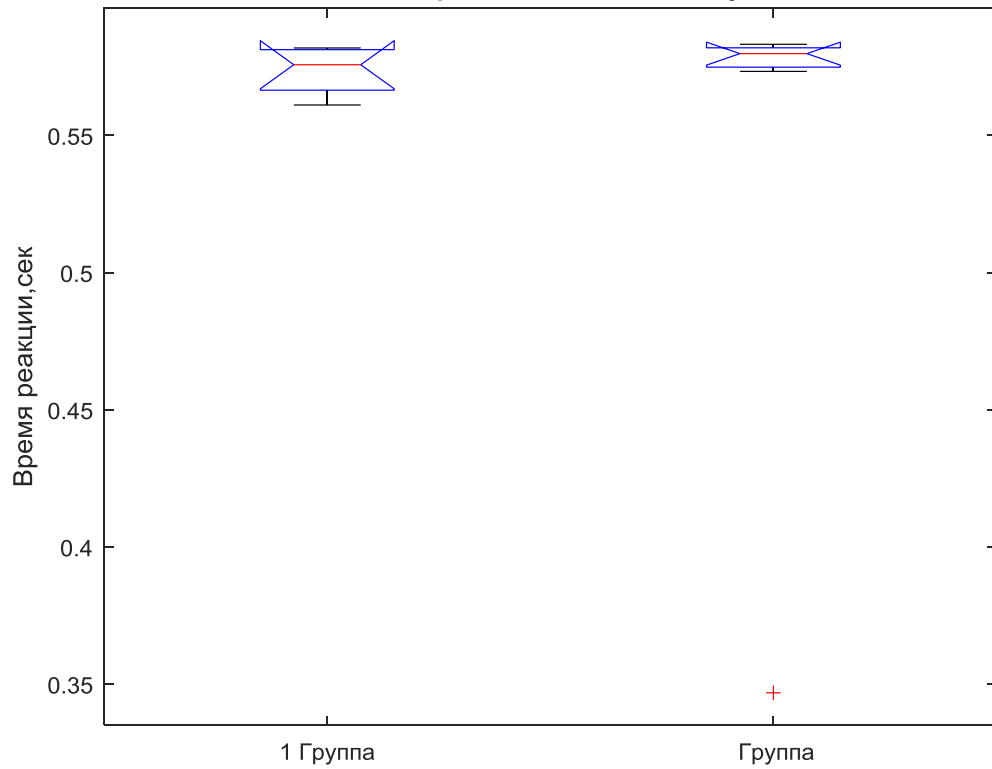


Рис. 46- Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 3 Групп

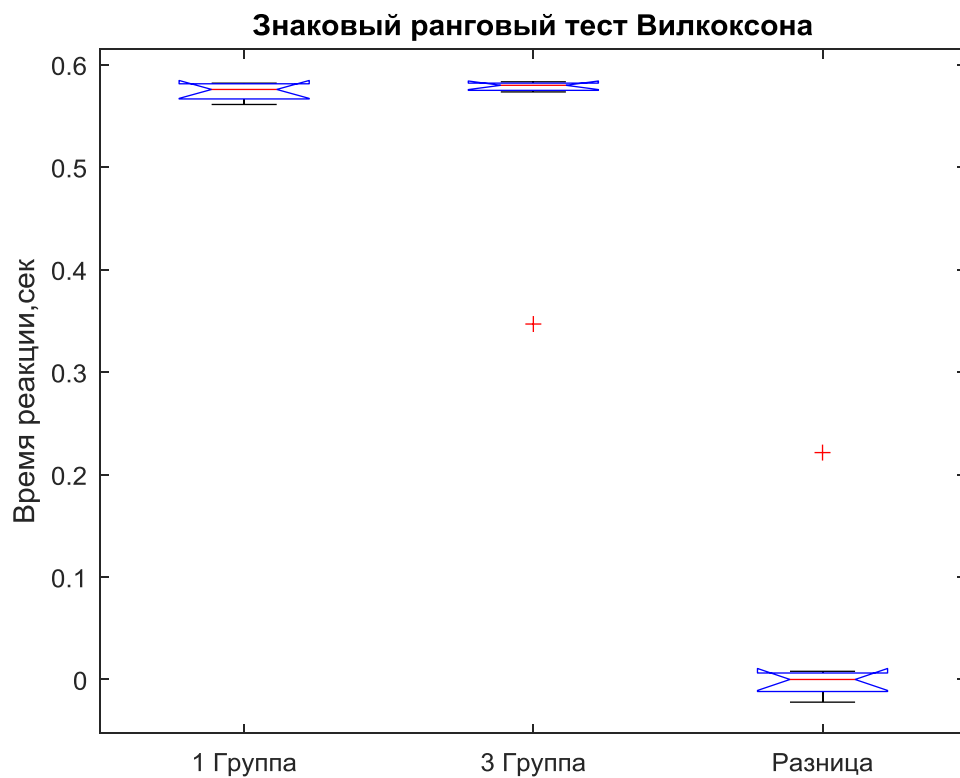


Рис. 47-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 3 Групп

Сравнение 2 Группы и 3 Группы.

Знаковый ранговый тест Вилкоксона (Рис.48) позволяет нам судить о том, что медиана разницы двух выборок равна нулю, и вероятность ошибиться при таком утверждении равна 0.4375. Это значит, что значимой разницы между 2 Группой и 3 Группой нет.

Это также подтверждает Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок (Рис.49). Медианы выборок близки к одному значению, однако есть вероятность отвергнуть это предположение, и она равна 0.1043.

На графике распределения случайных величин (Рис.50), которые получились в результате проведения теста Колмогорова-Смирнова, нулевая гипотеза об одном законе распределения принята. Это подтверждается при уровне значимости 0,02 и 0,05.

Все же, можно сделать вывод о том, что у сравниваемых групп нет значительных различий в выборках

