

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

На правах рукописи

НГУЕН ДАНГ КУАНГ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Специальность: 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
д.т.н., доцент Авдеева Д.К.

Томск – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ (ПЭС) ЧЕЛОВЕКА.....	10
1.1 Понятие ПЭС и его влияние на здоровье человека.....	10
1.2 Методы оценки ПЭС.....	12
1.3 Электрофизиологические методы оценки ПЭС.....	15
1.3.1 Электрокардиографический метод исследования.....	16
1.3.2 Электроэнцефалография.....	21
1.3.3 Оценка кожно-гальванической реакции.....	31
1.4 Обзор существующих систем и технических средств, применяемых для оценки психоэмоционального состояния человека.....	35
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЭС ЧЕЛОВЕКА НА НАНОСЕНСОРАХ.....	48
2.1 Обоснование технических требований к измерительным схемам и программному обеспечению.....	48
2.2 Разработка измерительной схемы.....	49
2.3 Разработка устройства для съема наносенсорами ЭКГ и КГР.....	55
ГЛАВА 3. ОПИСАНИЕ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА.....	57
3.1 Описание метода обработки электрофизиологических сигналов для оценки ПЭС человека, зарегистрированных наносенсорами.....	57
3.2 Разработка алгоритма детектирования импульсов.....	69
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЭС НА ДОБРОВОЛЬЦАХ.....	71
4.1 Научная новизна программы.....	71
4.2 Цели, задачи, практическое значение программы.....	71
4.3 Дизайн исследования.....	72
4.4 Методики проведения исследований.....	74
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЭС НА ДОБРОВОЛЬЦАХ.....	89
5.1 Анализ полученных результатов.....	89
5.2 Анализ значений коэффициентов дискриминантной функции.....	106
5.3 Сравнение записей полиграмм на разработанном АПК с известными полиграммами.....	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	112
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	115

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Принципиальные схемы АПК	128
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Конструкторская документация на устройство с наносенсорами для наложения левой руки	137
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Текст программы ЛДА	154
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Текст программы детектирования импульсов	157
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Инструкция по эксплуатации АПК	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Результаты анализа исследований	194
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Акт внедрения	304

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Эмоции являются неотъемлемой частью существования человека, сопровождающей его на протяжении всей жизни и участвующей во всех сферах его деятельности. При восприятии окружающей информации сенсорная сущность определяемых понятий объектов проходит обработку мозгом и находит свое отражение в эмоциональной реакции человека. Таким образом, эмоции имеют когнитивную природу и взаимодействуют с математическими, перцептивными и вербальными функциями человека, что включает ее в любую мыслительную деятельность в том числе: исполнение профессиональных обязанностей, формирование отношения к концепциям объектов восприятия, принятие любых решений, регуляция поведения, определение собственно социальной роли и др. [135].

Переживаемые человеком эмоции закрепляют отношение человека к пережитому опыту и формируют в нем определенные страхи, комплексы, которые в дальнейшем оказывают влияние на его поведение. Под влиянием данных комплексов и страхов человек склонен принимать заведомо ошибочные решения, мешать собственной реализации как личности.

Например, избегать любой конфронтации с другими людьми из-за неуверенности в себе, сформированной эмоционально негативно окрашенным опытом в прошлом. Такое поведение не только может негативно сказаться на психологическом здоровье человека, но, так же, повлиять на деятельность окружающих, например, приведя к саботажу работы бригады работников, снижению эффективности самого человека или возникновению производственной ошибки на рабочем месте. Кроме этого, возникшие комплексы могут стать причиной самоисключения человека из социума, развитию девиантного поведения, которое в некоторых случаях может быть опасно для человека и его окружения.

Другим негативным аспектом, воздействия эмоций и неразрешенного негативного опыта является соматизация внутренних переживаний и появление у человека соматоформных заболеваний, представляющих серьезную угрозу здоровью человека.

С развитием общества и переходом его на новые уровни развития роль негативного информационного влияния эмоций на жизнь человека продолжает расти. В современном мире человеку приходится сталкиваться с огромным количеством информации, соблюдать быстрый темп работы и постоянно выдерживать социальное давление со стороны окружающих. В процессе работы, при социальном взаимодействии, принятии решений, выполнении сложных физических действий и когнитивной работе человек испытывает различные формы эмоционального стресса.

Стресс как массовое явление ментального состояния широко распространен в различных странах. Ему подвержена значительная часть населения в различных странах. Так, например, по одному из исследований в США данная часть населения составляет 40%, в Японии – 60%, Австралии – 35%, а во Франции 40% [69]. Стресс, при коротком воздействии, не оказывает значительного губительного влияния на здоровье человека, но его длительное воздействие, в итоге может привести к негативным последствиям. Такими последствиями могут стать нарушение работы различных систем организма, таких как: нервная, сердечно-сосудистая, пищеварительная, мочеполовая системы и др. Все воздействия на организм носят накапливающийся характер и незаметно для человека на ранних стадиях продолжительного стресса, особенно при быстрой динамике жизни. Человек может длительное время не уделять внимание этой проблеме, что приведет, в конечном итоге, к ухудшению качества его жизни и здоровья. В год по статистике, приведенной в [95] на ликвидацию последствий стресса в США расходуется 190 миллиардов долларов, а в странах Евросоюза – 20 миллиардов евро.

Часто воздействие стресса и внутренние нерешенные проблемы вызывают у человека такие распространенные заболевания как депрессия или состояние тревожности. По статистике ВОЗ от депрессии страдает минимум 300 миллионов человек всех возрастов, так же утверждается, что она является второй по распространенности причиной самоубийства у людей младше 30 лет [95].

Описанные выше явления негативного влияния эмоций подтверждают необходимость принятия мер для оценки психоэмоционального состояния человека (ПЭС). При этом, ввиду вовлеченности эмоций во все сферы деятельности человека, необходимо проводить оценку ПЭС не только посредством единичных визитов в медицинское учреждение для выявления скрытых причин страхов и беспокойств, фиксаций на идее, но и периодическое наблюдение во всех учреждениях, где важно следить за состоянием человека. Например, проверять человека на подходящий уровень устойчивости при приеме на работу, чтобы определить будет ли он в состоянии выполнять возложенные на него обязанности без вреда для себя и окружающих. Это позволит вести мониторинг ПЭС человека и вовремя оказывать необходимую помощь нуждающимся людям, а так же выявлять опасное для себя и окружающих поведение, тем самым сократив количество непреднамеренных убийств, самоубийств, случаев соматоформных и других заболеваний и повысить качество жизни человека в общем.

Цель диссертационной работы:

Разработка и исследование аппаратно-программного комплекса для анализа психоэмоционального состояния человека.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Разработать аппаратно-программный комплекс высокого разрешения на

наносенсорах для одновременной регистрации электрокардиограммы, электроэнцефалограммы и потенциала кожно-гальванической реакции в реальном времени без усреднения и фильтрации в расширенном диапазоне частот от 0 до 10000 Гц, уровнем от 1 мкВ, с частотой дискретизации сигналов 64 кГц.

2) Разработать специальное устройство с встроенными наносенсорами для наложения ладони с целью съёма электрокардиограммы и потенциала кожно-гальванической реакции, обеспечивающее высокую пропускную способность при массовых обследованиях ПЭС.

3) Разработать программу в программном пакете Matlab для классификации вопросов на 2 группы по параметрам зарегистрированных наносенсорами сигналов в полосе от 0 до 10000 Гц, основанную на методе линейного дискриминантного анализа (ЛДА).

4) Разработать алгоритм и программу для детектирования и подсчёта количества импульсов на зарегистрированных сигналах КГР, ЭКГ и ЭЭГ с заданным шагом.

5) Разработать программу и методики исследований ПЭС на добровольцах.

6) Провести исследования психоэмоционального состояния на добровольцах.

7) С помощью линейного дискриминантного анализа (ЛДА) определить значимость каждого параметра для деления вопросов на два класса. Провести оптимизацию количества параметров и вопросов для устойчивого деления вопросов на спокойные и волнующие.

Объект исследования – психоэмоциональное состояние человека.

Предмет исследования – аппаратно-программный комплекс высокого разрешения на наносенсорах, параметры широкополосных биопотенциалов – ЭКГ, КГР и ЭЭГ при исследовании ПЭС и определение их значимости методом линейного дискриминантного анализа (ЛДА), анализ результатов исследования ПЭС на группе добровольцев.

Методы исследований:

Теоретические и экспериментальные, основанные на теории измерительных сигналов, прикладной и вычислительной математике, прикладных программах для персонального компьютера, принципах построения современных аппаратно-программных средств.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждаются использованием аттестованного испытательного стенда, прошедшего испытания в Томском центре стандартизации и метрологии, результатами предварительных исследований ПЭС на добровольцах, достаточным объёмом проведенных исследований на добровольцах, сопоставлением полученных результатов с известными, полученными на стандартном оборудовании.

Научная новизна работы:

1) Впервые зарегистрированы на разработанном аппаратно-программном комплексе на наносенсорах при психоэмоциональном исследовании группы добровольцев

электрокардиограмма (ЭКГ), электроэнцефалограмма (ЭЭГ) и кожно-гальваническая реакция (КГР) в широком частотном диапазоне от 0 до 10000 Гц уровнем от 1 мкВ с частотой дискретизации сигнала 64 кГц в реальном времени без фильтрации в измерительном канале и последующего усреднения при обработке сигналов.

2) Впервые для оценки ПЭС в частотной полосе (0-10000) Гц зарегистрированы изменения амплитуды и количества микропотенциалов на кардиоцикле, изменения формы и амплитуды Р-зубца ЭКГ, скачкообразные изменения ЭЭГ, высокий уровень импульсной активности ЭЭГ, импульсная активность малой длительности на КГР в ответ на стрессирующее воздействие.

3) Впервые доказана с помощью метода дискриминантного анализа (ЛДА) наибольшая значимость для оценки ПЭС человека при исследовании ЭКГ, КГР и ЭЭГ аппаратно-программным комплексом высокого разрешения на наносенсорах следующих параметров: длительность импульсов ЭЭГ, размах импульсов ЭЭГ, время реакции КГР, время до реакции импульсов ЭЭГ, размах скачка на ЭЭГ, ΔU – КГР-1, количество импульсов на КГР, изменение ЧСС.

Практическая ценность работы:

1) Диссертационная работа выполнялась в соответствии с планами работ Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности ФГАОУ ВО НИ ТПУ, по проекту ФЦП «Разработка экспериментального образца аппаратно-программного комплекса для неинвазивной регистрации микропотенциалов сердца в широкой полосе частот без фильтрации и усреднения в реальном времени с целью раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти», Соглашение № 14.578.21.0032 от 05.06.2014, 2014-2016 гг.

2) Разработано устройство с встроенными наносенсорами для съёма электрокардиограммы и кожно-гальванической реакции, обеспечивающее высокую пропускную способность при массовых исследованиях ПЭС (в школах, автошколах, поликлиниках, службах безопасности различных учреждений).

3) Проведены исследования ПЭС у добровольцев в Томском НИИ кардиологии. Получен акт внедрения, приведен в Приложении Ж.

Личный вклад автора:

Основные научные теоретические и экспериментальные исследования выполнены автором самостоятельно либо при его непосредственном участии.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1) Аппаратно-программный комплекс высокого разрешения для одновременной регистрации электрокардиограммы, электроэнцефалограммы и кожно-гальванической реакции при психоэмоциональном исследовании человека в реальном времени без усреднения и

фильтрации в широком диапазоне частот от 0 до 10000 Гц, уровень которых составляет единицы и десятки микровольт.

2) Комплекс новых параметров зарегистрированных в широкой полосе частот ЭКГ, ЭЭГ, КГР для оценки ПЭС – изменения амплитуды и количества микропотенциалов на кардиоцикле, изменения формы и амплитуды Р-зубца ЭКГ, скачкообразные изменения ЭЭГ, высокий уровень импульсной активности ЭЭГ, импульсная активность малой длительности на КГР в ответ на стрессирующее воздействие.

3) Наиболее значимыми для оценки ПЭС являются следующие параметры – длительность импульсов ЭЭГ, размах импульсов ЭЭГ, время реакции КГР, время до реакции импульсов ЭЭГ, размах скачка на ЭЭГ, изменение КГР-deltaU – КГР-1, количество импульсов на КГР, изменение ЧСС.

Апробация работы:

Основные результаты проведенных исследований докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- II Международная научная конференция: «Иностранный язык в контексте проблем профессиональной коммуникации». –Томск, 27-29 апреля 2015 г.
- V Всероссийская научно-практическая конференция «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». – Томск, 25-29 Мая 2015.
- VI Научно-практическая конференция с международным участием «Информационно-измерительная техника и технологии». – Томск, 27-30 мая 2015 г.
- III Международная научная конференция «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине». – Томск, 23-26 мая 2016 г.
- VIII Международная научно-практическая конференция «Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине». – Томск, 1-3 июня 2016 г.
- XXIII Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых «ВНКСФ-23». – Екатеринбург, 1-5 апреля 2017 г.
- IV Международной конференции по инновациям в неразрушающем контроле SIBTEST 2017. – Новосибирск, 26-30 июня 2017 г.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе: 1 – в изданиях из списка ВАК, 3 – в зарубежных изданиях, рецензируемых базой цитирования SCOPUS. Получено 1 свидетельство на программу ЭВМ. Результаты исследований изложены в четырех отчетах о ПНИ, зарегистрированных в ЦИТИС.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и 7 приложений. Общий объем 306 страниц, в т.ч. рисунков – 99, таблиц – 73, библиография содержит 155 наименования. Общий объем приложений составляет 175 страниц.

Автор выражает благодарность за помощь в подготовке диссертационной работы доценту Инженерной школы информационных технологий и робототехники ФГАОУ ВО НИ ТПУ, к.т.н. Казакову В.Ю. и младшему научному сотруднику Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности ФГАОУ ВО НИ ТПУ, к.т.н. Иванову М.Л.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ (ПЭС) ЧЕЛОВЕКА

1.1 Понятие ПЭС и его влияние на здоровье человека

Согласно словарю Безруких М.М. и Фабер Д.А., психоэмоциональное состояние (ПЭС) – это особое психическое состояние человека, при котором преобладает определенная эмоциональная реакция по типу доминанты. ПЭС непосредственно связано с переживаемыми человеком эмоциями и порождающим их подсознанием.

Ученые до сих пор расходятся во мнении по поводу понятия эмоций и их классификации, так как при их исследовании во многом приходится полагаться на способность человека определять собственные эмоции, выделять степень переживания и свое отношение к этому (эмоциональное сознание), а так же на субъективное осмысление эмоций испытуемого исследователем. Данные субъективные факторы во многом затрудняют действительное определение эмоций, так как эмоциональное сознание каждого из испытуемых индивидов может различаться, а значит – может различаться степень корректности ответа. Это, в итоге, являются причиной возникновения обширного спектра классификаций. По этой причине в этой работе эмоция будет рассматриваться как психическое состояние, часть когнитивного процесса, который происходит спонтанно без каких-либо сознательных усилий, сопровождающийся физиологическими изменениями и выражающий переживание субъектом его отношение к своей личности и окружающему его информационному пространству [115].

Наиболее распространенной классификацией эмоций по их характеристикам, является классификация, построенная на когнитивной теории валентно-возбуждающего пространства. Данное пространство выражается комбинацией двух непрерывных переменных:

- валентность – характеризует знак эмоции и варьируется от отрицательной до положительной;
- возбуждение – характеризует интенсивность эмоции и ее нагрузку на когнитивные цепи мозга, варьируется от минимального до максимального.

Не менее важным критерием классификации является так же длительность эмоции. В данной классификации выделяют 2 эмоции по длительности: эмоциональное состояние и эмоциональное реагирование. Эмоциональное состояние выражает глобальное длительное переживание эмоции и характеризует общее отношение к окружению. Эмоциональное

реагирующие характеризуется внезапным возбуждением сильной эмоции, длящейся небольшой промежуток времени и показывает ответ на предъявление внезапного стимула человеку.

Эмоциональное состояние, возникающее в ответ на всевозможные экстремальные воздействия, называется стрессом. По мнению Ганса Селье, стресс – это общий адаптационный синдром или синдром биологического стресса, уравнивающий деятельность организма с постоянно изменяющимися условиями внешней среды. Стресс часто определяется как реакция организма на воспринимаемое психическое, эмоциональное или физическое воздействие. Он протекает трехфазно: реакция тревоги, фаза сопротивления, фаза истощения [63].

Во время первой фазы организм получает информацию об изменениях внешних условий и дестабилизирует внутренние системы и начинает мобилизацию защитных систем организма, чтобы противостоять негативным факторам среды.

Во время второй фазы происходит синхронизация работы различных систем организма после первой фазы и закрепления их работы в новом ритме, компенсирующем негативное воздействие окружения. На данном этапе организм справляется с внешними негативными факторами и функционирует в пределах нормы.

Третья фаза наступает после длительного стрессового воздействия, когда внутренние резервы организма заканчиваются, то есть наступает истощение. В данной фазе внешние факторы начинают негативно влиять на здоровье человека.

Влияние стрессового истощения на организм получило широкое освещение в научных работах и всесторонне исследуется различными лабораториями.

Например, Брэдли [89], Гольдштейн [100], Ламперт [137], Русалова [55] в своих исследованиях доказали, что стрессовое истощение оказывает огромное влияние на психологию людей, их поведение и их состояние организма. Проявление негативного влияния стресса на психику варьируется от легкого раздражения до неадекватного восприятия реальности и значительного изменения сознания. Кроме того, подверженные стрессу страдают от сбоев в работе многих жизненно важных систем организма и ослабления иммунитета [20, 138].

Стресс так же влияет на качество кожных покровов. Так, по словам учёных в Свободном университете Берлина одним из основных эффектов стресса на кожу является стимулирование работы сальных желез, в результате чего кожа становится менее гладкой, быстро стареет, легко покрывается прыщами. Более того могут появиться другие опасные заболевания, такие как экзема, псориаз [19].

Мышечные системы организма так же страдают от длительного влияния стресса. При стрессе гормоны, усиливающие приток крови к мышцам организма, значительно уменьшаются. В результате чего, подвижность и сократительная функция мышц становится ограниченной или

ослабленной, в том числе и перистальтика желудка. Это может привести к диспепсии, метеоризму и вздутию живота [19].

В другом исследовании в [142], отражено значительное влияние стресса на работу мозга человека. В частности постоянная бессонница, вызванная стрессом, делает мозг менее гибким, более настороженным и в некоторых случаях приводит к серьезным травмам. Согласно результатам учёных в Исследовательском центре сна в Австралии если человек не спит непрерывно 20 часов, то уровень гибкостимозга и возможность его контроля уменьшаются, и эквивалентны состоянию мозга при легком алкогольном опьянении.

Кроме этого, эмоциональная нагрузка в случаях, вызывающих длительные стрессы или приводящие к сильному эмоциональному отклику, может стать причиной развития у человека депрессии, внутренних страхов, паранойи [148] и психосоматических расстройств, вызванных соматизацией эмоций от пережитого негативного опыта [111].

В данной работе под соматизацией понимается возникновение телесных симптомов под воздействием негативных эмоций. Данное явление при длительном воздействии приводит к расстройству работы систем внутренних органов, называемое так же психосоматическим расстройством.

Эмоциональный стресс может приводить ещё к более серьёзным последствиям, в том числе развитие онкологических заболеваний. Например, в последние годы исследованиями учёных в медицинской школе Хьюстона (США) были получены доказательства того, что стресс может быть причиной нарушения работы генетического аппарата, что повышает вероятность развития онкологического заболевания [54].

Таким образом, соматизация психологических проблем, вызванная длительными стрессами, которые истощают организм, купируют его восстановительные функции и делают уязвимым к внешним враждебным организмам, является проблемой, которую необходимо воспринимать как угрожающую благополучию одного человека и общества в целом. В связи с этим исследование психоэмоционального состояния (ПЭС) человека, связанного с психологическими проблемами и стрессом, является одним из направлений, развиваемых в медицине и диагностике, и требует полноценного всестороннего изучения.

1.2 Методы оценки ПЭС

Оценка психоэмоционального состояния человека прошла долгий путь от классической психиатрии до аппаратной диагностики и, как большинство областей, связанных с мозгом,

имеет огромный потенциал для развития и исследования до сих пор. Текущие методы диагностики психоэмоционального состояния могут быть разделены по степени вовлеченности и непредвзятости в оценке наблюдателем на субъективные и объективные методы.

Субъективные методы оценки психоэмоционального состояния человека подразумевают исследование пациента специалистом (психоаналитиком, психологом) без использования контролирующих технических средств и базируются на применении методов устных и письменных опросов, специализированных тестов. Тесты направлены, в основном, на определение уровней тревоги и депрессии, выявление причин бессонницы и приступов паники, которые определяются по составленным статистическим шкалам.

Среди специализированных психологических субъективных тестов, необходимо выделить цветовые тесты Люшера, Пфистера и Фрилинга, шкала для самооценки депрессии Цунга, методику оценки стрессогенного влияния Холмса и Раге, тест уровня тревожности Спилберга-Ханина, шкалу для оценки депрессии Гамильтона, Бека и др. [18, 29, 32, 66, 67]

Цветовые методы наподобие теста Люшера, относящиеся к проективным методикам, использовали набор цветных изображений определенных оттенков, из которых испытуемому необходимо было выбирать самые приятные и неприятные. Таким образом, методом исключения формировался ряд цветов, определяющий психологическое состояние человека, эмоциональную структуру, внутреннюю мотивацию, уровень возбудимости и импульсивности.

Ланг разработал шкалу визуальной самооценки посредством графического образа фантома [89], который охарактеризовывает состояние человека по трем доменам: валентности, возбуждению и доминированию. Пациентам показывают слайд-шоу, в котором каждый рисунок оценивается графически набором графических рядов фантомов, характеризующих отношение человека к изображениям на слайдах по критериям упомянутых ранее доменов. Преимуществом выше перечисленных шкал являются простота и быстрота исследования и обработки результатов.

Шкалы опросники, наподобие шкалы Цунга, Спилберга-Ханина, Гамильтона, оценивают стрессовое состояние человека и его устойчивость нервному напряжению по результатам ответов на группу тестовых вопросов с фиксированными вариантами ответов. Другие опросники-шкалы, наподобие теста Холмса и Раге, приводят балльную оценку стрессового состояния человека, при тестировании пациента просят вспомнить предложенные в тесте события в определенный период времени. Баллы вычисляются путем суммирования соответствующих стрессогенных событий в определенный временной промежуток. Таким образом, исследователю дается возможность получения численной оценки уровня стресса и восприимчивости к нему.

Недостатками этих методов является возможная очевидность для испытуемого направленности вопросов, что часто искажает реакцию на стимул, так как исследуемый может дать заведомо ложные ответы, подсознательно или сознательно стараясь соответствовать выбранному социальному и эмоциональному образу. Во-вторых, такого рода шкалы не позволяют проводить серию повторяющихся экспериментов с испытуемым, поскольку при первом исследовании ответы легко запоминаются и нередко автоматически воспроизводятся при повторных опросах, что искажает результаты повторного тестирования, требуется формирование новых вопросников при каждом исследовании одного и того же человека.

В отличие от субъективных методов оценки психоэмоционального состояния человека, объективные методы не зависят от мнения исследуемого и исследователя, тем самым внося меньше искажений в данные экспериментов.

Существует способ бесконтактного получения информации о психофизиологическом состоянии объекта, основанный на регистрации незаметных для глаза колебаний [59]. При помощи фоточувствительного многоэлементного прибора записываются изображения объекта в промежутки времени. Затем оценивается межкадровая разница и вибрация точек живого объекта. Согласно автору, изменение психоэмоционального состояния напрямую связано с изменением частоты вибраций точек объекта [45, 49].

Развитие данной технологии привело к появлению метода регистрации периодического изменения положения точек объекта (виброизображений) и разработке системы VibraImage, разрабатываемой в Санкт-Петербурге. Данная система предназначена для исследования и анализа психоэмоционального состояния человека, полиграфии, психофизиологической диагностики, дистанционного определения потенциально опасных для окружающих и себялюдей и определения уровней эмоций. Разработанное устройство позволяет автоматически оценивать психоэмоциональный стресс, используя реакцию вестибулярно-эмоционального рефлекса. Визуализация реализуется программно в видевибро-ауры, используя данные, полученные при обработке амплитудной и частотной составляющей виброизображения. В системе видеокамера регистрирует периодическое изменение точек лица человека, частоту движений, мимику и, на основе этого распознает эмоции и психическое состояние [33].

Другим способом оценки психоэмоционального состояния человека является электробиолуминесцентный метод (ЭБЛ) [14]. В основе метода ЭБЛ лежит регистрация и оценка изменений электробиолуминесценции – свечения, возникающего под воздействием высоковольтного разряда высокой частоты вокруг живых тканей (эффект Кирлиана). Еще в конце XIX века Российским исследователем Я.О. Наркевичем-Йодко было замечено, что люминесценция больных и здоровых людей отличается. Ценность эффекта Кирлиана

заключается в том, что параметры индуцированного излучения зависят от свойств исследуемого объекта. Поэтому регистрация и анализ индуцированного излучения дают возможность сделать обоснованное заключение об энергетическом состоянии объекта.

В нормальном состоянии короны свечения вокруг пальцев (электрограммы) являются гармоничными и равномерными, а при ухудшении состояния здоровья происходят изменения в коронах свечения – признаки патологий. Перспективность современного применения метода ЭБЛ обусловлена следующими основными факторами: неинвазивность исследований, безопасность и полная стерильность, снятие информации, например, только с конечностей человека; возможность слежения за развитием процессов во времени; низкая себестоимость самого обследования.

Недостаток этого метода состоит в том, что для получения необходимого сигнала объект должен быть помещен в высокочастотное высоковольтное поле, исходя из этого, нарушается принцип получения биоэнергетического сигнала. Этот принцип заключается в том, что объект измерения не должен подвергаться активному воздействию со стороны инструмента измерения. Кроме того, методом ЭБЛ получают не действительное изображение, а программно построенную ауру всего тела пациента или какой-либо его части. Более того, при использовании эффекта Кирлиана ток на выходных каналах прибора может иметь силу около нескольких десятков миллиампер, а напряжение – десятки киловольт, что может нести угрозу здоровью человека при непосредственном контакте с пациентом.

Психоэмоциональное состояние возможно оценивать посредством анализа голоса. Использование анализа голоса для оценки психоэмоционального состояния широко распространено [11, 12, 30]. Эмоции и речь тесно взаимосвязаны [65], поэтому автоматическая и объективная диагностика ПЭС человека по его речи представляет интерес с точки зрения практического применения. По этой причине данный феномен широко исследуется различными коммерческими и научными организациями.

1.3 Электрофизиологические методы оценки ПЭС

В данное время в сфере разработки диагностических методов оценки функционального состояния систем организма человека наблюдается увеличение максимально возможного количества информации, получаемой во время медицинского обследования. Чаще всего для неинвазивного исследования в медицине и биологии применяются методики, измеряющие и

анализирующие потенциалы биоэлектрической активности, связанной с протекающими в возбуждаемых живых тканях физиологическими процессами [7].

Зарекомендовавшими и эффективными способами для исследования уровня психоэмоционального стресса человека являются методы, в которых широко применяются электрофизиологические параметры (ЭФП) организма человека. В медицинской практике широко применяется множество методов, которые позволяют обнаружить и измерить электрофизиологические параметры организма человека. К группе основных методов, применяемых для регистрации ЭФП человека, следует отнести: электроокулографию (ЭОГ), электромиографию (ЭМГ), электрокардиографию (ЭКГ), исследование кожно-гальванической реакции (КГР) и электроэнцефалографию (ЭЭГ).

Метод электроокулографии исследует электрическую активность скелетных мышц, двигающих глазное яблоко человека.

Метод электромиографии исследует изменение биоэлектрических потенциалов мышечной ткани, как отдельных волокон, так и целых групп мышц в состоянии покоя и/или цикла сокращения.

Метод электрокардиографии заключается в измерении электрического поля сердца, генерируемого во время цикла его сокращения.

Определение кожно-гальванической реакции заключается в определении таких электрических параметров, как изменение кожного сопротивления или проводимости во времени, а так же кожного потенциала.

Электроэнцефалографический метод исследует головной мозг человека, измеряя генерируемые им биопотенциалы во время работы.

Данные методы делают возможным регистрацию таких параметров, как активность мышечной ткани, изменение частоты сердечного ритма, изменение активности головного мозга и др.[68]. Согласно изысканиям, проводимым психологическими службами, многие из электрофизиологических показателей человека напрямую связаны с изменением эмоционального состояния человека.

1.3.1 Электрокардиографический метод исследования

Одним из электрофизиологических методов, применяемых при оценке психоэмоционального состояния человека, является электрокардиография. Электрокардиография – метод исследования активности сердца, основанный на записи и анализе биоэлектрических потенциалов, возбуждаемых в сердце и распространяющихся в объеме тела человека. Суть процессов, описываемых кардиограммой, состоит в следующем: повторяющиеся сокращения сердца происходят благодаря распространению по его объему

волны биоэлектрического возбуждения от синусового узла до миокарда. Таким образом, сердце генерирует вокруг себя изменяющееся периодически электрическое поле. Данное поле снимается с поверхности тела человека электродами.

Так как сердце представляет собой сложную структуру с разветвленной проводящей сетью и несколькими реполяризующимися отделами, существует необходимость применения нескольких отведений для анализа проекции векторов его поля. В медицинской практике существует несколько способов отведения электрических потенциалов сердца: по Эйнтховену, Франку, Небу, Клетену, картирование 42 отведениями [15].

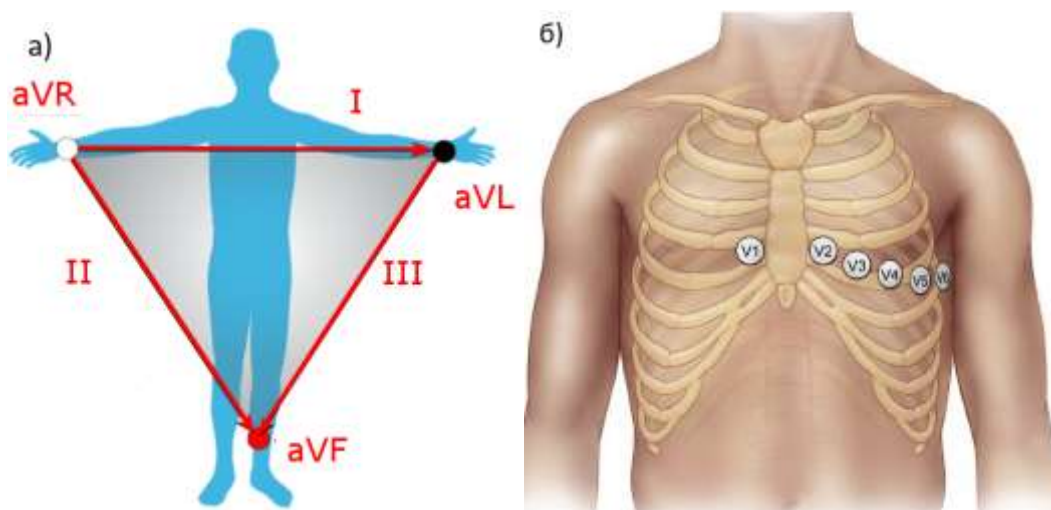


Рисунок 1.1. – Стандартные отведения ЭКГ: а) по Эйнтховену, б) по Франку

Стандартными для диагностики сердца являются двенадцать отведений, соответствующих объединенным схемам однополярного отведения по Эйнтховену и Франку (рисунок 1.1). Получаемая при снятии потенциалов электрокардиограмма представляет собой циклически повторяющийся комплекс импульсов, разбиваемый исследователями на несколько сегментов или зубцов: P, Q, R, S, T, U. При нормальном функционировании сердца форма комплекса ЭКГ может варьироваться в небольших пределах, концептуальная схема нормального кардиоцикла изображена на рисунке 1.2.

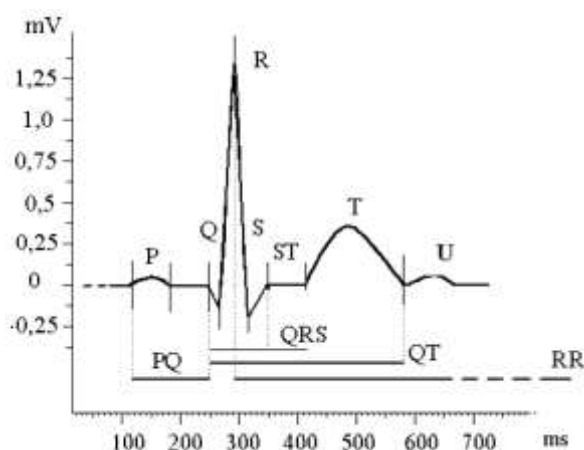


Рисунок 1.2– Стандартный комплекс кардиоцикла ЭКГ

Разнообразные отклонения формы кардиограммы от нормы позволяют специалисту-кардиологу определять наличие патологических состояний сердечной мышцы [83, 105]. По снятой электрокардиограмме возможно определить частоту сердечных сокращений, наличие нарушений ритма и патологий компонентов кардиоцикла (форма зубцов, длина интервалов, их продолжительность). Также анализируются определенные патологические нарушения структуры сердца, такие, как утолщение стенок различных отделов сердца. Благодаря ЭКГ стала возможна диагностика таких заболеваний, как стенокардия, ишемическая болезнь сердца, миокардит, инфаркт миокарда, перикардит. ЭКГ возможно использовать не только для диагностики состояния сердца, но и его реакции на эмоциональное состояние человека.

Эпидемиологические и клинические исследования показали, что психологический дискомфорт, определяемый как сознательно пережитое несоответствие между ожиданиями и воспринимаемой средой, связанной с отвращением, ужасом и др. [100], может спровоцировать как желудочковые, так и предсердные аритмии и фибрилляции [137]. В некоторых случаях серьезные переживания, вызванные личностными проблемами, стихийными, техногенными бедствиями или войнами, могут приводить к случаям внезапной сердечной смерти (ВСС).

Подобное воздействие связывают с увеличением случаев ВСС в Израиле во время бомбардировки Ираком в 1981 году [124], во время воздушных налетов в Загребе [85]. А так же землетрясения в городе Нортридж штата Калифорния в 1994 году, где было отмечено увеличение ВСС в 6 раз по сравнению с днями до и после катастрофы [120]. Повышение количества случаев ВСС свидетельствует об аритмогенном воздействии стресса, из чего следует существование значительной зависимости работы сердца и его перегрузка от переживаемых степеней тревоги и стрессов.

Влияние стресса на работу здорового и нестабильного сердец, позволяет использовать получаемую электрокардиограмму, как для анализа психологического состояния, так и для определения опасных для пациента эмоций и психологических нагрузок, анализируя фрагменты кардиоцикла.

Например, исследование, проводимое Тойвоненом в [147] с целью выявления влияния стресса на работу здорового сердца во время внезапного пробуждения, показало, что во время экспериментов происходило нарушение ритма Т-зубца и ST-сегмента. Это было связано с медленной адаптацией QT-сегмента к внезапной симпатической реакции организма. Подобные сбои в работе сердца являются неопасным явлением для здорового сердца, но аритмогенным фактором для электрически нестабильного, что в обоих случаях позволяет использовать их для оценки стресса и случаев внезапной тревожности, связанных с подсознательными эмоциональными триггерами человека. Влияние стресса на альтерацию Т-зубца так же исследовалось у пациентов с установленным водителем ритма и пережитым острым инфарктом

миокарда. В одном из таких исследований отмечалось увеличение альтерации Т-зубца, несмотря на наличие водителя ритма [118].

Кроме анализа альтераций отдельных фрагментов сердечного цикла, при оценке психоэмоционального состояния человека значимым параметром является вариабельность сердечного ритма (ВСР).

ВСР характеризуется изменением частоты сердечных сокращений от одного кардиоцикла к другому, то есть зависит от изменения длительности периодов между двумя соседними R-зубцами на электрокардиограмме [98]. Вариабельность вызвана изменением сердечного ритма, который регулируется биоэлектрическими сигналами, приходящими к синусовому узлу (СУ) от симпатической (СНС) и парасимпатической (ПСНС) нервных систем. Изменение ритма и его вариабельность меняется с угнетением активности того или иного отдела нервной системы [131].

Парасимпатическое влияние нервной системы на ВСР в первую очередь передается через блуждающий нерв, который может провоцировать быстрые изменения сердечного цикла и отвечает за колебания дыхательной синусовой аритмии (ДСА). Данные колебания ритма называются высокочастотной вариабельностью сердечного ритма (ВЧВСР), располагаемой в частотном диапазоне от 0,15 до 0,4 Гц [98, 109, 131] и часто выступают в качестве индекса активности ПСНС. Симпатическое же влияние связывают с низкочастотной вариабельностью сердечного ритма (НЧВСР), лежащей в пределах от 0,04 до 0,15 Гц [131].

В большинстве случаев исследование ВСР проводится из-за наличия прямой связи регуляции периферической нервной системы с сердечными и другими заболеваниями, такими как инфаркт миокарда, сердечная недостаточность, диабетическая нейропатия и др. [98].