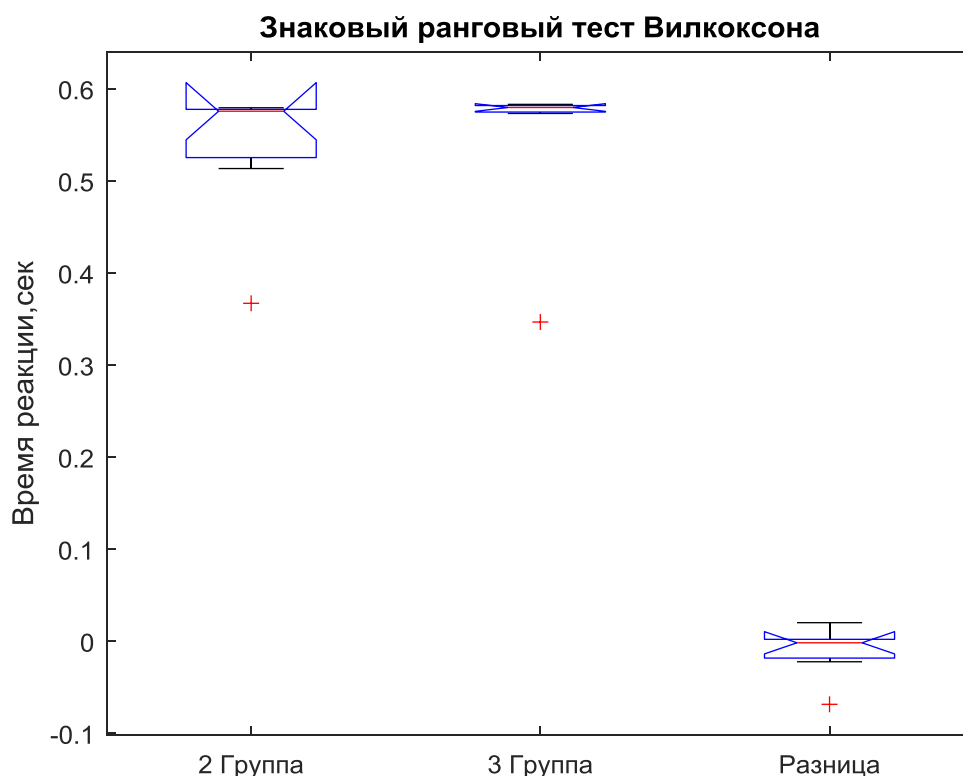


Рис. 48-Боксовая диаграмма результатов сравнения 2 и 3 Групп

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

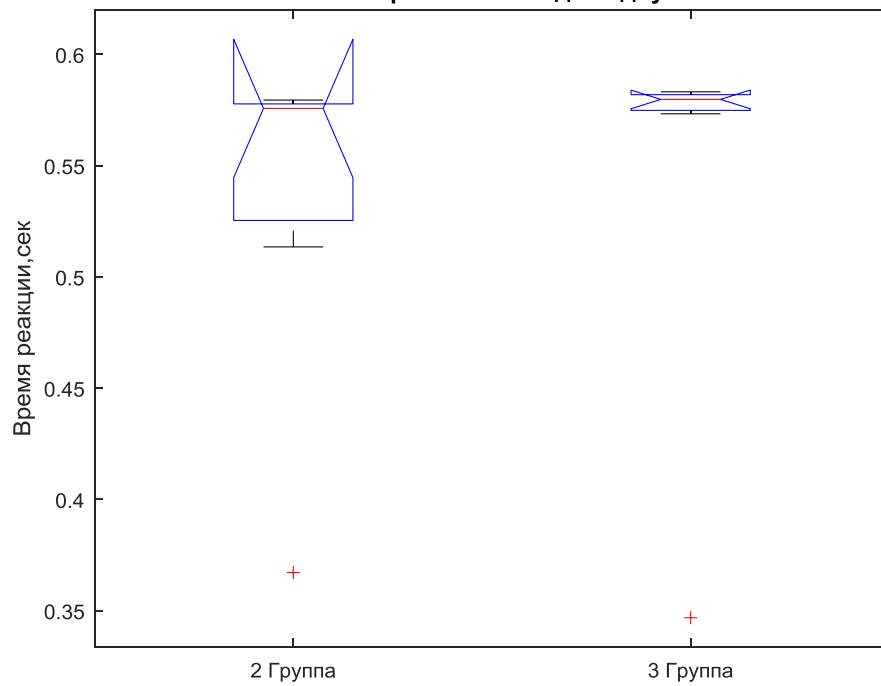


Рис. 49- Боксовая диаграмма результатов сравнения 2 и 3 Групп

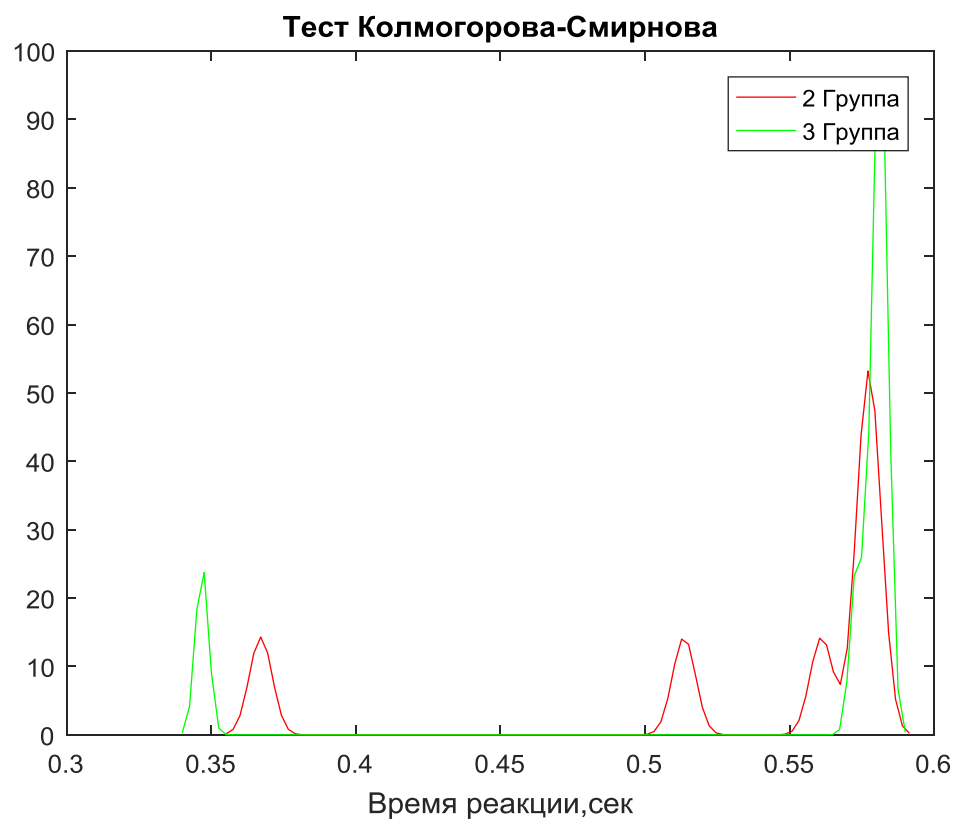


Рис. 50- Результат сравнения 2 и 3 Групп

Таким образом, в ходе проведения исследования №3 не удалось выявить значимых различий во временах реакции индивидуумов различных групп на звуковое воздействие.

Исследование №4.

Сравнивались 1 Группа и 2 Группа.

На графике распределения случайных величин (Рис.51), которые получены в результате проведения теста Колмогорова-Смирнова, нулевая гипотеза об одном законе распределения принята. Это подтверждается при уровне значимости 0,02 и 0,05.

Знаковый ранговый тест Вилкоксона (Рис.52) позволяет нам судить о том, что медиана разницы двух выборок точно равна нулю. Это значит, что значимой разницы между 1 Группой и 3 Группой нет.

Это также подтверждает Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок (Рис.53). Медианы выборок близки к одному значению, однако есть вероятность отвергнуть это предположение, и она равна 0.8438.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что случайные величины в данных выборках подчиняются одному закону распределения и значимо не отличаются друг от друга.