В процессе таких исследований было обнаружено возможное влияние психологического состояния на работу сердца и ВСР. Прежде всего, то, что ВСР отражает способность центрального отдела автономной системы, включая префронтальную кору, центральное ядро миндалины, гипоталамуса и мозговой ствол, адаптироваться к изменениям условий окружающей среды [146]. ВСР связана со способностью человека регулировать свои эмоции и может быть ключом к определению уровня психологической гибкости [99,113].

Вариабельность сердечного ритма может использоваться для оценки состояния человека в различных условиях трудовой деятельности, физической нагрузки, уровня стресса и т.д.[80, 96, 102, 112, 114, 133, 139, 140, 145, 147, 148, 151, 153].

Например, исследования [114, 133, 145, 147] показали, что ВСР снижается у пациентов с депрессией, тревожным расстройством [145, 151], нарушением поведения, употреблением алкоголя, испытывающих чувство угрозы со стороны окружающих [133], но увеличивается у людей, находящихся в хорошем настроении, спокойствии или в моменты переживания счастья,

а так же занимающихся требующими сосредоточения занятиями или ментальными тренировками [147]. Значительным фактом являлось и то, что подобное изменение ВСП наблюдалось как у больных людей, так и у здоровых.

В других исследованиях было обнаружено, что во время положительных (счастье, удивление) и отрицательных эмоций (печаль, страх, гнев и отвращение) происходят существенные изменения в характеристиках низкой частоты и высокой частоты полосы сигналов ВСП [74, 150, 153].

В группе исследований частотный компонент ВСП, равный 0,1 Гц, связывают с утомлением, вызванным долгой умственной активностью [130].

Кроме того, было обнаружено, что на ВСП не оказывают воздействие антидепрессанты, что позволяет избежать ложных показаний при попытке намеренно ввести исследователей в заблуждение.

Измерение ВСП также используется для определения способности к социальному познанию [133] или изменений эмоционального состояния после медитации [147], количественного измерения устойчивости пациентов, страдающих от панических расстройств [151] и определения настроения и состояния депрессии у пациентов с биполярным расстройством [148].

При оценке психоэмоционального состояния человека посредством ВСП необходимо учитывать анамнез человека, а именно: наличие вредных привычек и их продолжительность [102], пол и возраст [140], индекс массы тела [112] и склонность к физической активности [96, 139]. По этой причине при оценке ВСП необходимо прибегать к индивидуальному подходу, то есть к проведению предварительного исследования, до начала интервью в контролируемых условиях, чтобы определить чувствительность парасимпатической и симпатической нервных систем.

Анализируя исследования различных групп ученых, становится очевидным, что сильное эмоциональное переживание и поддержание организма в стрессовом состоянии приводит к сбоям в сердечно-сосудистой системе, а именно: альтернации различных комплексов кардиоцикла и изменению variability ритма. Возможны значительные скачки амплитуды и частоты в моменты внезапного изменения психоэмоционального состояния человека под воздействием тематических триггеров-стимулов.

В современной электрокардиографии наметилась новая тенденция в разработке аппаратуры, работающей в расширенном диапазоне частот от 0 до 10000 Гц [61, 76, 78, 101]. Данная аппаратура не содержит стандартные фильтры, применяемые в электрокардиографах, регистрирует сигналы ЭКГ от 1 мкВ без фильтрации и усреднения. Съём осуществляется наносенсорами, размах шума которых в полосе от 0 до 10000 Гц не превышает ± 200 нВ [61].

За рубежом также проводятся исследования в расширенном диапазоне частот [126]. В [110] электрокардиограмма регистрируется с частотой 5 кГц с динамическим диапазоном 26 бит (разрешение 3 нВ) в частотном диапазоне до 2 кГц. Измерения проводились в Международном центре клинических исследований в университетской больнице Святой Анны, Брно, Чешская Республика.

1.3.2 Электроэнцефалография

Классический метод исследования ЭЭГ позволяет получать достоверную информацию о текущем психоэмоциональном состоянии человека. Метод основан на принципе регистрации интегральных потенциалов, вызванных биоэлектрической активностью отдельных зон, областей, долей головного мозга. Интегральный характер регистрируемых потенциалов обусловлен удаленностью регистрирующих электродов от источников электрических сигналов – нейронов головного мозга. Это обстоятельство приводит к эффекту интегрирования, усреднению отдельных сигналов, что ограничивает возможности метода в его классической реализации.

Как следует из определения метода, отведение исследуемых потенциалов производится с головы пациента. В большинстве случаев исследование проводится неинвазивно, а электроды накладываются на скальп человека, но в случаях, когда необходимо локализовать отдельную группу нейронов без интегрирующего эффекта соседних групп нейронов, например, в случаях исследования нейроинтерфейсов для больных тетраплегией, электроды располагаются непосредственно на коре головного мозга (субдурально) [91]. Последний вид отведения имеет ряд осложнений, присущих всем операциям на мозге, включающим имплантацию инородных тел, сообщающихся с внешней средой, поэтому подобный вид взаимодействия нежелателен при амбулаторном исследовании психоэмоционального состояния человека и проводится в ситуации критичности ситуации, соразмерной риску.

В классической неинвазивной энцефалографии при проведении исследований наложение электродов проводится по международно-принятой системе отведения 10-20 [116]. Система получила названия благодаря наложению электродов относительно костных ориентиров черепа. Согласно этой системе, точки наложения электрода вычисляются по длине медиальной линии черепа, пролегающей от переносицы до затылочного бугра и от срединной линии, пролегающей от одного внешнего слухового прохода до другого. Наложение начинается с деления длины медиальной линии на 10 долей и наложение первого электрода (Oz) и отметки линии затылочных электродов (O1, O2) на расстоянии одной доли от затылочного бугра. Еще через две доли (20%) располагается следующий центральный электрод Pзи линия теменных электродов (P4, P3). Подобным образом накладываются остальные электроды, завершая

последовательность точек на медиальной линии последним отведением Fpz, расположенным на расстоянии одной доли от переносицы. Подробная схема наложения отведений приведена на рисунке 1.3. Полная стандартная схема наложения электродов предусматривает использование 21 электрода.

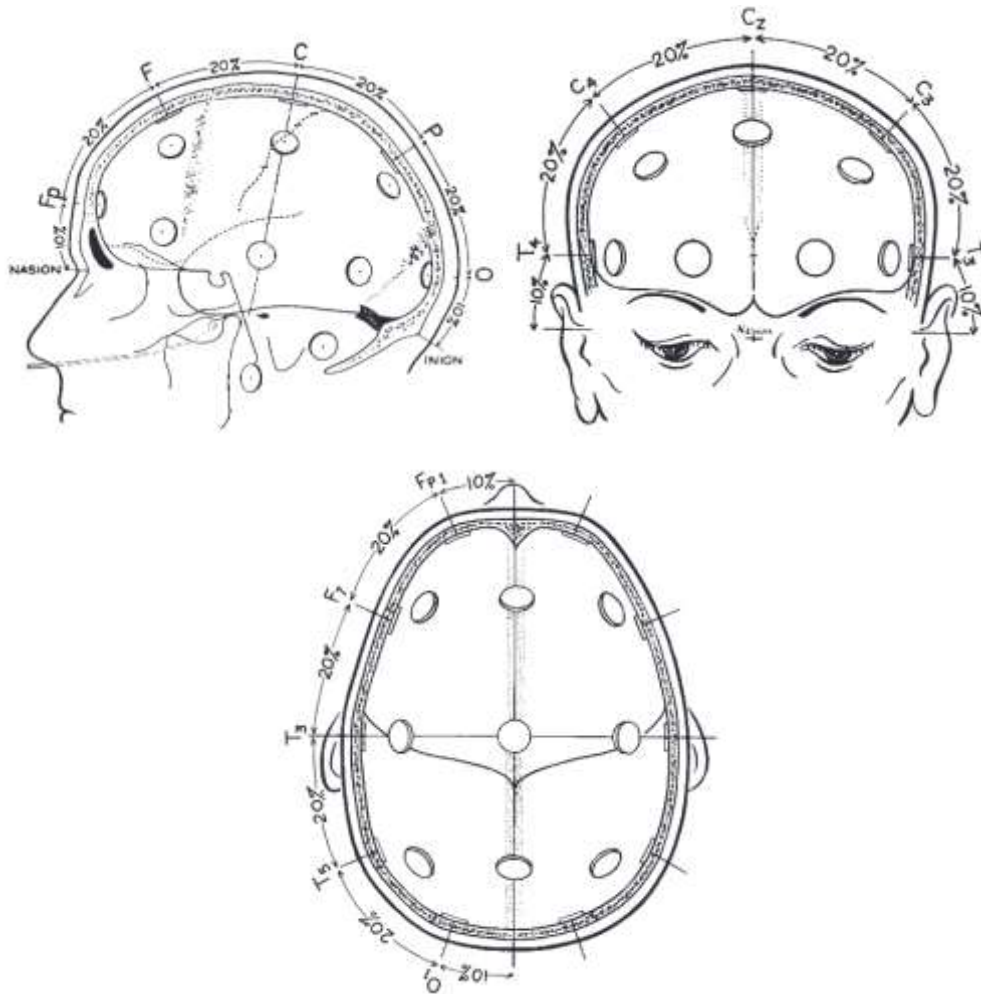
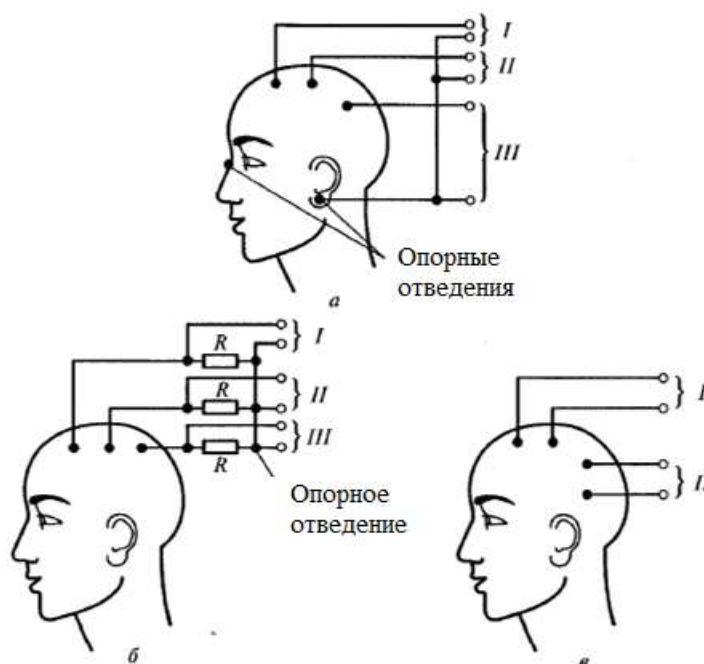


Рисунок 1.3 – Схема наложения электродов «10-20» для отведения потенциалов ЭЭГ в трех проекциях [116]

Необходимые референтные электроды располагаются на мочках ушей или на сосцевидных отростках за ушами. Дополнительные места наложения референтных электродов возможны между электродами Cz и Fz по средней линии.

В энцефалографии используются как монополярные, так и биполярные виды отведений. Монополярное отведение является самым распространенным при амбулаторных исследованиях. При данном отведении один электрод располагается в активной зоне системы наложения, а другой – нейтральной точке (Рисунок 1.4а). В практике энцефалографии так же существует методика создания опорного электрода путем объединения оставшихся активных электродов через суммирующее сопротивление в один (Рисунок 1.4б). При данном отведении добиваются наилучшей локализации сигналов с участка мозга при неинвазивном исследовании,

но значительно страдает помехоустойчивость измерительной системы, по этой причине увеличивается влияние артефактов на результаты исследований.



а – монополярное отведение, б – монополярное с опорной точкой, образованной суммированием активных отведений, в – биполярное отведение

Рисунок 1.4 – Виды отведений ЭЭГ

Биполярное отведение (Рисунок 1.4в) заключается в расположении двух активных электродов на равноудаленном расстоянии от исследуемой области, а так же использовании референтного электрода в нейтральной точке с независимым потенциалом. При данном отведении потенциала возрастает помехоустойчивость системы. Кроме того, появляется возможность определить наличие образовавшихся дорожек из проводящего геля, вносящих искажение в результаты ЭЭГ. Получаемая при данном типе отведения электроэнцефалограмма представляет собой интегрированный потенциал двух областей вокруг электродов и между ними, таким образом, при исследовании определенной области исследователь так же регистрирует «затекающие» потенциалы соседних областей, поэтому необходимо аккуратно подходить к выбору места расположения электродов и расстояния между ними.

В качестве электродов для отведения ЭЭГ с поверхности кожи используются различные датчики, как металлические, так и хлорсеребряные. По способу наложения поверхностные электроды подразделяются на приклеиваемые и накладные. Первый вид электродов обычно имеет форму пластины или округлую форму, для достижения лучшего контакта с кожей головы прикрепляются к поверхности при помощи пластыря или встроенных клейких дисков (Рисунок 1.5а).



а – приклеивающиеся, б – накладные электроды, в – мостиковые накладные

Рисунок 1.5– Поверхностные электроды для ЭЭГ

Второй вид электродов так же может иметь различную форму от плоских до скругленных электродов и закрепляется на голове при помощи шапочки, состоящей из эластичных упругих материалов для поддержания плотного контакта с кожей (Рисунок 1.5б). Кроме обычного исполнения накладные электроды могут быть выполнены в виде мостков, один из концов которого содержит проводящий стержень, обернутый губчатым материалом с проводящей пропиткой, а другой представляет твердый упор из пластика (Рисунок 1.5в). Данный вид электродов является одним из самых удобных из накладных электродов.

Необходимыми свойствами электродов являются: малый вес, устойчивость к воздействию используемых проводящих растворов и малое сопротивление.

К проблемам регистрации сигналов ЭЭГ следует отнести электрические наводки от работающего оборудования. Для минимизации внешних наводок применяют специальные схемы компенсации и заземления человека, позволяющие в значительной степени снизить их влияние.

При исследовании мозга средствами электроэнцефалографии часто выделяются основные ритмические волны (или ритмы) мозга: альфа-волна, бета-волна, гамма-волна, тета-волна, дельта-волна.

Альфа-волны (рисунок 1.6) колеблются в частотном диапазоне от 8 до 13 Гц и имеют амплитуду (30-150)мкВ [82]. Данный вид волн регистрируется в спокойном состоянии человека и хорошо локализуется в задних отделах мозга (затылочно-теменных, затылочно-височных, затылочных). Наибольшей амплитуды волны достигают в затылочной области. Происхождение волн связывают с деятельностью таламических ядер. Развитие этих ядер в процессе взросления приводит к постепенному увеличению частоты, достигая максимума в 15-20 лет и уменьшению в процессе старения.

Для данного вида волн характерна спонтанная модуляция, при которой происходит чередующееся убывание и нарастание амплитуды, образующее на ЭЭГ так называемые веретена, длительность которых находится в пределах (2-8) секунд.

Веретена альфа-ритма необходимо отделять и отличать от сонных веретен. Эти две различные категории волн наблюдаются в различных состояниях (во сне по сравнению с бодрствованием), имеют различное пространственное распределение (веретена сна имеют широкое центральное распределение, в то время как альфа-волны расположены около первичных сенсорных корковых областей), различные частоты (веретена сна – приблизительно (13-14) Гц в отличие от альфа-частот, которые изменяются между 8 и 13 Гц).

Появление и исчезновение альфа-волн ассоциируют со зрительной активностью человека, так в темноте при закрытых глазах наблюдается ярко выраженная альфа-волна. При сосредоточенном наблюдении за объектом – затылочные волны подавляются, а мю-волны – десинхронизируются. В то же время, при сосредоточенном интроспективном мышлении, решении мысленных задач дивергентным мышлением, приводит к увеличению амплитуды и общей энергии альфа-волн [84].

При патологиях мозга альфа-волны заметно изменяются по всем своим характеристикам: частота их снижается, амплитуда может, как возрастать, так и уменьшаться, а вершины волн заостряться. Так же сглаживаются региональные различия альфа-волн и снижается реактивность.

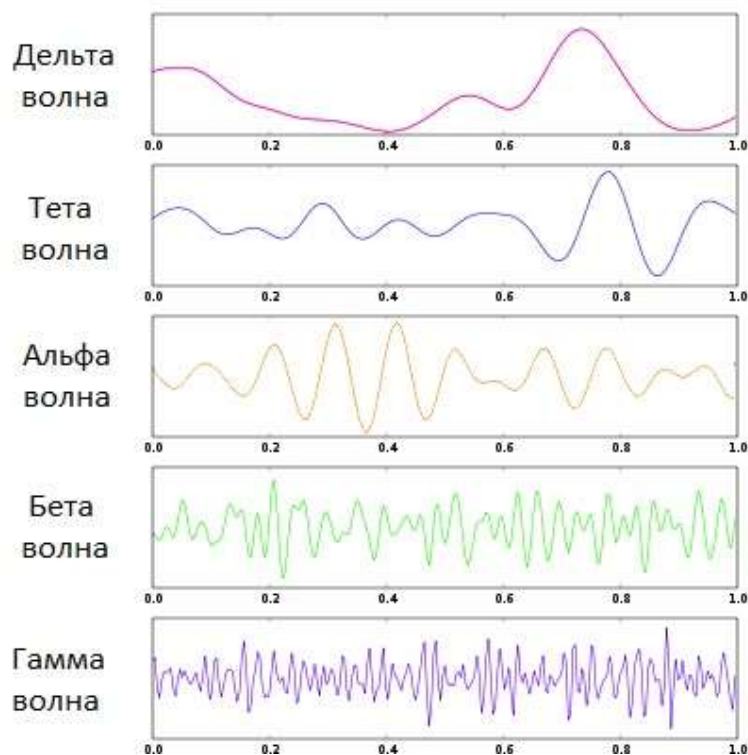


Рисунок 1.6 – Примеры кривых волн ЭЭГ

Бета-волны (13-30 Гц, 10-30 мкВ, рисунок 1.6) имеют большую выраженность в передних отделах мозга [90]. Бета-ритмы, проявляющиеся в отдельных пиках на спектрограммах, у здоровых людей обнаруживаются в различных областях коры могут быть выделены по крайней мере два различных бета-ритма: бета-ритмы с максимумами в спектрах ЭЭГ, расположенных в сенсомоторной зоне (связаны с изотоническим сокращением волокон и подавляются при смене мышечной активности), роландические бета-ритмы, и лобные бета-ритмы [79]. Они проявляются в форме пиков на индивидуальных спектрах. Однако только у немногих здоровых испытуемых выявляется отчетливый бета-ритм, и, как следствие, усредненные спектры в состояниях и с открытыми, и с закрытыми глазами имеют отчетливые максимумы в диапазоне частот бета-волн. При патологии изменению подвергаются все параметры бета-ритма: частота, амплитуда, пространственное расположение, реакции на раздражители.