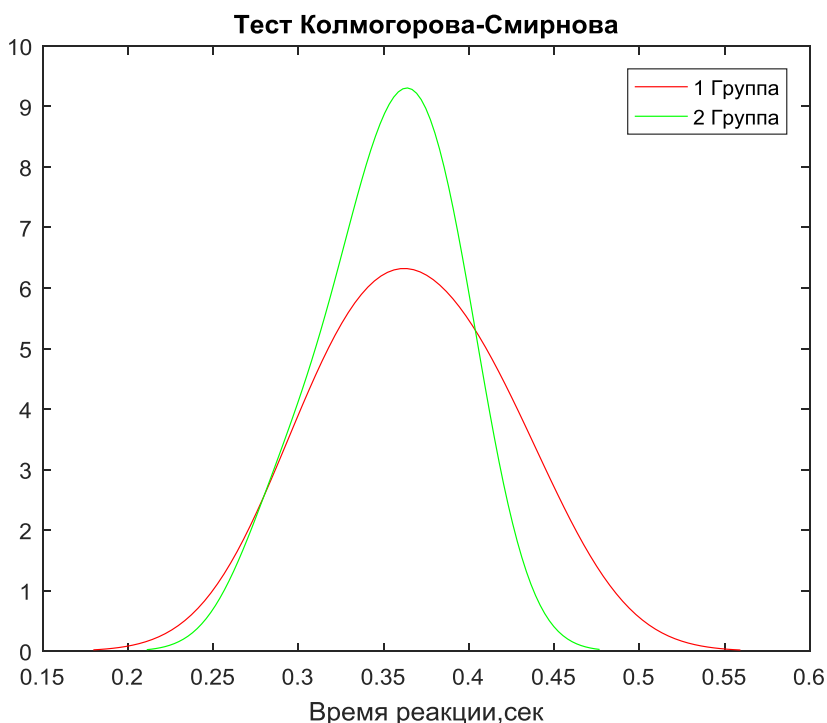


Рис. 51- Результат сравнения 1 и 2 Групп

Ранговый тест Вилкоксона на равенство медиан двух независимых выборок

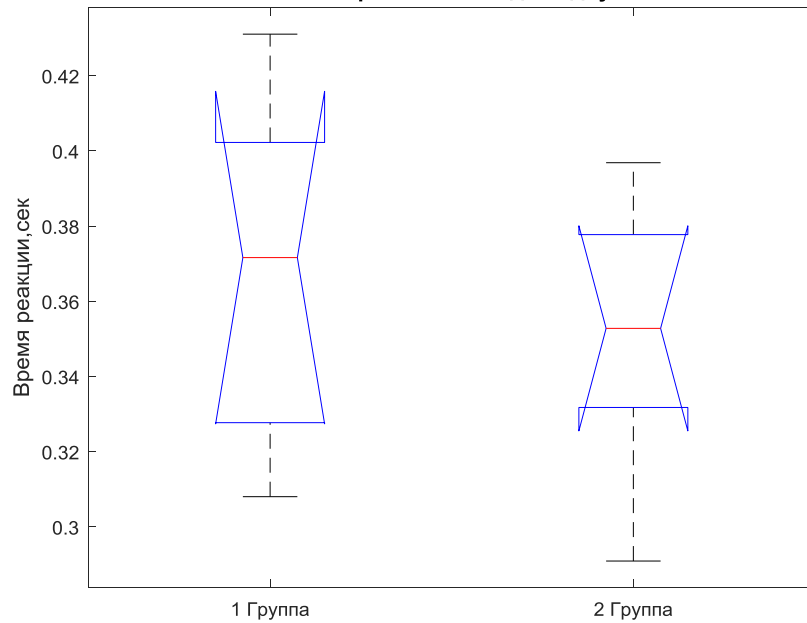


Рис. 52-Боксовая диаграмма результатов сравнения 1 и 2 Групп

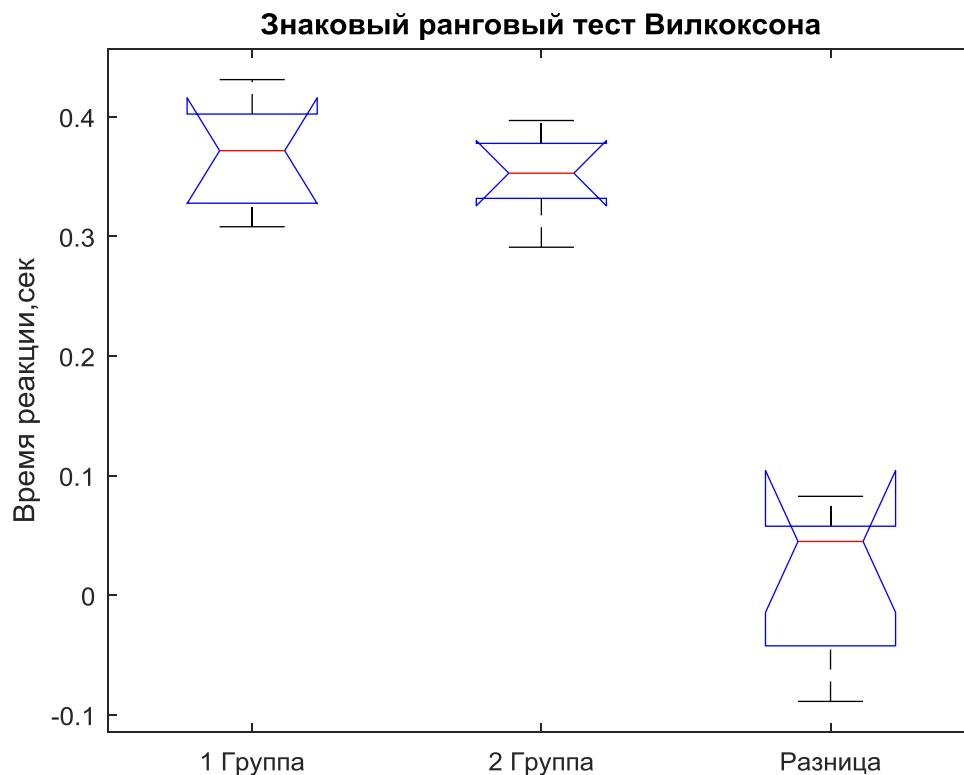


Рис. 53- Боксовая диаграмма результатов сравнения 2 и 3 Групп

В результате проведенной работы можно сделать вывод о том, что время реакции человека на световое или звуковое воздействие, не зависит от образа жизни и возраста.

4.3.2. Сравнение зависимых выборок

Далее было решено рассмотреть задачу сравнения зависимых выборок внутри групп.

Исследование №5.

Сравнивались выборки 1 Группы со световыми воздействиями разных цветов (красный и серый).

Так как это исследование с зависимыми выборками, использован тест Колмогорова-Смирнова (Рис.54).

Как видно из графика, закон распределения случайных величин близок к одному, при уровнях значимости 0,02 и 0,05 гипотеза об одном характере распределения подтверждается. Стоит заметить, что дисперсия во время воздействия серым цветом больше, нежели красным. Медианы близки друг к другу. Возможно, это свидетельствует о том, что реакция на более яркое и «кричащее» красное воздействие быстрее, чем на серое.