Данный вид волн связывают с сильной мысленной активностью, направленной на внешнюю среду, то есть усиливающийся при необходимости быстро отреагировать на какой-либо стимул, принять решение, сосредоточиться на визуальном или звуковом раздражителе. Обычно бета-ритм увеличивается при нервном напряжении и беспокойстве, а альфа-ритм при этом уменьшается. Известно так же, что активность бета-ритма под воздействием постоянного стресса снижается, характеризуя тем самым способность мозга сопротивляться эмоциональному напряжению и давая возможность наблюдать за изменением стрессоустойчивости человека во временных рамках [103].

Гамма-волны (рисунок 1.6) находятся в частотном диапазоне от 30 до 50 Гц (в среднем 40 Гц), в некоторых случаях достигают частоты в 120 Гц, имеют амплитуду около 10 мкВ [106]. В основном, данные ритмы регистрируются в передних отделах мозга. Предполагается, что данный вид волн непосредственно связан с формированием сознания человека, а так же его способностью определять сущность объекта по визуальным стимулам [90]. Кроме того, существует предположение, что гамма-волны характеризуют сознательное восприятие человека в целом, так при повреждении таламуса человека, который связывает все сенсорные цепи мозга, гамма-волны прекращаются и человек впадает в кому [136].

Наличие этих волн связывают с обращением к зрительным образам в памяти при упоминании какой-либо концепции. Они наблюдаются при усиленной мыслительной деятельности, направленной на установление причинно-следственных связей между одним логическим понятием и другим.

Установлено, что при длительных медитациях во время максимального сосредоточения мозга на сущности объекта наблюдаются ярко выраженные когерентные гамма-волны. Подобное открытие позволяет предположить, что формирование гамма-волн связано с максимальным сосредоточением восприятия на поставленной перед мозгом задачей [121]. В то же время подавление этих волн во многом свидетельствует о наличии патологического дефицита внимания у человека [71].

Ряд исследований показал, что активность гамма-волн, регистрируемая в области миндалевидного тела, связана с переживанием негативных эмоций, закрепленных в памяти человека, ощущения чувства тревоги и страха. То есть выраженность этой волны ведет к возникновению чувства тревожности, сильному возбуждению и стрессу. В то же время, при регистрации гамма-ритма в височных долях наблюдается асимметрия ритма. Так при наличии позитивного стимула гамма-волны возникают в правой височной доле, а при негативном – в левой [28, 132].

Дельта-волны (рисунок 1.6) являются самыми медленными и большими по амплитуде волнами (0,5-3 Гц, 150-200 мкВ), место их генерации четко не определено, но в большинстве случаев эти волны регистрируются в затылочной области. У здорового взрослого человека обычно дельта-волны начинают регистрироваться во время 3 фазы сна и наблюдаются в большом количестве (более 50%) в 4 фазе. В обычном бодрствующем состоянии у здорового человека волны не наблюдаются. Известно, что данный вид волн непосредственно связан с восстанавливающими режимами сна. Отсутствие данных волн во время сна делает невозможным восстановление мозга после дня бодрствования и исцеление организма [117]. Его появление указывает на снижение тонуса коры или наличие серьезных патологий в работе мозга. Локальное появление дельта-ритма у взрослого в состоянии бодрствования

свидетельствует о наличии очагового поражения коры. При этом генерализированные высокоамплитудные колебания имеют максимум энергии в областях, граничащих с очагом поражения. Ярко выраженные дельта-волны бодрствующего человека наблюдаются у людей с острой формой дефицита внимания и гиперактивностью, нарушением функций мышления и обучения [71].

Предполагается, что дельта-активность связана с состоянием, связанным с необходимостью утоления базовых физических потребностей, таких как голод и сексуальная активность. Удовлетворение этих потребностей приводит к снижению дельта-активности, в то же время, подкрепляя сложившуюся систему вознаграждения человека. Многие теоретики связывают формирование системы вознаграждения, построенной на непреодолимом желании удовлетворения своих потребностей, с импульсивным и антисоциальным поведением. Так как неконтролируемое стремление к получению биологически связанного объекта подкрепления приписывается импульсивному, агрессивному и антисоциальному поведению. Это предполагает наличие взаимосвязи между подобным поведением и преобладанием дельта-волн в ЭЭГ [117].

Тета-волны (4-7 Гц, 100-150 мкВ, рисунок 1.6) в основном регистрируются в теменной и височной областях. Они часто присутствуют при пробуждении у взрослого человека, в состоянии дневного сна и дремоте. Прерывающиеся тета-волны наблюдаются у 35% молодых взрослых в среднелобном отделе при расслабленном бодрствовании. Также прерывающиеся волны наблюдаются билатерально и ассиметрично у пожилых людей с вероятностью в 35% [123]. Ярко выраженные тета-волны сопровождают гиперактивность, импульсивность и невнимательность, в то время, как их подавление сопровождается тревожностью, слабым эмоциональным осознанием, связанным с посттравматическим синдромом, стрессом. В нормальном состоянии, тета-волны помогают в творческом процессе, при организации эмоциональных связей, улучшении интуиции и расслаблении. Так же тета-волны участвуют в восстановительном сне [71].

Предполагается так же, что тета-волны, порождаемые в гиппокампе, участвуют и являются преобладающими при кодировании и навигации памяти человека и, связанных с этой памятью, условно рефлекторных страхов. Участие тета-волн в навигации памяти так же предполагает их вовлеченность в распознавание позитивных и негативных стимулов, ассоциирующихся со знакомыми образами. Несмотря на огромное количество областей, в которых участвуют тета-волны, основное их преобладание связывают именно с управлением памятью и относящихся к ней эмоций [117].

Наличие высокоамплитудного тета-ритма (более 40 мкВ) только в одном полушарии свидетельствует о наличии очага поражения мозга, обычно это менингиома, глиома или инфаркт.

Наличие такого разнообразия различных волн в разных частотных диапазонах и их предполагаемая одновременная вовлеченность в несколько видов деятельности такого сложного органа, как мозг, предполагает наличие множества методов оценки его работы.

Наиболее распространенными способами анализа ЭЭГ являются когерентный и спектральный анализ сигналов. Когерентный анализ используется для оценки суммарной синхронной активности структур головного мозга, то есть предполагается, что в определенные процессы мозга оказываются вовлечены специфические отделы мозга, а их когерентная активность характеризует вовлеченность их в сам процесс. Таким образом, когерентный анализ является индикатором участия различных участков мозга в какой-либо деятельности. Когерентность областей определяется коэффициентом когерентности (КК), который показывает вовлеченность коры в процесс работы. Обычно он варьируется от 0 до 1 в соответствии с возрастанием когерентности ЭЭГ в исследуемой области. К преимуществам метода следует отнести независимость коэффициента от абсолютных значений амплитуды ЭЭГ различных областей мозга. Это позволяет использовать метод при создании статистики, сопоставлении данных и формировании средних характеристик в группах пациентов со значительно отличающимися уровнями амплитуд ЭЭГ. Несмотря на данное преимущество, метод, в основном, получил распространение в научной среде, так как требует обработки значительного количества цифровой информации при картировании мозга, что затрудняет его использование в клинике [31]. Так же данный метод подвергался критике со стороны ученых ввиду его математической неоднозначности и невозможности его квалифицировать с точки зрения метрологической величины [27].

Более известный и распространенный анализ ЭЭГ исследует спектры полученных сигналов, полученные при помощи быстрого преобразования Фурье. Данный метод обширнее распространен, так как является более наглядным при обычном картировании головного мозга. При спектральном анализе оценке подвергаются группы небольших эпох сигналов с различных отведений головы. Значимыми считаются величины максимума абсолютных и средних мощностей спектра, максимальная и средняя амплитуды спектра и его компонентов [26, 31]. На основании данных проводится корреляционный анализ распределения максимальных и средних значений в частотных компонентах по отведениям, а так же строятся цветные карты распределения амплитуды, мощности спектра и средних значений частоты отдельных ритмов мозга. Построенные таким образом изображения позволяют проводить визуальную оценку

активности мозга и локализации определенных его ритмов в областях мозга, в том числе при исследовании эмоциональных откликов на стимулы.

Кроме описанных двух подходов существует еще один, связанный с анализом изменений компонентов вызванных потенциалов, таких как P300, N170, N250 [25, 73, 104, 125], возникающих как ответ на провоцирующий эмоции стимул. Но данный метод подвергается частой критике, связанной с тем фактом, что все описанные импульсы тесно связаны с условиями, в которых проведен эксперимент. Этот факт предполагает, что при изучении влияния эмоций на человека установка независимых от условий проведения эксперимента параметров будет проблематична и во многом зависит от субъективного восприятия испытуемым его окружения.

Оба метода, предполагают, что активность, свойственная мозгу, локализована в разных частях, а знак эмоции соотносится с определенным полушарием мозга [25, 55, 57, 64]. Различные исследования ученых указывают на участие передних отделов мозга в формировании эмоционального ответа, при этом наблюдается межполушарная асимметрия знаков формируемых эмоций [70]. Так было обнаружено, что положительные эмоции, связанные с приятными образами, удовлетворения от приема сладких продуктов и обработке позитивных концепций происходила активация структур левой лобной доли, а при переживании негативного опыта – правой.

По другому мнению в процессе формирования эмоций вовлечены и другие области мозга. Например, Констандовым Э.А. [25], было показано, что при возникновении негативных эмоций происходит активация затылочных отделов левого полушария, Кайзер [64] обнаружил активацию височно-теменной области. Другая группа ученых предполагает, что при формировании эмоции происходит сложный процесс, последовательно задействующий различные области мозга. Процесс состоит из трех этапов: восприятие, оценка и переживание. Первые два этапа происходят в правой височно-теменной области, в то время как, переживание эмоции осуществляется в передних отделах коры и носит асимметричный характер, относительно знака эмоции [64].

В докторской диссертации [8] отмечается актуальность применения электроэнцефалографического метода для диагностики разного рода нарушений: эмоциональных, психических, поведенческих, невротических. В данной работе создан аппаратно-программный комплекс для исследования функционального состояния мозга человека посредством одновременной регистрации импеданса в частотной полосе от 10 кГц до 1 МГц и биоэлектрической активности в диапазоне частот до 1 кГц. Анализ существующих подходов к исследованию мозга показал современную тенденцию в исследовании мозга, основанную на расширении частотной полосы, вплоть до 1 кГц.

Развитость базы по оценке психоэмоционального состояния и работы мозга, делает ЭЭГ неотъемлемой частью любой методики ПЭС. При этом стоит отметить, что наличие большого количества исследований, существующих разногласий между группами ученых, а так же неоднозначности используемых методов, свидетельствует о высокой сложности исследования такой высокоорганизованной и древней органической структуры как мозг, вызванной во многом субъективностью подхода и технологическими ограничениями оборудования. Это свидетельствует о необходимости создания единой системы оценки исследуемых параметров ЭЭГ, ее локализации, использования новых методов и устройств для оценки состояния мозга.

1.3.3 Оценка кожно-гальванической реакции

Одним из широко распространенных методов исследования реакций мозга на эмоциональные стимулы является метод измерения кожно-гальванической реакции (КГР) человека. Данный метод получил широкое распространение в полиграфах, как индикатор изменения активности вегетативной нервной системы человека. Физической основой метода КГР человека является изменение уровня возбуждения его периферической (вегетативной) нервной системы в ответ на реакцию внешнего стимула, которое модулирует ширину кровеносных сосудов, кожных пор, изменения количества выделяемых электролитов в разных слоях кожи и изменения поляризации мембран клеток эпителия. Следствием этого является изменение сопротивления (потенциала) кожи человека, которое может быть измерено с помощью электронных приборов.

На данный момент получило широкое распространение два основных метода оценки кожно-гальванической реакции: экзосоматический и эндосоматический.

Экзосоматический метод был предложен Фере. В данном методе информативным параметром состояния нервной системы является сопротивление (КС) или проводимость (КПр) кожи, которые изменяются соответственно при увеличении количества электролитов в коже. Необходимо отметить, что при использовании данного метода необходимо применение внешнего источника тока, при помощи которого оценивается падение напряжения на измеряемом сопротивлении [40]. Значение напряжения по рекомендациям должно колебаться в пределах 0,5 В, а плотность тока для безопасного использования не превышает 10 мкА/см².

Обстоятельство использования тока является поводом для критики со стороны многих исследователей, так как при измерении возможно возникновение искажений, вызванных ионизацией тканей под воздействием протекающих токов, и возникновение принудительной поляризации мембран. Кроме того, возникает вопрос целесообразности использования постоянного тока при измерении импеданса кожи, так как кожа содержит электролитические жидкости, сопротивление которых измеряется посредством переменного тока. То есть

фактически метод не измеряет действительное сопротивление кожи. Данный факт не уменьшает роли метода в исследовании психоэмоциональной реакции, а только ограничивает его возможные применения, так как для оценки реакции в большинстве случаев рассматривается динамическое изменение КГР, а не абсолютные значения. Несмотря на недостатки, описанные выше, рассматриваемый метод является распространенным ввиду простоты его технической реализации и помехоустойчивости.

Существует так же реализация метода с применением переменного тока синусоидальной формы с частотой колебаний в 30 Гц. В данной реализации удается уменьшить поляризующие эффекты тока и влияние внешних электромагнитных полей [88].

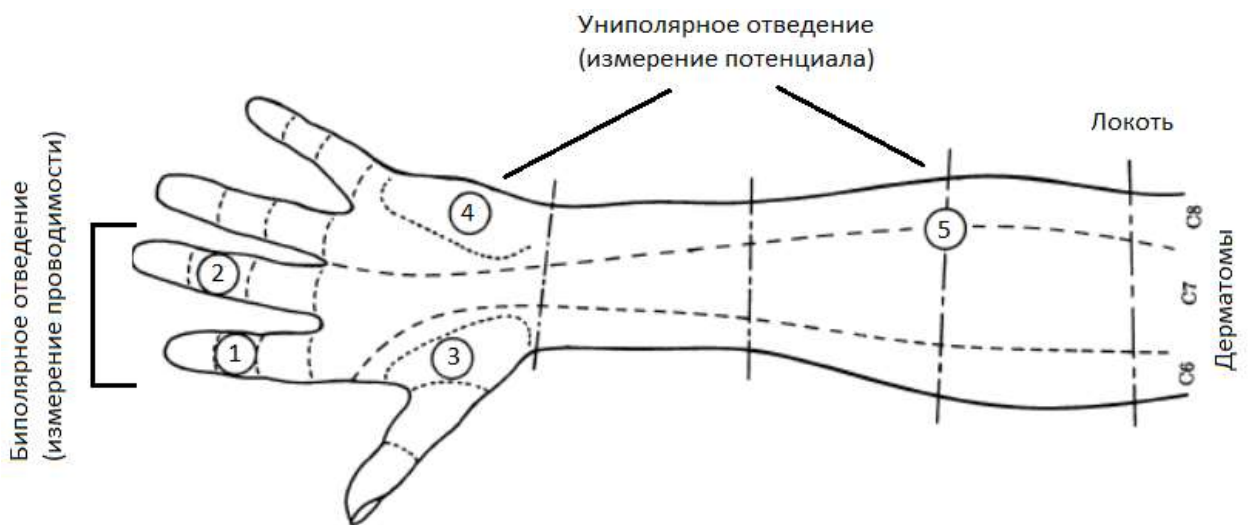
Эндосоматический метод был разработан Тархановым. В отличие от Фере, Тарханов исследовал изменение кожного потенциала (КП) в результате воздействия внешних стимулов на психику человека [40]. При исследовании КГР в основном анализируется частотный диапазон в пределах от 0,1 до 10 Гц, в то же время, известны примеры реализации приборов с диапазоном до 40 Гц и 45 Гц [72, 87]. Амплитуда кожных потенциалов согласно [122] может изменяться в пределах от +10 до -70 мВ [122]. Данный метод не так распространен, как метод Фере, так как он является менее помехоустойчивым. Кроме того, при использовании метода необходимо учитывать разность потенциалов между электродами. Не менее важным фактором является тот факт, что на потенциалы кожи влияет множество факторов, которые изменяют потенциал от одного и того же стимула произвольным образом. Это усложняет интерпретацию результатов исследования [88]. С другой стороны, использование метода Тарханова позволяет проводить электрофизиологическое исследование естественных потенциалов кожи, что расширяет его информативность и область возможных применений. При этом исследования во многом не ограничиваются существующими рекомендациями измерений и направлены на изучение потенциалов за границами принятых частотных диапазонов. Примером является исследование проводимое в Дубне [34]. В данном исследовании Назаров А.И. наблюдал реакцию у испытуемых в частотном диапазоне от 0,05 до 300 Гц, обнаружив, тем самым, новые частотные компоненты в КГР человека и подтвердив, что при существующих технологиях использование старых рекомендаций возможно является некорректным, следовательно, необходимо исследование КГР в более широких частотных диапазонах.

Несмотря на различные измеряемые величины и существенное расхождение в подходах к измерениям, экспериментальным путем на группе людей из 25 человек (при одновременном измерении по обоим методикам) было установлено, что изменения получаемых кривых обоих методов близки по форме [97].

Все методики определения кожно-гальванической реакции совпадают по методу поиска информативных поверхностей и наложению активных электродов. Обычно в практике

применяются слабополяризующиеся Ag/AgCl электроды, так как для продолжительного измерения КГР необходимо учитывать влияние поляризации материала электродов на результаты исследования.

В качестве информативных областей выбираются участки кожи с наибольшим содержанием эккринных потовых желез [40]. Выше всего концентрация таких желез на ладонях и подошвах ног (более $400/\text{см}^2$), коже лба (около $300/\text{см}^2$) [5]. Различия заключаются в том, что обычно экзосоматический метод (метод Фере) использует биполярное отведение, при котором пара активных электродов располагается в области скопления малых потовых желез, а эндосоматический метод (метод Тарханова), в большинстве случаев, – униполярное отведение, при использовании которого референтный электрод накладывается на удалении от активного электрода, например, на внутренней стороне предплечья или голени. Такое различие в расположении электродов объясняется тем фактом, что при использовании биполярного отведения в эндосоматическом методе приведет к появлению приблизительно одинаковых и противоположных потенциалов на активных точках отведения и их компенсации. Так же необходимо применение электрода, формирующего землю прибора, располагаемого отдельно от зоны проведения измерения [72, 88]. Расположение точек отведений, обычно используемых при исследовании кожно-гальванической реакции, приведено на рисунке 1.7.



1, 2, 3, 4 – точки отведения активных электродов, 5 – точка отведения референтного электрода

Рисунок 1.7 – Расположение точек отведения при исследовании КГР на ладони:

При установке электродов при измерении сопротивления рекомендуется использовать участки кожи, иннервируемые от одного источника, т.е. принадлежащих одной дерматоме, например, указательный 1 и средний 2 палец (дерматома C7) или противолежащие бугры ладони 3 и 4. Неактивный электрод располагается в нейтральной зоне, например на внутренней 5 или внешней стороне предплечья. Так же при проведении измерений на руках необходимо располагать электроды на одной руке для устранения артефактов ЭКГ и выбирать

недоминирующую деятельность человека руку [87]. Важным требованием, предъявляемым к наложению электродов, является наличие плотного однородного контакта вида «электролит-кожа», так как измерение без проводящего геля приводит к изменению межконтактного сопротивления, вызванного образованием пота в области соприкосновения электрода и кожи.

При исследовании кожно-гальванической реакции выделяют три основных компонента сигнала, которые присутствуют как в методе Тарханова, так и Фере: фазическая составляющая (реакция), тоническая составляющая (уровень), неспецифическая фазическая составляющая.

Тоническая составляющая (уровень) характеризует медленные процессы, происходящие в коже, и показывает общий фон сигнала, проводимость кожи и ее медленные изменения. Для метода Фере тоническая составляющая определяется качественными параметрами: уровень сопротивления кожи (УСК), уровень проводимости кожи (УПрК). Для метода Тарханова данная составляющая определяется качественным параметром: уровень потенциала кожи (УПК).

Тоническая активность записывается до начала стимуляции в течение 5 минут, так же оценивается ее интегральный показатель в течение всего процесса исследования.

Фазическая составляющая (реакция) характеризует быстрые изменения потенциала/сопротивления кожи, связанные с реакцией на внешние стимулы, как правило, изменения длятся несколько секунд. Для метода Тарханова фазическими параметрами является реакция потенциала кожи (РПК), для метода Фере: реакция сопротивления/проводимости кожи (РСК/РПрК). Пример кривой фазической составляющей приведен на рисунке 1.8.

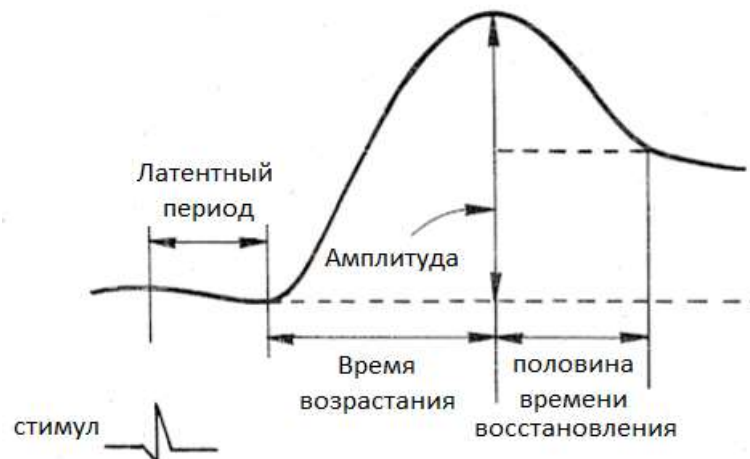


Рисунок 1.8 – Структура фазического компонента КГР

Фазическая составляющая обладает периодом латентности, который принято брать равным 1-3 секундам от начала стимула. Период роста продолжается обычно 0,5-5 секунд и достигает своей максимальной амплитуды реакции, после чего начинается фаза восстановления (релаксации), которая восстанавливает потенциал до прежнего уровня. Так как данный процесс напрямую связан с уменьшением телесных жидкостей в коже, процесс занимает долгое время,

поэтому принято брать за информативный параметр половину времени восстановления, которое соответствует времени, когда амплитуда в период восстановления падает до половины от максимального значения амплитуды реакции (см. рисунок 1.8) [87].

Так же фазическая активность может проявляться без предъявления какого-либо стимула. Подобная активность называется неспецифической или спонтанной. Данную активность принято рассматривать, как схожую по природе с тонической активностью, и анализировать в рамках всего измерения, а не как эпизодический фазический фрагмент. Данные колебания регистрируются между применяемыми стимулами после фазы отдыха. Обычно в качестве параметра приводят усредненное количество спонтанных импульсов нескольких записей.

КГР является чрезвычайно чувствительной к эмоциональному отклику, проявлению тревожности или психического напряжения, и поэтому часто применяется для определения характера ПЭС человека [4]. В то же время, данная методика не может дать оценку знака эмоции. Многие ученые полагают, что изменение сопротивления кожи, прежде всего, выражает степень нервной напряженности и никак не связана с видом эмоций [94]. При исследовании данным методом необходимо помнить, что КГР так же зависит от условий окружающей среды и требует соблюдения температурного режима и определенного уровня влажности.

1.4 Обзор существующих систем и технических средств, применяемых для оценки психоэмоционального состояния человека.

Проводимое исследование касается в основном приборов для оценки психоэмоционального состояния, основанных на электрофизиологических методах исследования, поэтому анализу подверглась только соответствующая часть рынка и научная сфера. Анализ рынка, патентных баз и научных статей показал, что отрасль исследования психоэмоционального состояния представлена небольшим количеством специализированных устройств на потребительском рынке медицинских приборов и нашла малое распространение в медицинских учреждениях. Основная область применения устройств обнаружена в сфере проведения фундаментальных медицинских исследований, связанных с поведением человека, а не клинического лечения. Научные статьи, описывающие устройства и методы проведения медицинских исследований, отражают две тенденции.

Первая тенденция направлена на применение модульной конфигурации при организации экспериментов и измерительных систем. То есть научные работы описывают системы,

состоящие из различных модулей, что обеспечивает гибкость конфигурации условий проведения эксперимента и вариативность набора измеряемых величин. Таким образом, исследователь может подстраивать систему под нужные физиологические параметры человеческого организма в случае потери актуальности и информативности параметров, использованных первоначально.

К одной из таких систем, можно отнести группу измерительных блоков для исследования электрофизиологических параметров человека, объединенных программной платформой IMOTIONS (США). Разработчики платформы заявляют о поставке продукции в такие университеты, как Гарвардский университет, Калифорнийский университет в Беркли, Нью-Йоркский университет (NYU) и Массачусетский технологический институт (MIT). В ассортименте их продукции присутствуют блоки для измерения ЭЭГ, КГР, ЭКГ, электромиографии (ЭМГ), сенсоры для слежения за положением зрачка, система анализа выражения лица, темпа дыхания. Каждый из этих элементов, выпускаемых различными производителями, может быть объединен в одну измерительную систему, как для оценки психоэмоционального состояния, так и для других целей. По заверению производителя, данная система обеспечивает удаленное исследование с высоким уровнем синхронизации биометрических данных со стимулом [107].

Другим производителем, следующим тенденции модульного проектирования систем, является BIOPAC System. Данная компания производит датчики и многоканальные блоки измерения с поддержкой организации масштабируемой измерительной телеметрической системы. Разрабатываемые сенсоры способны измерять ЭЭГ, ЭКГ, движение глаз, грудной клетки, передавая данные удаленно при помощи радиосвязи или проводным путем на стационарный телеметрический приемник исследователя.

Одним из таких устройств является беспроводной шлем B-AlertX10, предназначенный для одновременной регистрации биоэлектрической активности мозга и сердца. Шлем обладает 9 монополярными отведениями ЭЭГ и одним биполярным отведением ЭКГ. Параметры сенсорного блока приведены в таблице 1.1. В качестве датчиков в измерительном блоке используются одноразовые стальные электроды, которые покрывают специальным проводящим гелем [81].

Таблица 1.1 – Параметры сенсорного блока B-AlertX10

Параметр	Значение
Динамический диапазон, мкВ	$\pm (1000-2000)$
Полоса пропускания, Гц	0,1-67
Шум, мкВ	3

Сенсорный блок оснащен системой автоматического анализа когнитивного состояния мозга. Разработанная система применяется такими университетами как Беркли и MIT для исследования эмоций и организации обратной связи посредством анализа ЭЭГ и ВСР при поддержке исследовательской программной платформы взаимодействия IMOTIONS.

Данный подход удобен для проведения научных изысканий в области психоэмоционального исследования, но вариативность методик исследования, отсутствие стандартного набора измерительных блоков делает систему сложной для использования в промышленных масштабах с точки зрения потребителя.

Среди производителей подобных систем в российском сегменте можно отметить компанию «Медицинские компьютерные системы», производящую медицинскую технику для анализа ЭЭГ с возможностью интеграции других электрофизиологических сигналов для оценки психоэмоционального состояния «Нейровизор БММ-52» [3]. Устройство содержит 47 однополярных каналов ЭЭГ и один однополярный канал ЭКГ, дополнительно содержит 4 биполярных, гальванически изолированных канала для отведения электрофизиологических сигналов. Для отведения используются Ag/AgCl цельнопрессованные электроды. Параметры устройства приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Параметры устройства «Нейровизор БММ-52»

Параметр	Значение
Динамический диапазон	не менее ± 400 мВ (ЭЭГ), 0-4 В (ЭФ-каналы)
Полоса пропускания:	
Ряд нижней частоты пропускания, Гц	0, 0,08, 0,16, 0,32, 0,53, 1,6, 5,3
Ряд верхней частоты пропускания, Гц	500, 175, 150, 70, 30, 15
Частота дискретизации, Гц	500, 2000
Собственный шум каналов в полосе частот 0,1-30 Гц для каналов ЭЭГ, мкВ	Не более 0,9 пик-пик
Собственный шум каналов в полосе частот 0,1-30 Гц для каналов ЭФ-сигналов, мкВ	Не более 15 пик-пик

Второй подход заключается в использовании готовых аппаратно-программных комплексов с установленным набором компонентов. В Российском патентном сегменте, представляющем интерес для данного исследования, можно выделить следующие патенты РФ: RU31718, RU20824, RU2286090, RU2248745, RU2073484, RU107482, RU2510621.

Устройство для измерения психофизиологических параметров человека (патент RU31718) [56] имеет в своем составе измерительный блок, содержащий датчики ЧСС и частоты дыхания (ЧД), а так же, дополнительные датчики ЭКГ, ЭЭГ, кистевые и становые

динамометры. Это устройство регистрирует биоэлектрические сигналы и реакцию человека на основе звуковых и световых стимулов. Кроме того, оно обеспечивает анализ информации исследователем в диалоговом режиме.

Подобным устройством является устройство, описанное в патенте RU20824 [44]. Устройство содержит датчик ЧСС, ЧД, кожного сопротивления, позотонических реакций (нарушение работы мозга, вызывающее специфичные изменения положения тела в связи с отличающимся от обычного состояния тонуса мышечной ткани). Все датчики располагаются в измерительном блоке, крепящемся на голове и выполненном в виде наушников. Получаемая и обрабатываемая информация передается через радиосвязь на пульт оператора.

Устройство для определения психофизиологического состояния человека (патент RU 2286090, ООО «Содружество») [48] содержит блок-датчик, измеряющий электрическое сопротивление кожи, датчик фотоплетизмограммы, датчик артериального давления, блок выделения пульсограммы а также блок выбора комбинации тест-стимулов. Это устройство позволяет улучшать информативность, оперативность, достоверность определения психофизиологического состояния человека и обеспечивает надежность профессиональной деятельности.

Устройство для исследования функционального состояния головного мозга (патент RU2248745, «Медиком МТД») [47] использует синхронную регистрацию электроэнцефалограммы (ЭЭГ), реоэнцефалограммы (РЭГ) и электрокардиограммы (ЭКГ). Применение разработанного подхода позволяет расширить диагностические возможности при оценке психофизиологического состояния, а также исследований различных нарушений и заболеваний мозга.

Другое устройство для определения эмоционального стресса (патент RU2073484) [43] основано на регистрации частоты сердечных сокращений, частоты дыхания, измерении кожно-гальванического сопротивления и на определении кросскорреляционных коэффициентов, по значениям которых определяется уровень стресса. Устройство является портативным и конфигурируемым, что позволяет настраивать критический порог стресса, при достижении которого происходит оповещение пользователя.

Устройство для оценки психоэмоционального состояния человека (патент RU107482, ООО «Гармония») [42] использует в качестве оценки метод Фере для определения изменения электрической проводимости кожи. Прибор использует множественную фильтрацию нижних частот. Предлагаемое устройство обеспечивает повышение точности и стабильности измерения КГР, в том числе и при малозаметных психоэмоциональных реакциях человека.

Кроме устройств необходимо отметить ряд запатентованных методов оценки психоэмоционального состояния. Одним из таких методов (патент RU2510621) основан на

проведении электрокардиографического исследования и оценке состояния физиологических функций путем анализа variability сердечного ритма. То есть исследуется вегетативная регуляция физиологии человека по деятельности кардиореспираторной системы по данным пневмотахограммы и электрокардиограммы с проведением функциональных тестов с фиксированным темпом и задержкой дыхания. Этот способ может найти применение в качестве оценки функционального состояния человека путем комплексного исследования сердечно-сосудистой системы, системы дыхания, психофизиологического статуса и вегетативной нервной системы [50].

Другой метод описан в патенте RU2579422. Данный метод предназначен для определения опасных психофизиологических состояний операторов систем «человек-машина». Метод основан на измерении ЭКГ операторов в трех различных состояниях: до начала работы, во время работы на симуляторе, во время работы на настоящем объекте. Исследования ЭКГ проводятся без уведомления испытуемых. Каждая запись ЭКГ в дальнейшем анализируется на наличие variability сердечного ритма, строятся плотности распределения вероятностей ВСР. Параметры ВСР на первых двух этапах принимают за эталонные и сравнивают с параметрами, получаемыми при работе на реальном объекте [51].

Подобный метод описан в патенте RU2245251. Данный метод определяет эмоциональное состояние человека по ВСР. При этом определяют суммарную мощность в низкочастотных и высокочастотных диапазонах кардиоинтервалов. Оценка производится по значению коэффициента, равного единице в состоянии покоя. Данный коэффициент при применении в оригинальной формуле позволяет быстро и неинвазивно определить психоэмоциональное состояние и сформировать индивидуальную шкалу [46].

Из анализа патентов очевидно преимущественное использование в качестве информативных параметров проводимости кожи человека и variability сердечного ритма.

Научные работы, посвященные электрофизиологической оценке психоэмоционального состояния, в равной мере затрагивают ЭЭГ, ЭКГ, КГР и ЭМГ [71, 86, 152]. К таким разработкам можно отнести носимое устройство в [152], использующее ЭКГ, ЭМГ и КГР, а так же дополнительно исследующее температуру тела и артериальное давление. Но большинство найденных работ описывают устройства для массового использования, в которых применяются, в основном, в качестве информативных параметров КГР и ВСР. Например, в [86] разрабатываемое устройство представлено в виде перчатки и жилета, которые снимают КГР и ЭКГ. Для оценки реакции вычисляют параметры КГР и ВСР.

Рынок готовых приборов разнообразен по видам предлагаемых методик исследования, но ограничен небольшим количеством вариантов устройств.

Одной из групп устройств, применяемых для электрофизиологических исследований психоэмоционального состояния человека, являются диагностические приборы серии «ЛОТОС», разработанные НПФ «Динамика». Согласно заявлению разработчиков, устройства предназначены для оценки состояния здоровья, в том числе и оценки текущего психоэмоционального состояния человека методом картирования биоритмов мозга [52]. Для оценки состояния используется один электрокардиографический канал. Получаемая электрокардиограмма используется для вычисления ВСР в различные эпизоды стимуляции во время исследования. На основании получаемых данных проводится оценка ЦНС и вегетативной системы. Подобный же принцип работы лежит в работе устройств серии «Омега», одним из которых является «Омега М» [53].

Другой группой приборов, включающих в свои функции оценку психоэмоционального состояния человека является серия «Дионел», разработанная ООО «Центр информационных технологий «Нелиан» (Россия). Устройство использует для получения информации два канала КГР, работающих по модифицированному методу Фере (методика Суходоева В.В.). Electroды каждого из каналов располагаются на концевых фалангах 4 и 5 пальцев обеих рук. Для вызова ответа нервной системы используются аудио, видео и магнитные стимулы. По заверениям создателей устройства используемая технология позволяет определить не только реакцию нервной системы, но и функциональное состояние около 400 органов [13].

Более многофункциональным устройством является психофизиологическая система «Болеро» (Россия). Данная система предназначена для регистрации и анализа психофизиологических параметров и включает в себя каналы для исследования таких биосигналов, как: ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ, электроокулограммы (ЭОГ). Так же присутствуют и каналы психофизиологических сигналов, таких как фотоплетизмограмма (ФПГ), КГР, дыхания по назальному потоку или растяжению грудной/брюшной стенки, изменения объема мышц рук и ног с помощью сфигмо-манжеты [2, 58]. Система может использоваться для определения лжи или оценки психофизиологического состояния человека.

Аппаратно-программный комплекс ИПЭР [10] создан для проведения психологических консультаций и различных психических диагностик. Показания выдаются прибором, помогают выявить действительные причины барьеров и неудач человека. Этот прибор позволяет определять и изменять причины возникновения большинства неблагоприятных человеческих переживаний. Осуществляется это путем воздействия на психоэмоциональное состояние человека. Под воздействием индикатора психоэмоционального состояния разнообразные комплексы устраняются и искореняются, что и позволит жить полноценно каждому. Контроль состояния осуществляется при помощи биологической обратной связи, основанной на КГР.

Необходимо отметить существование отдельных специализированных групп приборов, исследующих психоэмоциональное состояние человека: полиграфы и корректоры психоэмоционального состояния с биологической обратной связью (БОС).

Полиграфы являются узкоспециализированными устройствами, направленными на выявление эмоциональной реакции, вне зависимости от ее знака, подтверждающей наличие ложного ответа со стороны исследуемого. Распространенными приборами в России являются такие устройства, как «Риф», серия «Барьер-Х», серия «Диана-0Х», «Крис», «Evero», «Энергия», «Пик-02».

Серия полиграфов «Диана-0Х» является одной из наиболее используемых. В общую комплектацию всей серии входят следующие подходы измерения реакции человека: КГР по Фере, фотоплетизмограмма, пьезоплетизмограмма, регистрация изменения дыхания, измерение общей двигательной функции, измерение изменения мимики лица и артериального давления. Для измерения КГР применяются как железные многоразовые электроды, так и одноразовые хлорсеребряные. Дополнительно функциональные возможности устройств могут быть расширены аудио-, видеостимуляцией, а так же снабжены сборником тестов и подпрограмм, предназначенных для целей полиграфии. Все системы серии «Диана-0Х» построены на базе использования персонального компьютера [21].

Другим известным российским производителем полиграфов является компания «Школа академика Варламова», производящая полиграфы «Крис», «Риф» и серию «Барьер».

Полиграф «Барьер-14» использует следующие информационные каналы: плетизмограмма, КГР по Фере, определение верхнего и нижнего дыхания, регистрация артериального давления и речевого сигнала. Так же в устройстве предусмотрено использование подушек, регистрирующих движение человека. Одной из отличительных особенностей устройства является применение специализированной шкалы возбуждения. Данная шкала позволяет предварительно оценить пригодность психологического состояния человека к процедуре опроса.