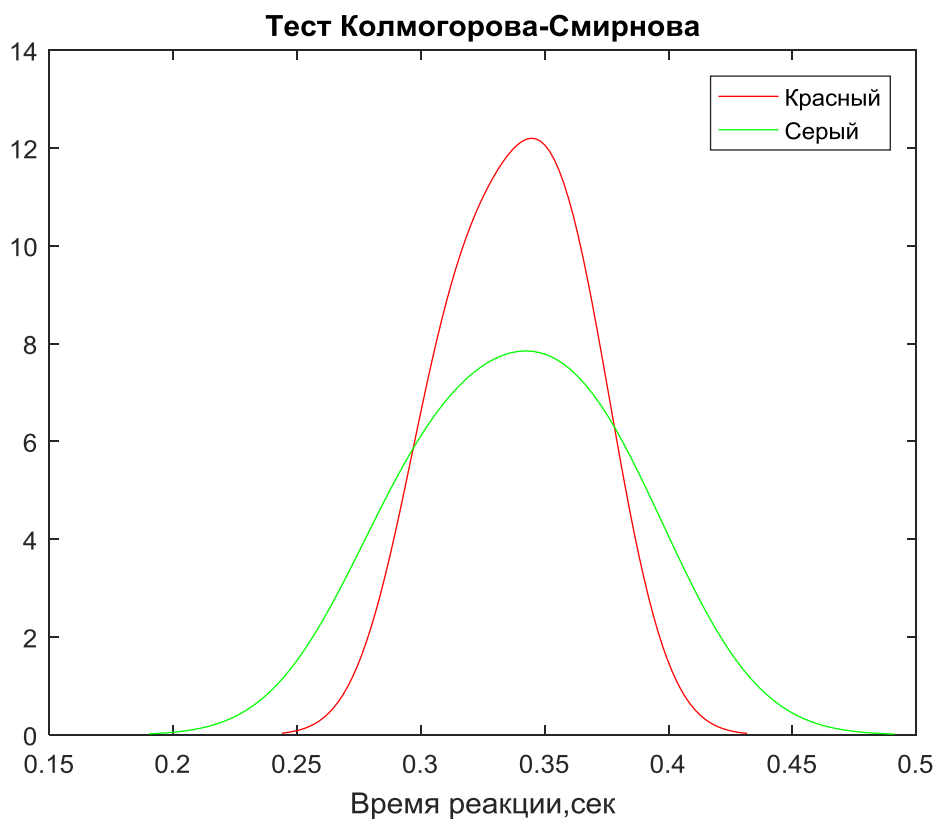


Рис. 54- Результат сравнения красного и серого воздействия

Сравнение выборок всех испытуемых групп с воздействиями: «свет»-красный и «звук»

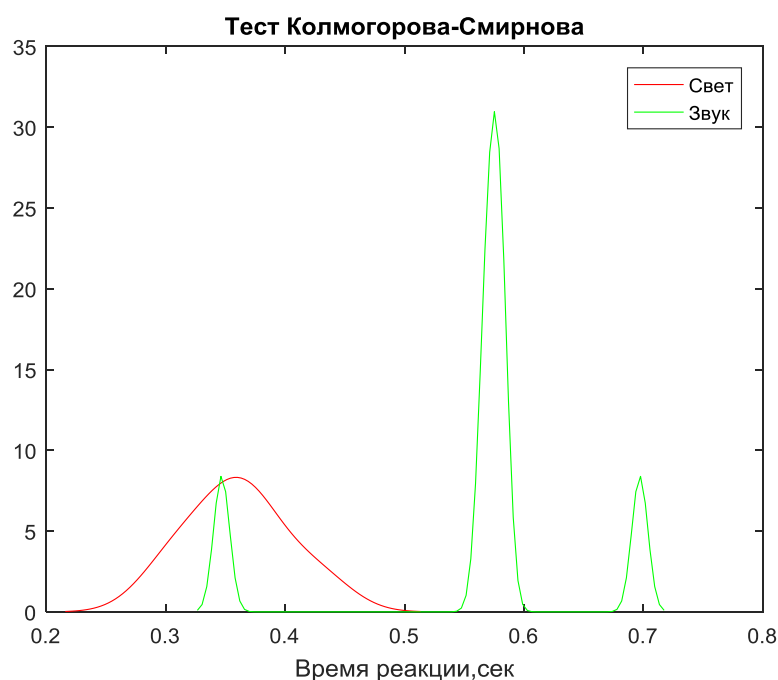


Рис. 55- Результат сравнения 4 Группы

На графике выше (Рис.55) можно увидеть, что медианы выборок совершенно разные. Законы распределения этих выборок тоже разные при уровнях значимости 0,02 и 0,05.

Скорее всего это свидетельствует о том, что реакция на световое воздействие и на звуковое различна. Это подтверждает и сравнение 3 Группы по этим же воздействиям (Рис.56):

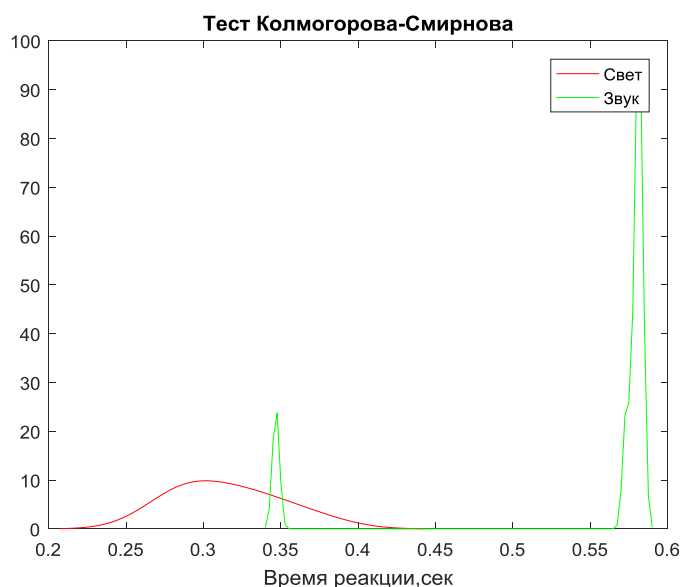


Рис. 56- Результат сравнения 3 Группы

Результаты теста Колмогорова-Смирнова для 1 и 2 Групп (Рис.57-58):

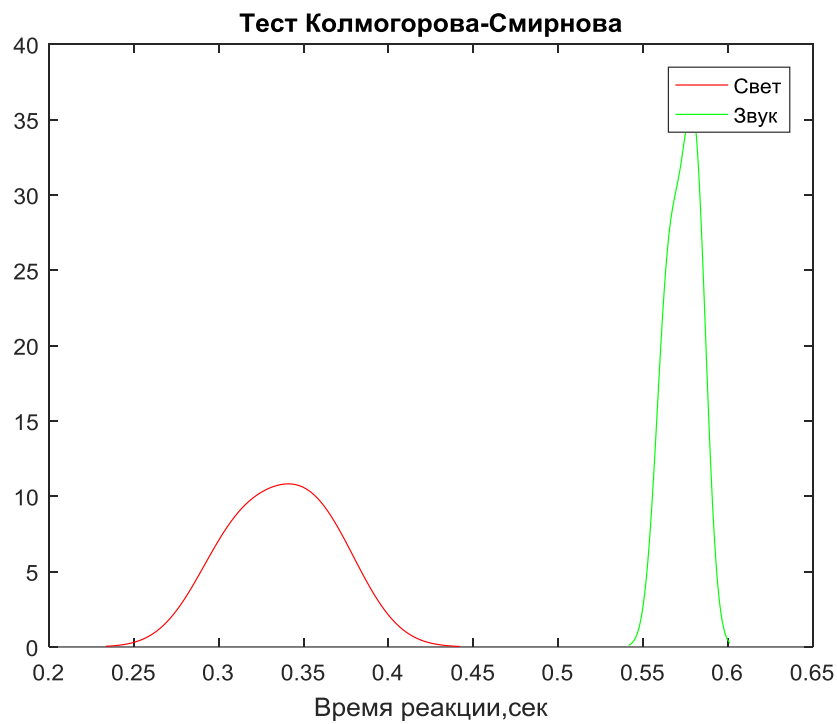


Рис. 57- Результат сравнения 1 Группы

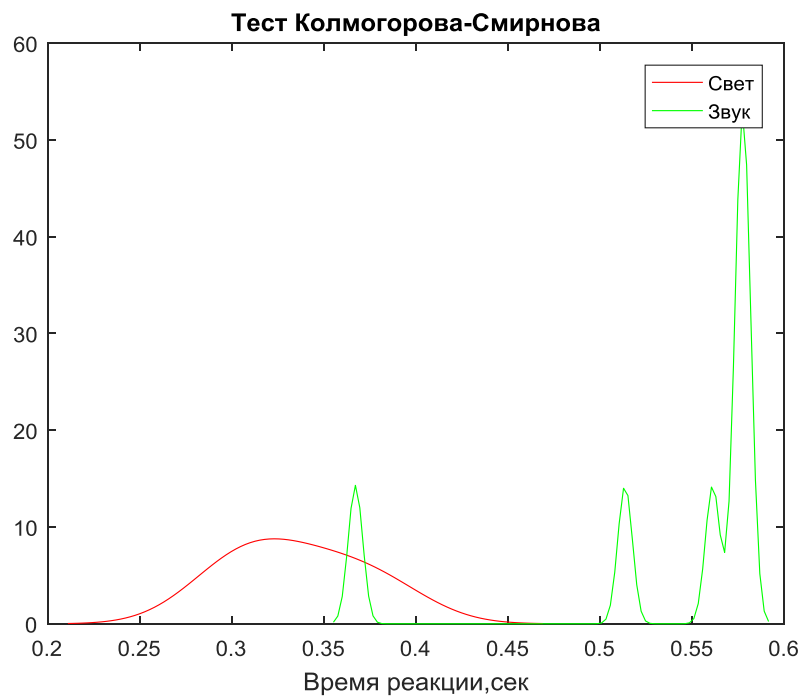


Рис. 58-Результат сравнения 2 Группы

Сравнение 1 и 2 Групп по воздействиям: «Свет» и «Свет+Звук»

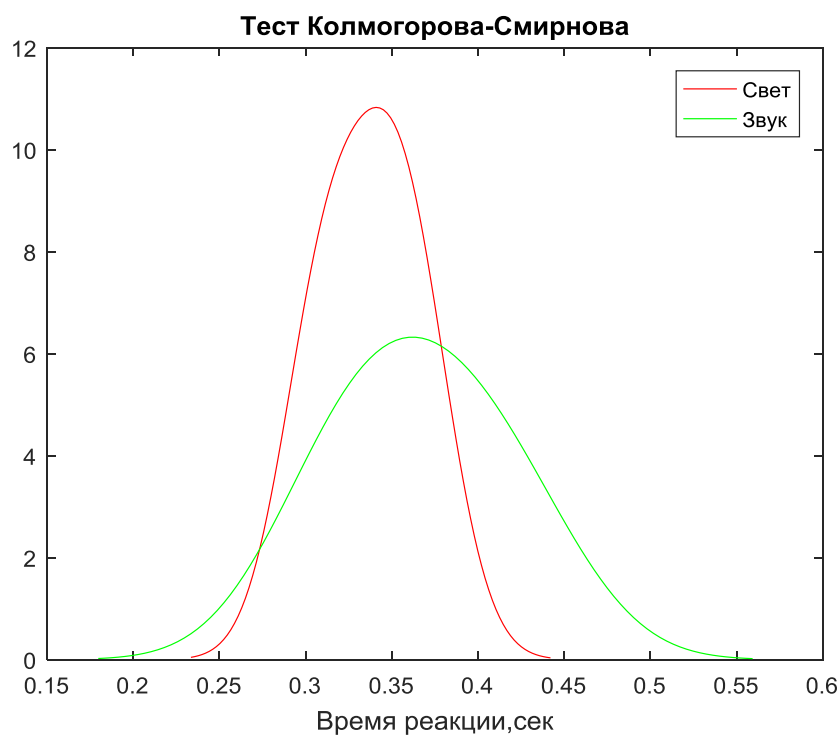


Рис. 59-Результат сравнения 1 Группы

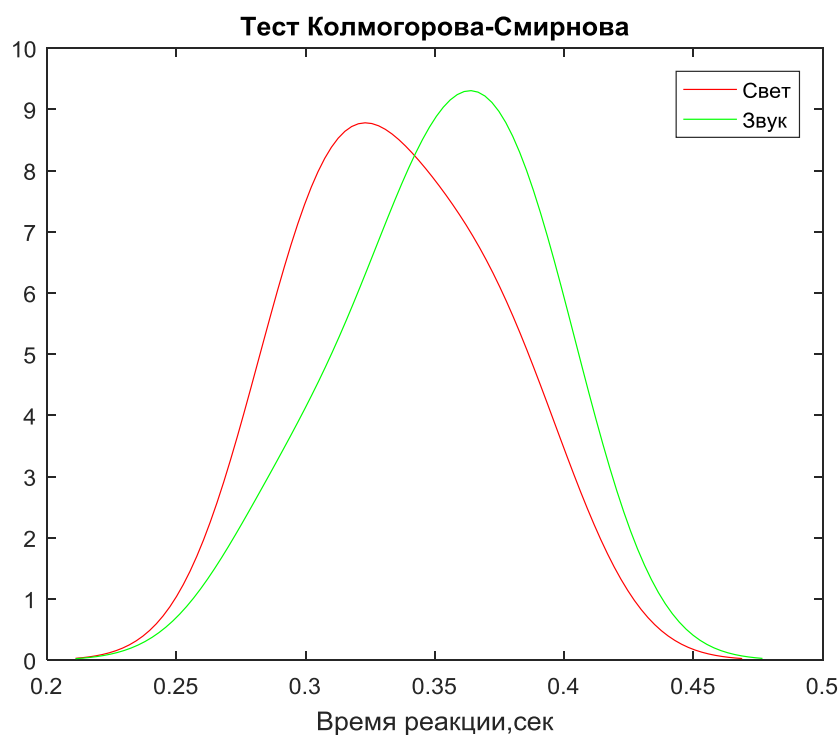


Рис. 60-Результат сравнения 2 Группы

Тест Колмогорова-Смирнова (Рис.59-60) при уровнях значимости 0,02 и 0,05 принимает гипотезу об одном характере распределения случайных величин в данных группах.

На графиках воздействие «Свет+Звук» либо имеет большую дисперсию, либо смещено относительно воздействия «Свет», это возможно, объяс-

няется тем, что воздействие «Свет+Звук» также как и «Свет» было с использованием красного цвета, и возможно в случае «Свет+Звук» звук был отвлекающим фактором

Глава 5. Специальные вопросы обеспечения безопасности

В ходе работы над решением задач использовался персональный компьютер для написания Программного обеспечения, способного генерировать световое и звуковое воздействия в случайный момент времени и фиксировать реакцию человека на них. В ходе исследований, в которых приняли участие более 50 человека, с помощью различных инструментов теории вероятности и статистической обработки данных были выявлены правила и принципы распределений реакций испытуемых. Так же требовалось время для теоретического анализа работы, которое было проведено в сети Интернет и за прочтением литературы по данной теме.