Полиграфы «Риф» и «Крис» имеют в своем составе те же информационные каналы, что и полиграфы серии «Барьер». Дополнительно данные системы содержат в себе оригинальный биоэлектрический датчик, измеряющий психологическое состояние человека с головы, который, по заверениям производителей, превосходит по результативности ЭЭГ.

Все полиграфы компании «Школа академика Варламова» выполнены в виде отдельных сенсорных блоков, которые, по утверждению производителя, позволяют измерять и обрабатывать электрофизиологические параметры, которые незаметны на других полиграфах. Кроме того устройства используют специализированные уникальные шкалы, позволяющие

выявлять эпизоды противодействия исследованию («Самоконтроль» и «Внутренняя агрессия») и готовность человека к процедуре («Возбуждение») [22, 23, 24, 60].

Среди зарубежных полиграфов можно выделить полиграфы «LX6» и «LX5000» компании «Lafayette Instrument» (США), «Paragon Acquisition System» компании «Limestone Technologies» (США), полиграф «Exciton» компании «Exciton Systems» (США), «CPS Pro» компании «Stoelting Company» (США), полиграф «ТН-В Polygraph» (Китай).

Полиграфы компании «Lafayette Instrument» «LX6» и «LX5000» выполнены в виде измерительного модуля, подключаемого к ПК. Данный модуль использует для проведения измерения следующие измерительные каналы: КГР (диапазон от 10кОм до 2,3 МОм), фотоплетизмография, измерение дыхания и артериального давления, регистрация двигательной активности. Модуль имеет разрешение в 24 бита. Для измерения электрофизиологических сигналов используются железные или хлорсеребряные одноразовые электроды. Полиграфы снабжены программными пакетами обработки биологических параметров испытуемого и набором методик и инструментов для проведения допроса [119].

Полиграф «Paragon Acquisition System» обладает информационными каналами для 2 нагрудных датчиков дыхания, одного канала КГР по Фере, 1 канала пульсоксиметрии и плетизмограммы. В качестве датчиков КГР используются золотые электроды с манжетой или одноразовые хлорсеребряные электроды. Устройство имеет разрешающую способность 24 бита. Кроме непосредственных измерений комплекс снабжен набором анализа биологических сигналов человека [41].

Полиграф «CPS Pro» позволяет анализировать следующие биологические параметры человека: изменение брюшного и легочного дыхания, изменение сердечного ритма и кровенаполнения при помощи фотоплетизмографии, артериальное давление при помощи пневматической манжеты, кожно-гальваническое изменение проводимости, сопротивления и потенциалов, двигательную активность. Кроме того, устройство дополнительно может быть сконфигурировано для измерения температуры тела, ЭКГ и других биологических параметров. Устройство использует для преобразования электрических сигналов 24-разрядный АЦП [93].

Полиграфическая система «ТН-В Polygraph» является 7-канальным устройством, измеряющим ЭЭГ, КГР, фотоплетизмограмму, дыхание (брюшное и грудное), артериальное давление и движение тела во время процедуры допроса. Отличительной чертой устройства является применение метода сравнения «отпечатка пальца» мозговых волн, основанных на регистрации волн Р-300, которые реагируют на образы, знакомые испытуемому [108].

Корректоры психоэмоционального состояния с БОС используются в терапевтических целях и имеют большее сходство с обычными приборами для оценки психоэмоционального состояния. Различие заключается в том, что в большинстве случаев, анализ психики человека

производится в полуавтоматическом режиме и применяется для организации обратной связи во время терапии. Обычно данная связь выражается в виде активной стимуляции человека соответствующими визуальными или слуховыми образами в ответ на психоэмоциональный фон пациента. Примерами таких систем являются комплексы коррекции БОС компании «Нейротех» «Колибри» и «Кинезис», а так же компании «Биосвязь».

Ниже приведена сравнительная таблица параметров некоторых приборов для исследования ПЭС (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Сравнительная таблица параметров приборов для исследования ПЭС

Название прибора	Используемые каналы	Изм. диапазон	Частота Дискретизации	Разрешение	Входные фильтры	Шум
«В-AlertX10» (США)	ЭЭГ: 9 монополярных	0,1-100Гц, ±1000мкВ	256 Гц	16-бит	ФВЧ-0,1Гц ФНЧ-100Гц	+2мкВ при 10Гц
	ЭКГ: 1 биполярный (ЧСС, амплитуда)					
«Нейровизор БММ-52» (РФ)	ЭЭГ: 47 монополярных (ЧСС, амплитуда)	от 0 Гц до 500 Гц. ±400 мВ.	500, 2000 Гц	24-бита	Режекторный фильтр сетевой помехи на частотах 50, 60 Гц	ЭЭГ: Не более 0,9 мкВ в полосе 0,1-30 Гц
	ЭКГ: 1 монополярное	от 0 Гц до 500 Гц. ±400 мВ				ЭКГ: Не более 0,9 мкВ в полосе 0,1-30 Гц
	Электрофизиологические отведения: 4 биполярных	от 0 Гц до 500 Гц. ±400 мВ				ЭФС: Не более 15 мкВ в полосе 0,1-30 Гц

Продолжение таблицы 1.3

Название прибора	Используемые каналы	Изм. диапазон	Частота Дискретизации	Разрешение	Входные фильтры	Шум
ЛОТОС (РФ)	ЭКГ: 1 биполярное отведение (ЧСС, амплитуда)	0,03-500 Гц 0,03-5 мВ	1000 Гц	12-бит	50 Гц	10 мкВ
«Омега Стандарт»	ЭКГ: 1 биполярное отведение (ЧСС, амплитуда)	0,03-500 Гц 0,03-5 мВ	1000 Гц	12-бит	50 Гц	10 мкВ
«Дианел-5120» (РФ)	Кожное сопротивление: 2 биполярных канала	5 Ом-100 МОм	-	-	-	0,02-0,11 %
Полиграф LX6 (США)	Фотоплетизмография: 1 канал	-	360 Гц	32-бита	-	-
	Датчик дыхания: 2 канала	-				
	Кожное сопротивление: 2 канала	От 10 кОм до 2,3 МОм				
	Мониторинг движения: 4 канала (датчики давления)	0-4 В				
	Артериальное давление (АД): 1 канал	0-140 мм рт.ст.				
Устройство с БОС «Кинезис» (РФ)	ЭКГ: 1 биполярное отведение (ЧСС, изменение амплитуды)	5-40 Гц ±(0.1-5.0) мВ	40 кГц	24-бита	ФВЧ: диапазон переестройки частот 0-1 Гц ФНЧ: диапазон переестройки частот от 1 Гц до 10 кГц	Не более 6 мкВ (среднеквадратичное значение)
	ЭМГ: 2 биполярных отведения	10-400 Гц ±(50-5000) мкВ				
	ЭЭГ: 4 монополярных отведения	1-30 Гц ±(10-500) мкВ				
	Общие параметры аппаратного блока	0-10 кГц 0,1 мкВ-200 мВ				

Продолжение таблицы 1.3

Название прибора	Используемые каналы	Изм. диапазон	Частота Дискретизации	Разрешение	Входные фильтры	Шум
Полиграф «CPS pro» (США)	АД: 1 канал	0-200 мм рт.ст.	384 Гц	24-бита	-	-
	Сфигмограмма: 1 канал (артериальный пульс)	0-200 мм рт.ст.				
	Фотоплетизмограмма: 1 канал	-				
	Кожное сопротивление: 2 биполярных отведения	100 кОм-10 МОм				
	Кожный потенциал: 1 монополярное отведение	±100 мВ				
	Изменение дыхания: 2 канала	-				
	Голосовая запись: 2 канала	-				
	Физиологический: 1 биполярный канал ¹	±4 В				
Полиграф «Paragon» (США)	Изменение дыхания: 2 канала	-	80 Гц	24-бита	-	-
	Регистрация движения: 3 канала ²					
	Оксиметрия: 1 канал ³					
	Фотоплетизмография: 1 канал					
	Кожное сопротивление: 1 биполярное отведение					

Анализ производимых устройств показал их однотипность и малое разнообразие методов и подходов, несмотря на развитие производства современных материалов и вычислительных технологий. Большинство устройств опираются уже на существующие методики, которые разработаны более чем 30 лет назад. При этом усовершенствование

направлено, в основном, на математический анализ, минимизацию устройств, применение беспроводных технологий, повышая тем самым удобство использования и анализа, а не углубления изучения феноменов при определении ПЭС.

В то же время, некоторые производители реализовывают подходы, направленные на расширение амплитудных и частотных диапазонов исследования биологических сигналов. Например, в полиграфе «Крис» и исследовательской системе «Болеро» используется чувствительное оборудование, которое, по словам изготовителей, способно регистрировать сигналы, невидимые для большинства современных полиграфов. Данный факт говорит о существующей необходимости расширения границ исследования электрофизиологических параметров ПЭС.

На Российском рынке только единицы приборов обеспечивают подобный многосторонний анализ психофизиологии человека. Остальная часть основана на исследованиях одного определенного или нескольких параметров, по результатам которых ставится диагноз психологического состояния человека. При этом от одного устройства к другому набор параметров не меняется на протяжении многих лет, оставляя «белые пятна» в исследовании психофизиологических процессов человека. Такой подход не дает полной картины состояния пациента и может являться причиной постановки неправильного диагноза и ошибочного формирования курса лечения. При этом наличие научных трудов, освещающих проблему важности психологического здоровья человека в различных сферах его деятельности, а так же наличие исследований, пытающихся раскрыть связь между ПЭС и электрофизиологическими процессами в организме с использованием сложных масштабируемых измерительных систем, показывает нерешенность проблемы и ее обострение на фоне существующих устройств для исследования ПЭС. Таким образом, анализ показывает необходимость создания новых устройств и внедрения новых методов, использования расширенных частотных и амплитудных диапазонов, а так же, поиска новых маркеров для определения и анализа ПЭС человека.

Выводы

В результате проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы:

1) В современном мире стрессы вызывают у человека такие распространенные заболевания как депрессия или состояние тревожности.

2) Необходимо проводить оценку ПЭС не только посредством единичных визитов в медицинское учреждение для выявления скрытых причин страхов и беспокойств, фиксаций на идее, но и периодическое наблюдение во всех учреждениях, где важно следить за состоянием человека.

3) Для исследования ПЭС применяются как субъективные, так и объективные методы исследований.

4) Эффективными способами для исследования уровня психоэмоционального стресса человека являются методы, в которых широко применяются электрофизиологические параметры человека, основанные на регистрации электрокардиограммы, электроэнцефалограммы, электромиограммы, электроокулограммы и кожно-гальванической реакции.

5) Для развития методов оценки психоэмоционального состояния человека в настоящее время наблюдается тенденция создания новых методов и технических средств, работающих в расширенном диапазоне частот.

6) Существующая аппаратура для оценки ПЭС функционирует в стандартных частотных диапазонах, имеет низкую разрешающую способность, содержит фильтры, ограничивающие сигналы как в области нижних, так и верхних частот.

7) Разработка технических средств и методов оценки ПЭС, регистрирующих сигналы в расширенном диапазоне частот от 0 до 10000 Гц без фильтрации и усреднения с высокой частотой регистрации позволит получить новую информацию об уровнях сигналов и времени реакции на стрессирующее воздействие, неискаженное фильтрами.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЭС ЧЕЛОВЕКА НА НАНОСЕНСОРАХ

2.1 Обоснование технических требований к измерительным схемам и программному обеспечению

С целью развития электрофизиологических методов оценки психоэмоционального состояния человека необходимо разработать специальный аппаратно-программный комплекс (АПК) на наносенсорах высокого разрешения как по уровню, так и по времени, в полосе частот от 0 до 10000 Гц.

Уровень шумов экспериментальных образцов наносенсоров, как показали технические испытания [17], по мгновенному значению (± 200 нВ) в частотном диапазоне от 0 до 10 кГц. Благодаря этому шум канала измерительного сигнала определяется преимущественно шумом микросхем, а так же электронных компонентов, уровень которых растет с расширением полосы частот. Шумы измерительного канала носят аддитивный характер, то есть, не связаны с сигналом, и могут быть практически устранены с помощью широкополосной фильтрации. Внешние помехи также могут быть исключены из результата измерения. Таким образом, шумы наносенсоров определяют нижний предел измерения измерительного канала.

Комплекс должен обеспечить измерение не менее трёх электрофизиологических параметров без фильтрации и усреднения и иметь следующие характеристики:

- Уровень регистрируемых сигналов от 1 мкВ.
- Частота дискретизации, не менее 64 кГц.
- Частотный диапазон от 0 до 10000 Гц.
- Длительность импульсов от 0,2 мс.

Требования к программному обеспечению:

- Программное обеспечение должно обеспечить измерение амплитуды зарегистрированных сигналов (от 1 мкВ), их длительности, времени реакции и задержки реакции на задаваемый вопрос (от 0,2 мс), измерение частоты сердечных сокращений.

- В программном обеспечении должно быть предусмотрено устранение сосредоточенных помех и собственного шума АПК.

- Должно быть разработано программное обеспечение для классификации ответов на вопросы на две группы: волнующие (стрессорирующие) и спокойные (нейтральные).

2.2 Разработка измерительной схемы

Аппаратно-программный комплекс, рисунок 2.1, состоит из:

- инструкции по эксплуатации;
- руководства пользователя;
- заглушки для разъема АПК;
- набора наносенсоров;
- кабеля сопряжения наносенсоров и измерительного блока;
- персонального компьютера (ПК);
- кабеля связи измерительного блока с ПК;
- измерительного блока.



Рисунок 2.1 – Аппаратно-программный комплекс для исследования ПЭС

В состав аппаратной части комплекса входят специальные электроды для проведения электрофизиологических исследований (наносенсоры) [61] и электронные компоненты для регистрации и обработки зарегистрированных сигналов, изображенные в принципиальных схемах, Приложение А. Исходя из метрологических характеристик наносенсоров, реализована аппаратная часть комплекса. Высокая помехоустойчивость и стабильность, так же низкие шумы неполяризующихся сенсоров делают возможным исключение из прибора фильтрующих звеньев. Аппаратная часть для регистрации электрофизиологических биопотенциалов нановольтовых и микровольтовых уровней изображена на рисунке 2.2.

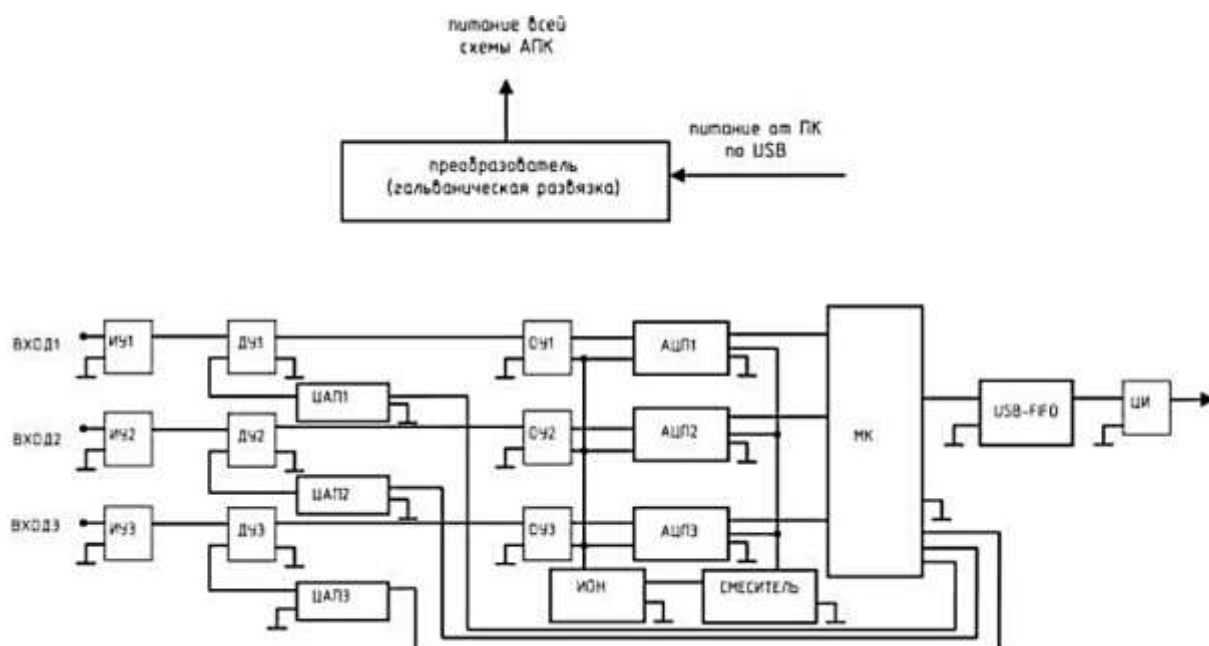


Рисунок 2.2 – Функциональная схема АПК

Отведенные с наносенсоров биоэлектрические потенциалы передаются на входы инструментальных усилителей (ИУ) DA1-DA3. Затем, усиленные сигналы поступают на входы операционных усилителей (ОУ) DA4- DA6 (см. Приложение А).

Получаемые на выходе после обработки аналоговые сигналы отводимых биопотенциалов передаются на входные каналы блока аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Данный блок построен на базе микросхемы ADS131E08IPAGRTQFP64. Микросхема ADS131E08 представляет собой многоканальный 24-битный сигма-дельта аналого-цифровой преобразователь с возможностью осуществления выборки данных во всех каналах одновременно. Микросхема включает в себя источник опорного напряжения, встроенный генератор тактовых импульсов, а так же усилители с регулируемым коэффициентом усиления. К важным достоинствам данной микросхемы необходимо отнести возможность производить до 64 тысяч выборок информации в секунду.

Компонент ATxmega256A3-AU представляет собой восьмиразрядный микроконтроллер (МК), созданный на основе ядра RISC. В микросхеме используется высокопроизводительная 32-битная архитектура MIPS и последовательный интерфейс SPI. Так же в компоненте применена технология прямого доступа к памяти. Благодаря этому возможна организация канала связи для высокоскоростного обмена данными с подключаемыми устройствами.

Компонент ADUM4160BRWZ представляет собой четырехканальный цифровой изолятор, имеющий малую задержку пропускания сигнала, не превышающую 70 нс, а так же, высокую скорость передачи информации (до 12 Мбит/с). Микросхема предназначена для организации гальванической развязки для USB. Характеристики микросхемы (напряжение

изоляции до 5 кВ) позволяют применять ее в электрических приборах медицинского назначения.

Компонент ADuM5000 (Analog Devices) является изолированным преобразователем постоянного тока (DC/DC), обладающим мощностью 0,5 Вт, тепловой защитой от перегрузки, а так же напряжением изоляции 2500 В. Характеристики данного компонента позволяют его использовать для создания цепи питания с гальванической развязкой для изолированной части измерительного устройства.