Так как созданное Программное обеспечение должно соответствовать требуемым нормам, необходимо изучить данный вопрос. Также необходимо выявить опасные и вредные факторы, сопутствующие выполнению дипломной работы, и предъявить требований для их устранения.

5.1. Основные вредные и опасные факторы при работе с компьютером

Для того, чтобы судить о безопасности жизнедеятельности необходимо ознакомиться с классификацией опасных и вредных факторов.

В соответствии с классификацией (ГОСТ 12.0.003-2015) проведен анализ опасных и вредных факторов, сопутствующих выполнению дипломной работы. Результаты анализа приведены в таблице № 8.

Опасные и вредные факторы

Операция	Используемые оборудование и вещества	Опасные и вредные факторы		Нормируемые значения параметра
		классификация	перечень	
1	2	3	4	5
Проведение расчетов и обработка результатов	ЭВМ	Физический	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которое может произойти через тело человека $U = 220 \text{ В}$, $I = 20 \text{ А}$	$U = 2 \text{ В}$, $I \leq 0,3 \text{ мА}$, при $f = 50 \text{ Гц}$
		Физический	Недостаточная освещенность рабочей зоны	$E = 300 \text{ лк}$, разряд зрительных работ-Б1
		Физический	Повышенный уровень электромагнитного излучения	$F = (5-2000) \text{ Гц}$, $E = 25 \text{ В/м}$, $H = 250 \text{ нТл}$, $f = (2-400) \text{ кГц}$, $E = 2,5 \text{ В/м}$, $H = 25 \text{ нТл}$

		Физический	Повышенная яркость света и контрастность	Не менее 35 кд/м ² , Не менее 3:1
		Психофизический	Напряжение зрения, памяти и внимания	

Во избежание последствий опасных и вредных факторов предусмотрены определённые требования.

5.2. Аспект эргономики используемого программного обеспечения.

Созданное Программное обеспечение выполняет функцию диалога между испытуемым/пользователем и кодом программы.

5.2.1. Принципы к созданию Программного обеспечения по стандарту ГОСТ Р 9241.

Установлено семь основных принципов диалога, применяемых при проектировании и оценке интерактивных систем и рассматриваемых как набор общих целей при проектировании, и критериев оценки диалога:

- приемлемость диалога для выполнения производственного задания;
- информативность;
- соответствие ожиданиям пользователей;
- пригодность для обучения;
- контролируемость;
- устойчивость к ошибкам;
- адаптируемость к индивидуальным особенностям пользователя.

Принципы организации диалога не являются независимыми и могут семантически пересекаться. В этом случае необходимо принимать компромиссные решения в отношении применения данных принципов, чтобы оптимизировать пригодность использования. Применимость и приоритет каждого принципа зависят от области применения, групп пользователей и выбранной процедуры диалога. При ранжировании принципов организации диалога необходимо учитывать:

- цели организации;
- потребности предполагаемой группы пользователей;
- особенности производственных заданий;
- доступные технологии и ресурсы.

Соответствие потребностям пользователя и относительное значение каждого принципа организации диалога зависят от области применения. Таким образом, при анализе, проектировании и оценке организации диалога необходимо рассматривать каждый принцип, однако значимость каждого принципа зависит от области применения и других требований к проекту. На этапе разработки проекта интерактивной системы, как правило, возможны компромиссные решения.

В стандарте ГОСТ Р 9241 приведен идентификационные требования к организации диалога как рабочей области между человеком и компьютером. При анализе требований к организации диалога область применения должна быть идентифицирована и определена в терминах требований пользователей производственных заданий, социальной и организационной среды. Данные области применения должны быть проанализированы для идентификации требований к организации диалога. [11]

5.2.2. Требования к созданию Программного обеспечения по стандарту ГОСТ Р 9241.

Приемлемость организации диалога для производственного задания.

Интерактивная система соответствует производственному заданию, если она помогает пользователю выполнять производственное задание, т.е. функциональность и диалог основаны на особенностях производственного задания, а не на выборе метода выполнения производственного задания.

1. В процессе диалога пользователю должна быть предоставлена информация об успешном завершении производственного задания.
2. В процессе диалога необходимо избегать предоставления пользователю информации, не обязательной для успешного завершения производственного задания.
3. Формат ввода и вывода должен соответствовать производственному заданию.

4. Если для выполнения производственного задания требуются типовые настройки, то значения таких настроек должны устанавливаться в автоматическом режиме как значения по умолчанию.
5. Этапы диалога должны соответствовать цели успешного выполнения производственного задания, т. е. должны быть включены в диалог, а ненужные исключены.
6. Если производственное задание предусматривает использование документов конкретного источника, интерфейс пользователя должен быть совместимым с характеристиками источника документов.
7. Каналы входов и выходов, предлагаемые диалоговой системой, должны соответствовать производственному заданию. [11]

Информативность.

Диалог должен быть информативен в такой степени, чтобы в любое время пользователю было ясно, в каком диалоге он находится и. если он находится в пределах диалога, какие действия и как могут быть выполнены.

1. Информация, предоставленная пользователю на любом шаге диалога, должна способствовать завершению диалога.
2. При проведении диалога необходимость в обращении к руководству пользователя и использовании другой внешней информации должна быть сведена к минимуму.
3. Пользователя необходимо держать в курсе возможных изменений в состоянии интерактивной системы с помощью:
 - сообщения, что ожидается ввод информации;
 - краткого обзора предстоящих этапов диалога.
4. При запросе ввода данных интерактивная система должна предоставить пользователю информацию об ожидаемом формате ввода.
5. Диалоги должны быть разработаны так, чтобы взаимодействие с интерактивной системой было понятным пользователю.
6. Интерактивная система должна предоставить пользователю информацию об используемых форматах и единицах измерения. [11]

В момент открытия ПО и запуска визуальной составляющей, как выглядит

окно приложения можно увидеть на Рис.61:

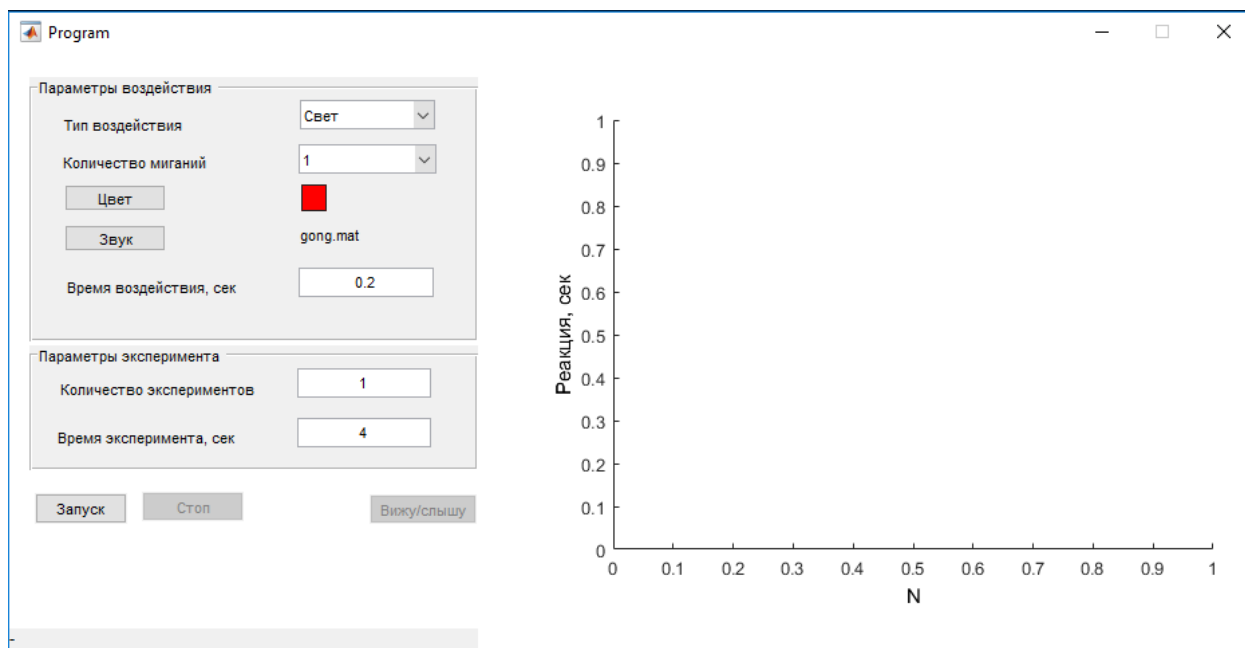


Рис.61-Вид окна ПО

Информативность полностью удовлетворяет требованиям.

Соответствие ожиданиям пользователя.

Диалог соответствует ожиданиям пользователей, если он соответствует предсказуемым, зависящим от области применения требованиям пользователя и обычно принимаемым соглашениям.

- 1.В интерактивной системе должна быть использована терминология, которую применяет пользователь при выполнении производственного задания, или терминология, которая основана на знаниях пользователя.
- 2.Пользователь должен быть обеспечен оперативной и удобной обратной связью, соответствующей его ожиданиям.
3. Если реальное время реакции системы на действия пользователя значительно отклоняется от времени, ожидаемого пользователем, то пользователь должен быть проинформирован об этом.
- 4.Диалоги должны содержать такие структуры данных и формы их организации, которые являются для пользователей обычными.

5. Форматы должны соответствовать культурным и лингвистическим соглашениям.
6. Тип и объем обратной связи или пояснений должны соответствовать потребностям пользователей.
7. Ход диалога и его внешние проявления в интерактивной системе не должны противоречить производственному заданию и параллельно выполняемым аналогичным производственным заданиям.
8. Определенное расположение поля ввода можно предсказать на основе ожиданий пользователя. и это расположение должно обеспечивать готовность к вводу, когда этого требует диалог.
9. Обратная связь или сообщения, предоставляемые пользователю, должны быть сформулированы и представлены в объективном и конструктивном стиле. [11]

Пользователь, работая с созданным ПО, ожидает в конце работы сохранить данные о разнице между временем начала воздействия и временем отклика испытуемого, эта задача выполняется-Рис.62:

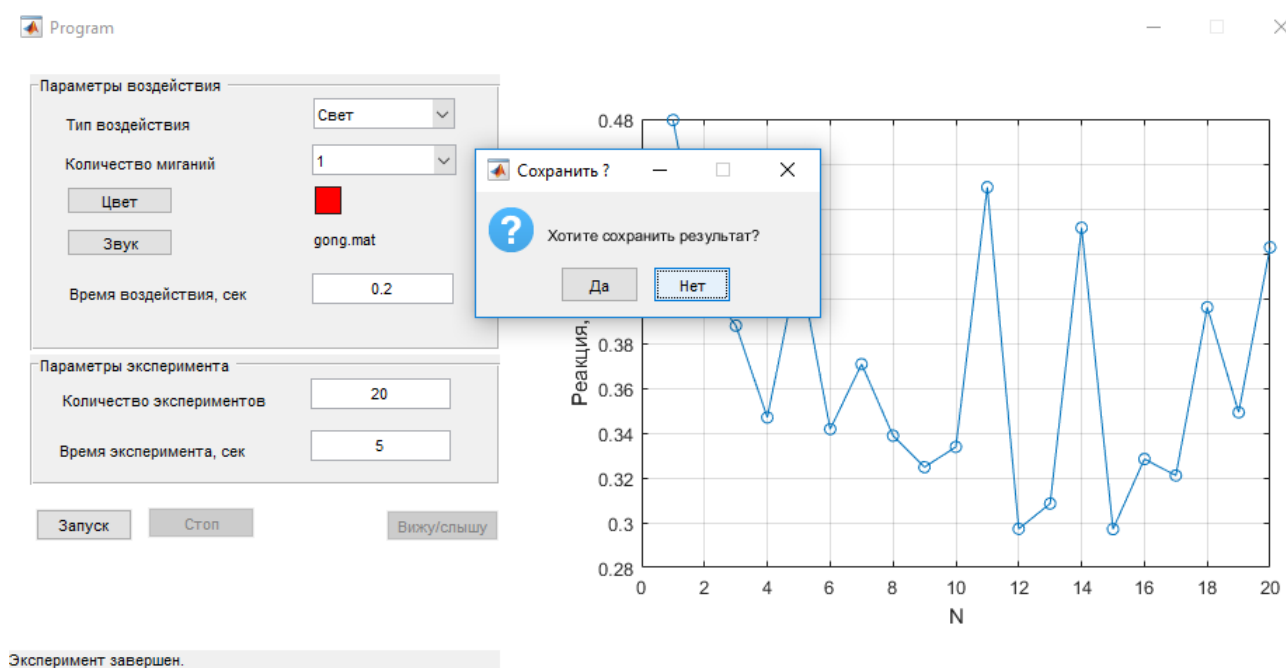


Рис.62-Вид окна ПО

Пригодность для обучения.

Диалог является пригодным для обучения, если он помогает пользователю изучать инструкции по использованию системы.

1. Правила и базовые концепции, полезные для обучения, должны быть доступны пользователю.
2. Если из-за нечастого использования диалога или характеристики пользователя необходимо повторное изучение диалога, то в таком случае должна быть обеспечена соответствующая поддержка.
3. Пользователю должна быть оказана соответствующая поддержка при его ознакомлении с диалогом.
4. Обратная связь или пояснения должны помочь пользователю в формировании понимания интерактивной системы.
5. Диалог должен обеспечивать достаточной информационной обратной связью промежуточные и конечные результаты деятельности с тем, чтобы пользователь обучался на примерах успешно выполненных действий.
6. Если интерактивная система соответствует производственному заданию и целям обучения, то она должна давать возможность пользователю имитировать этапы диалога без отрицательных последствий (опция «испытайте»).
7. Интерактивная система должна давать возможность пользователю выполнять производственное задание с минимальным изучением диалога, используя для этого систему, обеспечивающую дополнительную информацию по запросу, и вводя только минимальный объем информации, предусмотренный диалогом. [11]

Базовые концепции и правила использования ПО полностью известны пользователю перед началом работы.

Контролируемость.

Диалог является контролируемым, если пользователь имеет возможность инициировать и контролировать направление и темп диалогового взаимодействия до того момента, пока цель не достигнута.

1. Темп взаимодействия между пользователем и системой не должен зависеть от функциональных возможностей и ограничений интерактивной системы. Он должен определяться пользователем и находиться под его контролем в соответствии с потребностями пользователя и его характеристиками.
2. Пользователь должен иметь возможность выбора вариантов продолжения диалога.

3. Если диалог был прерван, то у пользователя должна быть возможность определить точку его возобновления, т.е. точку, в которой диалог будет продолжен, если это не противоречит производственному заданию.

4. Если операции производственного задания являются обратимыми и если позволяет область применения, то пользователь должен иметь возможность отменить, по крайней мере, последний этап диалога.

5. Если объем данных, соответствующих производственному заданию, является большим, то пользователь должен иметь возможность контролировать их поступление.

6. Пользователь должен иметь возможность использовать любые доступные устройства ввода-вывода, если это необходимо.

7. Пользователи должны иметь возможность изменять настройки по умолчанию, если это непротиворечит производственному заданию.

8. Если данные были изменены, то первоначальные данные должны оставаться доступными для пользователя, если это необходимо при выполнении производственного задания. [11]

Созданное ПО полностью контролируется пользователем и удовлетворяет требованиям ГОСТа.

Устойчивость к ошибкам.

Диалог является устойчивым к ошибкам, если, несмотря на очевидные ошибки на входе, предполагаемый результат может быть достигнут или без корректирующих воздействий, или с минимальным и корректирующими воздействиями пользователя. Устойчивость к ошибкам может быть достигнута посредством:

- контроля ошибок:
- исправления ошибок;
- управления обработкой ошибок для их исправления.

1. Интерактивная система должна помогать пользователю в обнаружении и предупреждении ошибок на входе.

2. Интерактивная система должна предупреждать любые действия пользователя, которые могут привести к возникновению неопределенных состояний интерактивной системы (зависания) или ее отказу.

3. Если ошибка произошла, то ее происхождение должно быть объяснено пользователю для облегчения исправления.

4. Должна быть предусмотрена активная системная поддержка исправления типовых ошибок.

5. В случаях, когда интерактивная система способна исправить ошибки автоматически, она должна извещать пользователя относительно выполненных коррекций, а также давать возможность отменять произведенные коррекции.

6. Пользователю нужно предоставить возможность отложить исправление ошибки или оставить ошибку неисправленной, если исправление не обязательно для продолжения диалога. [11]

Если во время начала работы с созданным ПО были установлены неправильные параметры или появилась необходимость прервать эксперимент, следует нажать на кнопку «Стоп», и тогда будет объявлено о конце эксперимента и о сохранении.

Адаптируемость к индивидуальным особенностям применения.

Диалог является адаптируемым к индивидуальным особенностям применения, если пользователи могут внести изменения в формат взаимодействия с системой и в формы представления информации для того, чтобы удовлетворить свои индивидуальные возможности и потребности.

1. Интерактивная система должна допускать определенную изменчивость характеристик

пользователей для того, чтобы учесть имеющееся разнообразие пользователей, особенно в тех случаях, когда наличие разброса характеристик является обычной ситуацией.

2. Интерактивная система должна предоставлять пользователю возможность выбора альтернативных форм представления информации, если эта система адаптирована к индивидуальным потребностям различных пользователей.

3. Степень подробности объяснений (например, детали в сообщениях об ошибках, объем справочной информации) должна зависеть от индивидуального уровня знаний пользователя.

4. Пользователи в случае необходимости могут создать и добавить в систему свой собственный словарь для обозначения объектов и действий.
5. Пользователь, в случае необходимости, может установить нужную скорость динамических входов и выходов, чтобы удовлетворить свои индивидуальные потребности.
6. Пользователи, в случае необходимости, могут сделать выбор между различными процедурами диалога.
7. Пользователь должен иметь возможность выбрать уровни и способы взаимодействия, которые лучше всего соответствуют его потребностям.
8. Пользователь должен иметь возможность выбрать способ, с помощью которого представлены данные ввода-вывода (формат и тип).
9. При необходимости пользователь должен иметь возможность добавить или перестроить элементы диалога, или изменить их функции для обеспечения своих индивидуальных потребностей при выполнении производственного задания.
10. Адаптируемость диалога должна быть реверсивной и должна позволять пользователю возвращаться к первоначальным параметрам настройки. [11]

Так как данное ПО предназначено для проверки индивидуального латентного времени реакции, то его адаптируемость при задании любых параметров и при использовании его любым человеком очевидна.

Вывод:

Можно сделать вывод о том, что созданное Программное обеспечение полностью соответствует требованиям стандарта ГОСТ Р 9241.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы было исследовано время реакции человека, во время различных видов воздействия (световых, звуковых и комбинированных) и были обработаны полученные результаты различными методами статистики.

В результате проделанной работе было создано программное обеспечение (ПО), которое удовлетворяет предъявленным требованиям к источнику воздействий. ПО позволяет производить необходимые эксперименты и извлекать нужные данные о времени реакции человека.

Было проведено исследований с участием различных групп людей (различные возрастные группы; люди с разной физической активностью). При проведении эксперимента с участием различных индивидуумов были получены временные интервалы.

Временные интервалы были обработаны методами статистического анализа, а также была осуществлена проверка различных гипотез, связанных с параметрами выборок.

Программное обеспечение, которое было создано для фиксации отклика на воздействие, может быть использовано как лабораторная работа, в курсе «Прикладные методы математической статистики», где в том числе изучаются различные критерии согласия и способы сравнения параметров распределений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1]- Блум Ф., Лейзерсон А., Хофстедтер Л. Мозг, разум и поведение. М., 1988 Физиология человека, под ред. Р.Шмидта, Г.Тевса, т. 1. М., 1996
- [2]- Павлов, Иван Петрович (1849-1936). Рефлекс свободы / Иван Павлов. - СПб. [и др.] : Питер, 2001. - 424 с.
- [3]-Рефлексы головного мозга : попытка свести способ происхождения психических явлений на физиологические основы : с биографией И. М. Сеченова / И. М. Сеченов.
- [4]- Ответ физиолога психологам [Текст]. - Киев : Госмедиздат УССР, 1953. - 56 с.
- [5]- Большая советская энциклопедия (БСЭ) - третье издание (1969—1978)
- [6]- Гистология, цитология и эмбриология. 6-е изд / Под ред. Ю. И. Афанасьева, С. Л. Кузнецова, Н. А. Юриной. — М.: Медицина, 2004. — 768 с. — ISBN 5-225-04858-7.]
- [7]- Д.В.Сивухин, "Общий курс физики. Оптика", Наука, 1980
- [8]- Б.М.Яворский, А.А.Пинский, "Основы физики. Том 2. Колебания и волны. Квантовая физика"
- [9]- Функции органа зрения и его гигиена // Человек : Анатомия. Физиология. Гигиена: Учебник для 8 класса средней школы / А. М. Цузмер, О. Л. Петришина, под ред. академика В. В. Парина. — 12-е изд. — М.: Просвещение, 1979.]
- [10]- Слуховая система // Физиология человека / под редакцией В.М.Покровского, Г.Ф.Коротько. — Медицина, 2007.
- [11] - ГОСТ Р ИСО 9241-110-2009: Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 110. Принципы организации диалога