Преобразователь интерфейса USB двунаправленной связи FT245RL использует параллельную буферизацию FIFO. Данная микросхема используется для оптимальной организации канала двунаправленной связи АПК с компьютером оператора, достигая при этом скорости обмена информацией до 12 Мбит/с при минимальных затратах ресурсов. Устройство микросхемы позволяет сделать канал связи устройств универсальным и позволяет установить соединение с большинством видов существующих микроконтроллеров через порты передачи данных I/O. В организованном канале преобразователь осуществляет обмен данными при помощи двунаправленной параллельной восьмиразрядной шины (D0-D7).

Компонент NCP1117LPST33T3G представляет собой линейный стабилизатор напряжения (3,3 В и 1А), обладающий малым входным и выходным падением напряжения.

Компонент LM2621 представляет собой повышающий преобразователь постоянного напряжения с низковольтным входом. Микросхема обладает такими преимуществами, как экономичное потребление тока, не превышающее 80 мкА; частота преобразования, достигающая 2 МГц; низкий уровень пульсации, а так же высокая производительность, достигающая 90%. Данная микросхема используется для формирования напряжения величиной 5,5 В для аналоговой подсистемы устройства.

Компонент DAC7513 представляет собой 12-разрядный последовательный преобразователь цифрового сигнала в аналоговый (ЦАП). Микросхема совместима интерфейсами большинства типов микроконтроллеров. На частоте 30 МГц происходит синхронизация в компоненте. Присутствующий регистр «rail-to-rail» обеспечивает диапазон сигнала выхода «шина-шина». Период установления сигнала на выходе составляет 10 мкс. Через порт USB данные переносятся на дисплей портативного или стационарного компьютера.

Таблица 2.1 – Технические характеристики АПК

Параметр	Значение
Ток, потребляемый АПК в режиме записи	Неболее 300 мА
Диапазон входных напряжений при регистрации сигнала	от $\pm 1,0$ мкВ до ± 10 мВ
Частотный диапазон	от 0 до 10000 Гц
Частота дискретизации	64000 Гц
Входной импеданс	Не менее 10 Мом
Неравномерность АЧХ в диапазоне от 0 до 10000 Гц	от ± 20 % до ± 10 %
Постоянный ток в цепи пациента	не более 0,1 мкА
Диапазон измеряемых длительностей микропотенциалов	от 0,2 мс до 100 мс

Технические характеристики АПК на наносенсорах для исследования ПЭС человека определены по результатам испытаний АПК на специальном оборудовании, аттестованном ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Томской области».

Для компьютера разработано программное обеспечение (ПО), которое включает в себя набор процедур (инструментов) для записи и обработки сигналов с нескольких каналов, их спектров и возможных присутствующих шумов.

Для обработки сигнала программа предоставляет следующий набор процедур.

Процедуры чтения сигнала в первоначальном формате, соответствующем формату программы записи оцифрованных сигналов. При регистрации сигналов данные сохраняются в трех файлах.

Каждой из процедур соответствует собственное отдельное окно, по причине того, что для корректной работы каждой из процедур требуется наличие собственного набора вспомогательных функций. Окно процедуры содержит группу вкладок и вспомогательных окон. Вспомогательные окна могут быть использованы для отображения процесса выполнения процедур (процедуры, требующие длительных вычислений), для уведомления об ошибках и др.

Рекомендуется следующая общая последовательность работы операторас блоком обработки сигнала с нескольких каналов, рисунок 2.3:

- 1) Оператору из главного окна блока необходимо вызвать окно для чтения файла с сигналом в первоначальном формате.
- 2) В данном окне оператору необходимо выбрать сигнал и считать его.
- 3) Оператору необходимо просмотреть график сигнала для всех каналов, который строится по данным, взятым непосредственно из файла в первоначальном формате.
- 4) Необходимо выделить малый фрагмент сигнала, требующий изменения – цифровая фильтрация и др.
- 5) Необходимо преобразовать данные фрагмента сигнала во внутренний формат из первоначального формата.
- 6) Преобразованный фрагмент просматривается и анализируется во всех каналах. В

случае, если фрагмент не подходит для работы, оператору необходимо вернуться к пункту 3.

7) В случае необходимости вычисляется спектр сигнала для всех каналов.

8) В случае необходимости фрагмент сигнала, его спектр для всех каналов сохраняется оператором в файлах внутреннего формата программы. При сохранении указывается имя файла и его расположение на накопителе информации.

9) Оператору необходимо закрыть окно для чтения файла первоначального формата и вернуться в основное окно блока.

10) Из основного окна блока оператору необходимо вызвать окно, требуемое для выполнения желаемой процедуры преобразования или фильтрации сигнала.

11) Оператору необходимо выделить один из каналов требующего обработки сигнала.

12) После того, как сигнал был преобразован, оператору необходимо перейти к обработке следующего канала.

13) При необходимости, обработанный сигнал и его спектр сохраняются в файлах внутреннего формата программы. При сохранении указывается имя файла и его расположение на накопителе информации.

14) Оператору необходимо закрыть окно преобразования сигнала и вернуться в основное окно блока.

15) В случае, если необходима дальнейшая обработка сигнала, то оператор должен перейти к пункту 10. Если обработка не требуется, то оператор должен закрыть программу. Работа с программой может быть завершена и по другим причинам, например, в случае окончания рабочего дня оператора. Работа с программой может быть продолжена при следующем запуске. Для этого требуется загрузить сохраненные файлы, содержащие подвергнутые обработке сигнал и его спектр.

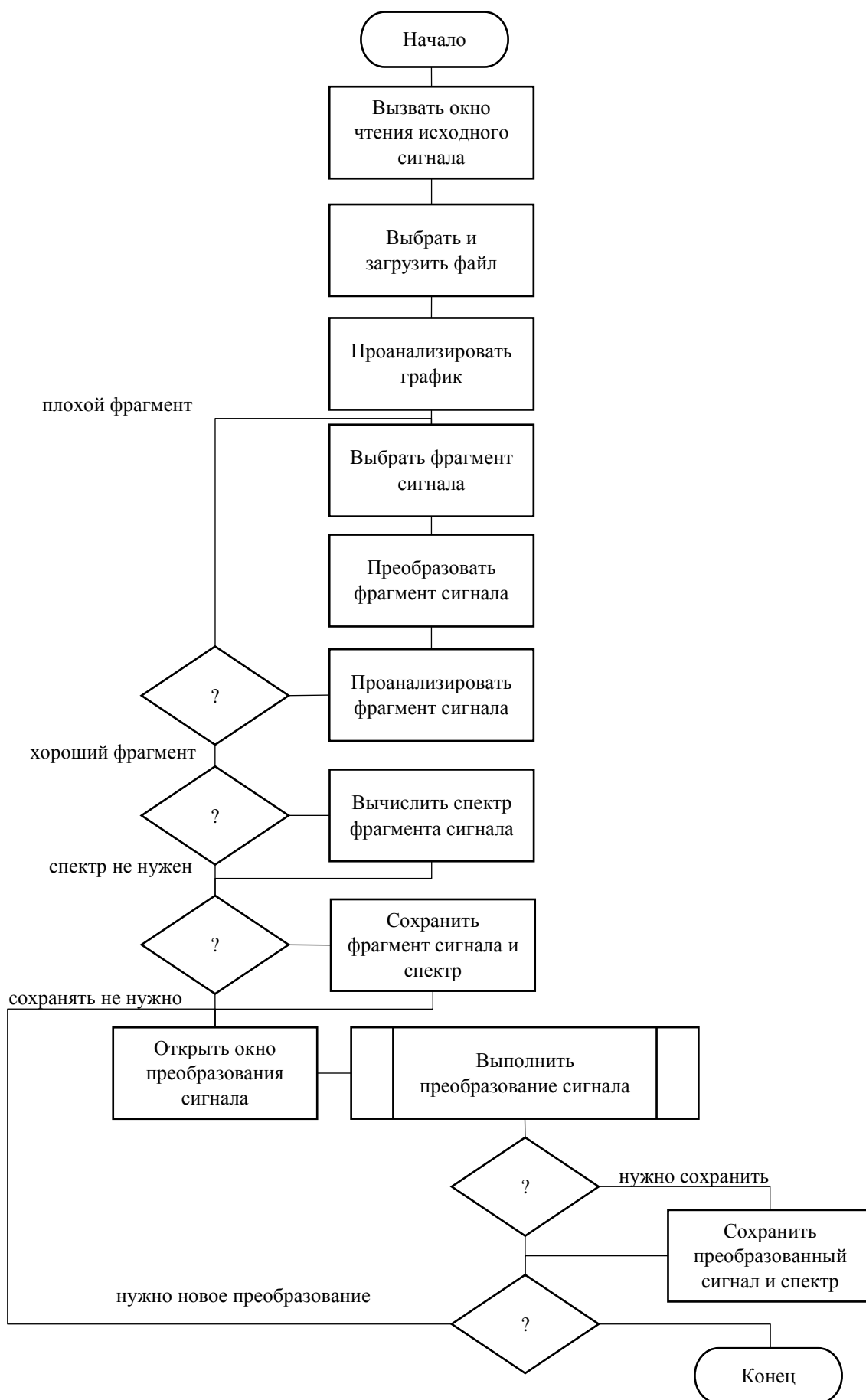
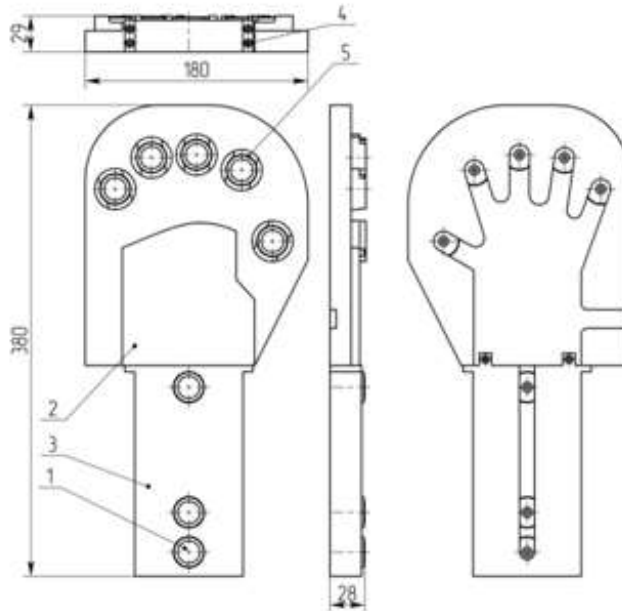


Рисунок 2.3 – Блок-схема работы с программой

2.3 Разработка устройства для съема наносенсорами ЭКГ и КГР

На рисунке 2.4 представлен сборочный чертёж устройства для наложения левой руки.



1 – наносенсор, 2 – опора, 3 – основание, 4 – винт, 5 – уплотнительное кольцо

Рисунок 2.4 – Сборочный чертёж устройства для съёма ЭКГ и КГР с левой руки

Фото устройства для наложения левой и правой руки представлены на рисунках 2.5 а, б.

а)

б)



а) устройство для наложения левой руки, б) устройство для наложения правой руки

Рисунок 2.5 – Фото устройств для наложения левой и правой руки

В Приложении Б представлена конструкторская документация на устройство для наложения левой руки.

ВЫВОДЫ

1) Сделано обоснование технических требований к измерительным схемам и программному обеспечению.

2) Разработан трехканальный аппаратно-программный комплекс на наносенсорах для регистрации ЭКГ, КГР и ЭЭГ в реальном времени в широкой полосе частот от 0 до 10000 Гц, уровнем от 1 мкВ, с частотой дискретизации 64 кГц без фильтрующих звеньев в измерительной цепи для оценки ПЭС.

3) Разработано специальное устройство для наложения левой и правой руки для съёма наносенсорами ЭКГ и КГР для оценки ПЭС, приемлемое для массовых исследований.

ГЛАВА 3. ОПИСАНИЕ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

3.1 Описание метода обработки электрофизиологических сигналов для оценки ПЭС человека, зарегистрированных наносенсорами

Для обработки биомедицинских сигналов получили применение регрессионный анализ [92], кластерный анализ [154], метод нейронных сетей [143], генетический анализ [134], линейный дискриминантный анализ (ЛДА) [6, 62, 155].

Для принятия решений по психоэмоциональному состоянию человека необходимо учитывать большое количество переменных, измеряемых в ходе исследования. Для решения подобных задач используют методы многомерного статистического анализа. Целью эксперимента является классификация вопросов на нейтральные вопросы и вопросы, вызывающие заметное отклонение от обычного состояния (стресс) у исследуемого. При этом регистрируются биомедицинские сигналы (реакции) при ответах на нейтральные и стрессирующие вопросы, которые заранее заготовлены. Имеется также набор контрольных вопросов. Это типичная задача распознавания для двух классов с обучением. Для данной задачи наиболее подходит метод линейного дискриминантного анализа Фишера [6]. Данный классический метод широко используется в биомедицинских исследованиях, в частности, в задачах диагностики заболеваний [62, 155].

Линейный дискриминантный анализ требует выполнения ряда предположений. Вектор наблюдений $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$ должен относиться к одному из двух классов, имеющих многомерные нормальные распределения с различными математическими ожиданиями и одинаковыми матрицами ковариации. В данном исследовании данные предположения выполнены.

Пусть X матрица наблюдений для нейтральных и стрессирующих вопросов

$$X(p, m+n) = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m+n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pm+n} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Столбцы данной матрицы содержат реакции, как на нейтральные, так и на стрессорирующие вопросы.

Первым шагом обработки данных является их нормировка по формуле

$$x_{ij}^H = \frac{(x_{ij} - x_{i\min})}{(x_{i\max} - x_{i\min})}. \quad (2)$$

Здесь $x_{i\max}$, $x_{i\min}$ - максимальные и минимальные значения параметров в i -ой строке. Далее индекс «H» будем опускать. Разобьем матрицу $X(p, m+n)$ на две матрицы, содержащие реакции на нейтральные и стрессорирующие вопросы соответственно.

$$X(p, m) = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \dots & x_{pm} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

$$Y(p, n) = \begin{pmatrix} y_{11} & \dots & y_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1} & \dots & y_{pn} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

где m – количество нейтральных вопросов; n – количество стрессорирующих вопросов; p – количество переменных;

Среднее значение:

$$M_X = \begin{pmatrix} \mu_{x_1} \\ \vdots \\ \mu_{x_k} \end{pmatrix}, M_Y = \begin{pmatrix} \mu_{y_1} \\ \vdots \\ \mu_{y_k} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где

$$\mu_{x_i} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}, \quad (6)$$

$$\mu_{y_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n y_{ij}. \quad (7)$$

Выборочные ковариационные матрицы вычисляются по формулам (8) и (9):

$$C_X = \frac{(X - M_X) \cdot (X - M_X)^T}{m-1}, \quad (8)$$

$$C_Y = \frac{(Y - M_Y) \cdot (Y - M_Y)^T}{n-1}. \quad (9)$$

Объединенная ковариационная матрица C_{XY} определяется следующим образом:

$$C_{XY} = \frac{(m-1) \cdot C_X + (n-1) \cdot C_Y}{m+n-2}. \quad (10)$$

Коэффициенты дискриминантной функции определяются по формуле (11):

$$\vec{a} = (C_{XY})^{-1} \cdot (M_X - M_Y), \quad (11)$$

где $(C_{XY})^{-1}$ - обратная матрица C_{XY} .

Значение дискриминантных функции для 1-класса (нейтральный):

$$f_1 = (a^T \cdot X)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_{im} \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Значение дискриминантных функции для 2-класса (стрессирующий):

$$f_2 = (a^T \cdot Y)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^k a_i \cdot y_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k a_i \cdot y_{in} \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Значение средней дискриминантной функции для 1-класса (нейтральный):

$$f_{1m} = a^T \cdot M_X = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}. \quad (14)$$

Значение средней дискриминантной функции для 2-класса (стрессирующий):

$$f_{2m} = a^T \cdot M_Y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot \sum_{j=1}^n y_{ij}. \quad (15)$$

Константа дискриминации вычисляется по формуле:

$$C = \frac{1}{2} \cdot (f_{1m} + f_{2m}). \quad (16)$$

Здесь предполагается, что априорные вероятности принадлежности объектов первому и второму классам равны 0,5. Стоимости ошибочной классификации одинаковы.

После получения константы дискриминации можно провести классификацию новых объектов (контрольные вопросы). Пусть матрица $Z(p, k)$ содержит параметры контрольных вопросов, k – количество контрольных вопросов. Для того чтобы отнести эти вопросы к одному из двух классов, рассчитаем для них значения дискриминантных функций по формуле:

$$f_z = (a^T \cdot Z)^T. \quad (17)$$

Если $f_{z_j} \geq C$ (j меняется от 1 до k), то неизвестный j -порядковый вопрос в матрице Z принадлежит к первому классу, т.е. к нейтральным вопросам. Аналогично, если $f_{z_j} < C$ то, неизвестный вопрос в матрице Z принадлежит ко второму классу.

Значение дисперсии дискриминантной функции оценивается по формуле:

$$S_f^2 = a^T \cdot C_{XY} \cdot a. \quad (18)$$

Выборочное расстояние Махаланобиса вычисляется по формуле:

$$D^2 = \frac{(f_1 - f_2)^2}{S_f^2}. \quad (19)$$

Оценки вероятности ошибок первого и второго рода одинаковы и вычисляются по формуле (20):

$$\text{Pr} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{-D/2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (20)$$

Здесь t – переменная интегрирования.

Данный алгоритм был реализован в программном пакете Matlab, Приложение В.

Далее приводим пример обработки исследуемого №5.

```
>>QN=[2;3;5;6;7;8;9;11;19;20];
>>QS=[1;4;13;14;15;16;18;23;24;25];
>>QK=[10;12;17;21;22];
>>LDA('volunteer510x10.txt',25,10,10,5,10,QN,QS,QK)
```

Переменные:

sss =

deltaU - КГР(мкВ)

Изменение ЧСС

Размах импульсов КГР(мкВ)

Размах ЭЭГ(мкВ)

Размах скачка ЭЭГ (мкВ)

Время реакции КГР(с)

Время до реакции ЭЭГ(с)

Время до скачки ЭЭГ(с)

Длительность импульсов ЭЭГ(с)

Длительность скачки ЭЭГ(с)

%Данные

ans =

0

X =

1.0e+003 *

Columns 1 through 9

2.2000	0.2000	0.3000	2.4000	2.0000	0.2000	0.7000	0.7000	0
0.0020	0.0055	0.0020	0.0070	0.0087	0.0060	0.0050	0.0085	0.0030
0	0	0	0	0.2200	0	0	0	0
0.0800	0	0.0450	0	0	0	0	0	0

0.1500	0	0	0.2500	0	0	0	0	0
0.0030	0.0060	0.0040	0.0060	0.0035	0.0025	0.0050	0.0040	0
0.0030	0	0.0063	0	0	0	0	0	0
0.0077	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0030	0	0.0000	0	0	0	0	0	0
0.0005	0	0	0.0020	0	0	0	0	0

Columns 10 through 18

0.5000	0.6000	0	0.4500	0.4500	0.2000	0.7500	0	0.8000
0.0040	0.0045	0.0050	0.0060	0.0025	0.0030	0.0160	0.0047	0.0150
0	0	0	0	0	0.2200	0.2000	0.2500	0.3000
0	0	0	0	0.0800	0	0.0300	0	0.0500
0	0	0	0.1500	0.2500	0.1000	0.2500	0.2200	0.4000
0.0050	0.0040	0	0.0090	0.0025	0.0040	0.0030	0	0.0080
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.0200	0	0	0	0.0215	0
0	0	0	0	0.0080	0	0.0030	0	0.0020
0	0	0	0.0010	0.0015	0.0020	0.0015	0.0005	0.0020

Columns 19 through 25

0.1250	0	2.4500	0	0	0.4000	0.9500
0.0040	0.0025	0.0040	0.0020	0.0150	0.0080	0.0030
0	0	0	0	0	0	0
0.1100	0	0.0350	0	0	0.0600	0
0	0	0.0700	0	0.2100	0.2700	0.2250
0.0060	0	0.0040	0	0	0.0020	0.0030
0.0026	0	0.0195	0	0	0	0
0	0	0.0195	0	0	0	0.0033
0.0002	0	0.0030	0	0	0.0015	0
0	0	0.0025	0	0.0007	0.0060	0.0005

%Нормировка

XN =

Columns 1 through 9

0.8980	0.0816	0.1224	0.9796	0.8163	0.0816	0.2857	0.2857	0
0	0.2500	0	0.3571	0.4786	0.2857	0.2143	0.4643	0.0714
0	0	0	0	0.7333	0	0	0	0
0.7273	0	0.4091	0	0	0	0	0	0

0.3750	0	0	0.6250	0	0	0	0	0
0.3333	0.6667	0.4444	0.6667	0.3889	0.2778	0.5556	0.4444	0
0.1538	0	0.3221	0	0	0	0	0	0
0.3581	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3750	0	0.0037	0	0	0	0	0	0
0.0833	0	0	0.3333	0	0	0	0	0

Columns 10 through 18

0.2041	0.2449	0	0.1837	0.1837	0.0816	0.3061	0	0.3265
0.1429	0.1786	0.2143	0.2857	0.0357	0.0714	1.0000	0.1929	0.9286
0	0	0	0	0	0.7333	0.6667	0.8333	1.0000
0	0	0	0	0.7273	0	0.2727	0	0.4545
0	0	0	0.3750	0.6250	0.2500	0.6250	0.5500	1.0000
0.5556	0.4444	0	1.0000	0.2778	0.4444	0.3333	0	0.8889
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.9302	0	0	0	1.0000	0
0	0	0	0	1.0000	0	0.3750	0	0.2500
0	0	0	0.1667	0.2500	0.3333	0.2500	0.0833	0.3333

Columns 19 through 25

0.0510	0	1.0000	0	0	0.1633	0.3878		
0.1429	0.0357	0.1429	0	0.9286	0.4286	0.0714		
0	0	0	0	0	0	0		
1.0000	0	0.3182	0	0	0.5455	0		
0	0	0.1750	0	0.5250	0.6750	0.5625		
0.6667	0	0.4444	0	0	0.2222	0.3333		
0.1333	0	1.0000	0	0	0	0		
0	0	0.9070	0	0	0	0.1535		
0.0250	0	0.3750	0	0	0.1875	0		
0	0	0.4167	0	0.1167	1.0000	0.0833		

%нейтральные вопросы

X1 =

Columns 1 through 8

0.0816	0.1224	0.8163	0.0816	0.2857	0.2857	0	0.2449
0.2500	0	0.4786	0.2857	0.2143	0.4643	0.0714	0.1786
0	0	0.7333	0	0	0	0	0
0	0.4091	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0		
0.6667	0.4444	0.3889	0.2778	0.5556	0.4444	0	0.4444		
0	0.3221	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0.0037	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0		

Columns 9 through 10

0.0510	0
0.1429	0.0357
0	0
1.0000	0
0	0
0.6667	0
0.1333	0
0	0
0.0250	0
0	0

%стрессирующие вопросы

X2 =

Columns 1 through 8

0.8980	0.9796	0.1837	0.1837	0.0816	0.3061	0.3265	0
0	0.3571	0.2857	0.0357	0.0714	1.0000	0.9286	0.9286
0	0	0	0	0.7333	0.6667	1.0000	0
0.7273	0	0	0.7273	0	0.2727	0.4545	0
0.3750	0.6250	0.3750	0.6250	0.2500	0.6250	1.0000	0.5250
0.3333	0.6667	1.0000	0.2778	0.4444	0.3333	0.8889	0
0.1538	0	0	0	0	0	0	0
0.3581	0	0.9302	0	0	0	0	0
0.3750	0	0	1.0000	0	0.3750	0.2500	0
0.0833	0.3333	0.1667	0.2500	0.3333	0.2500	0.3333	0.1167

Columns 9 through 10

0.1633	0.3878
0.4286	0.0714
0	0
0.5455	0

0.6750 0.5625

0.2222 0.3333

0 0

0 0.1535

0.1875 0

1.0000 0.0833

% неизвестные вопросы

% Оценки параметров

MX1 =

0.1969

0.2121

0.0733

0.1409

0

0.3889

0.0455

0

0.0029

0

CX1 =

Columns 1 through 8

0.0592	0.0291	0.0505	-0.0196	0	0.0124	-0.0048	0
0.0291	0.0270	0.0217	-0.0173	0	0.0119	-0.0086	0
0.0505	0.0217	0.0538	-0.0115	0	0.0000	-0.0037	0
-0.0196	-0.0173	-0.0115	0.1076	0	0.0334	0.0223	0
0	0	0	0	0	0	0	
0.0124	0.0119	0.0000	0.0334	0	0.0562	0.0061	0
-0.0048	-0.0086	-0.0037	0.0223	0	0.0061	0.0112	0
0	0	0	0	0	0	0	
-0.0004	-0.0003	-0.0002	0.0025	0	0.0008	0.0004	0
0	0	0	0	0	0	0	

Columns 9 through 10

-0.0004 0

-0.0003 0

-0.0002 0

0.0025	0
0	0
0.0008	0
0.0004	0
0	0
0.0001	0
0	0

MX2 =

0.3510
0.4107
0.2400
0.2727
0.5637
0.4500
0.0154
0.1442
0.2188
0.2950

CX2 =

Columns 1 through 8

0.1095	-0.0356	-0.0280	0.0167	0.0023	0.0224	0.0093	0.0051
-0.0356	0.1602	0.0735	-0.0184	0.0473	-0.0006	-0.0070	-0.0350
-0.0280	0.0735	0.1562	-0.0020	0.0274	0.0397	-0.0041	-0.0384
0.0167	-0.0184	-0.0020	0.0992	0.0203	-0.0185	0.0078	-0.0148
0.0023	0.0473	0.0274	0.0203	0.0428	0.0110	-0.0032	-0.0270
0.0224	-0.0006	0.0397	-0.0185	0.0110	0.0963	-0.0020	0.0502
0.0093	-0.0070	-0.0041	0.0078	-0.0032	-0.0020	0.0024	0.0037
0.0051	-0.0350	-0.0384	-0.0148	-0.0270	0.0502	0.0037	0.0899
-0.0023	-0.0195	-0.0028	0.0802	0.0159	-0.0214	0.0027	-0.0201
-0.0166	0.0100	0.0040	0.0226	0.0168	-0.0071	-0.0036	-0.0253

Columns 9 through 10

-0.0023	-0.0166
-0.0195	0.0100
-0.0028	0.0040
0.0802	0.0226

0.0159 0.0168
 -0.0214 -0.0071
 0.0027 -0.0036
 -0.0201 -0.0253
 0.1000 0.0001
 0.0001 0.0715

CXS =

Columns 1 through 8

0.0843 -0.0032 0.0112 -0.0015 0.0011 0.0174 0.0023 0.0025
 -0.0032 0.0936 0.0476 -0.0179 0.0236 0.0057 -0.0078 -0.0175
 0.0112 0.0476 0.1050 -0.0068 0.0137 0.0198 -0.0039 -0.0192
 -0.0015 -0.0179 -0.0068 0.1034 0.0102 0.0074 0.0150 -0.0074
 0.0011 0.0236 0.0137 0.0102 0.0214 0.0055 -0.0016 -0.0135
 0.0174 0.0057 0.0198 0.0074 0.0055 0.0763 0.0021 0.0251
 0.0023 -0.0078 -0.0039 0.0150 -0.0016 0.0021 0.0068 0.0018
 0.0025 -0.0175 -0.0192 -0.0074 -0.0135 0.0251 0.0018 0.0450
 -0.0014 -0.0099 -0.0015 0.0413 0.0080 -0.0103 0.0015 -0.0101
 -0.0083 0.0050 0.0020 0.0113 0.0084 -0.0035 -0.0018 -0.0126

Columns 9 through 10

-0.0014 -0.0083
 -0.0099 0.0050
 -0.0015 0.0020
 0.0413 0.0113
 0.0080 0.0084
 -0.0103 -0.0035
 0.0015 -0.0018
 -0.0101 -0.0126
 0.0501 0.0000
 0.0000 0.0357

%коэфф. дискриминантной функции

a =

-2.2006
 8.1357
 -5.1154
 4.7558

-50.1881

11.5023

-9.3878

-24.8103

-1.1928

-7.4293

% значения дискриминантных функций для 1-го класса

z1 =

9.5225

3.7604

2.8189

5.3399

7.5048

8.2607

0.5811

6.0260

12.1924

0.2906

% значения средней дискр. функции для 1-го класса

z1m =

5.6297

% значения дискриминантных функций для 2-го класса

z2 =

-24.9000

-25.4259

-29.7155

-27.8775

-13.2611

-24.4892

-38.8561

-19.6609

-33.2523

-29.0961

% значения средней дискр. функции для 2-го класса

z2m =

-26.6535

% константа дискриминантности

C = -10.5119

% расстояние Махаланобиса

D2 = 32.2832

%Классификация для наблюдений

zk =

7.1033

1.7434

-55.7266

-38.6290

0

ans =

1

1

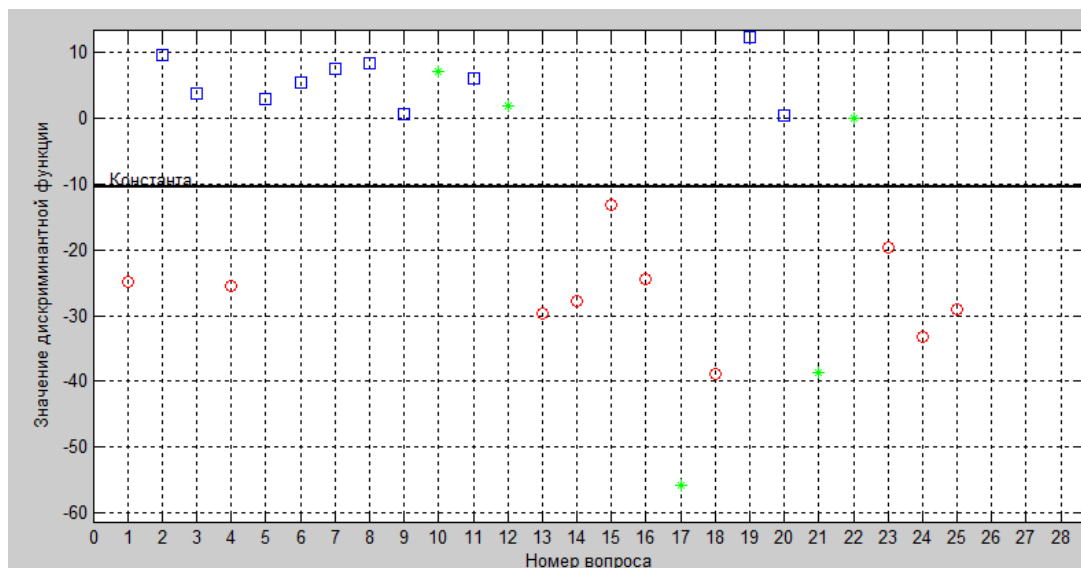
0

0

1

Вероятности ошибок первого и второго рода одинаковы

Pr = 0.0022



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок 3.1 – Распределение данных по областям

Анализ показал, что наиболее значимыми параметрами в оценке ПЭС для данного исследуемого являются размах скачка ЭЭГ (коэффициент дискриминантной функции -50,1881),

время до скачка ЭЭГ (коэффициент дискриминантной функции -24,8103) и время реакции КГР (коэффициент дискриминантной функции -11,5023).

3.2 Разработка алгоритма детектирования импульсов

Для более детального рассмотрения сигналов по амплитуде и длительности, был разработан алгоритм для детектирования импульсов, рисунок 3.2, и программа, Приложение Г.

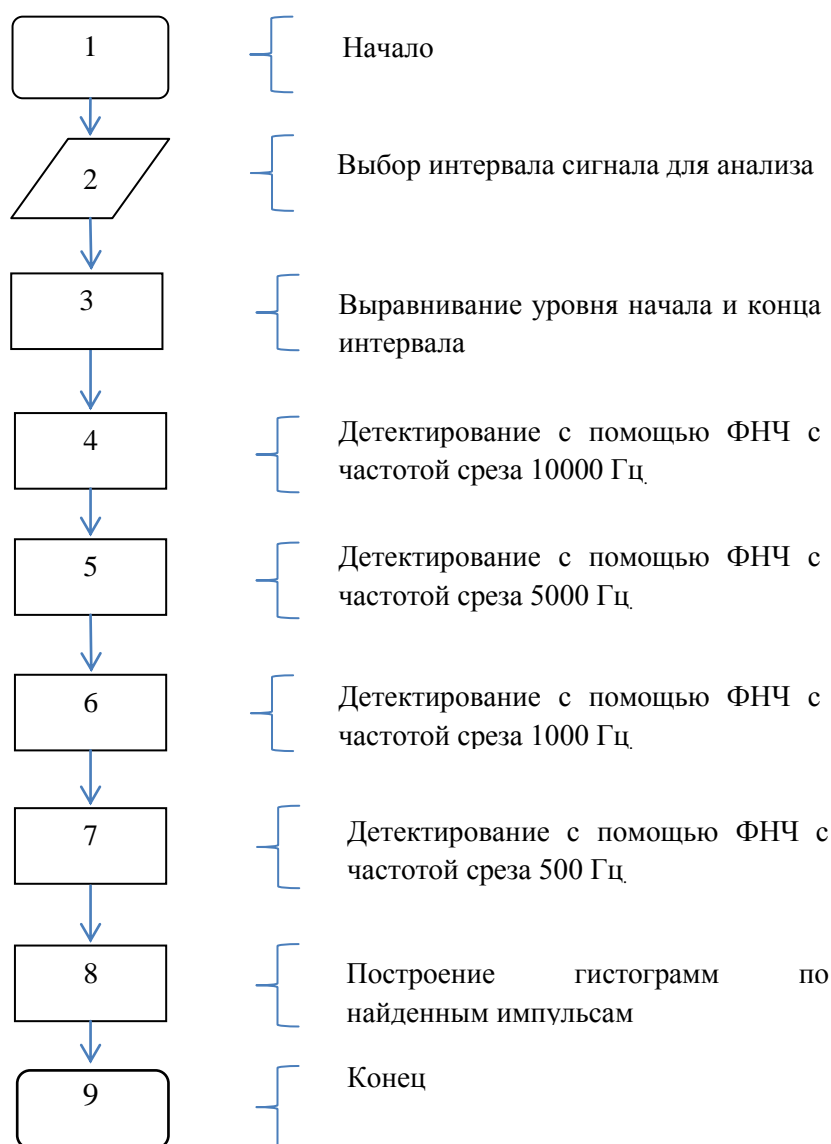


Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритма детектирования импульсов

В блоке 2 задается временной интервал сигнала для анализа импульсов. Для уменьшения погрешности в оценке импульсов в блоке 3 производится выравнивание начала и конца интервала сигнала. Это позволит детектирующему алгоритму, основанному на производной первого порядка, искать экстремумы в сигнале, которые определяют наличие импульса. Далее

на(4–7) этапах определяются импульсы с помощью фильтров с различными частотами среза. Обнаруженный импульс вычитается из сигнала после его детектирования для исключения повторного учета. Все найденные импульсы отображаются на гистограммах, реализуемых в блоке 8. В программе для детектирования импульсов предусмотрено вычисление количества импульсов с заданным шагом как по амплитуде, так и по времени. Минимальное значение шага гистограммы 0,1 мкВ и 0,1 мс.

ВЫВОДЫ

- 1) Дано описание алгоритма обработки электрофизиологических сигналов методом линейного дискриминантного анализа (ЛДА) для оценки ПЭС человека.
- 2) Разработана программа в программном пакете Matlab для классификации вопросов на 2 группы по параметрам зарегистрированных наносенсорами сигналов в полосе от 0 до 10000 Гц, основанная на методе ЛДА.
- 3) Разработан алгоритм и программа для детектирования и подсчёта количества импульсов на зарегистрированных сигналах КГР, ЭКГ и ЭЭГс заданным шагом.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЭС НА ДОБРОВОЛЬЦАХ

4.1 Научная новизна программы

Разработанный аппаратно-программный комплекс (далее АПК) на наносенсорах для съёма биопотенциалов кожи (КП), мозга (ЭЭГ) и сердца (ЭКГ) позволит впервые осуществлять широкополосную регистрацию биопотенциалов в полосе частот от 0 до 10000 Гц уровнем от 1 мкВ с частотой дискретизации 64 кГц без фильтрации в измерительных каналах.

Появление возможности регистрации данных сигналов открывает новые перспективы для специалистов в области психофизиологии по исследованию психоэмоционального состояния человека.

4.2 Цели, задачи, практическое значение программы

Разрабатываемая программа предварительных исследований должна позволить оценить возможности применения АПК на наносенсорах для оценки психоэмоционального состояния человека. Учитывая, что один из каналов АПК предназначен для исследования сердца, исследования психоэмоционального состояния проводились на добровольцах в Томском НИИ кардиологии.

Каждый доброволец подписывал информированное согласие на проведение исследования (Проведение клинического исследования было одобрено локальным этическим комитетом по биомедицинской этике при НИИ кардиологии протокол №147 от 28.06.2016 г.). В демонстрационных материалах, приведенных в результатах исследования, соблюдена конфиденциальность обследованных добровольцев.

Для всесторонней оценки возможностей АПК необходимо провести следующие исследования:

- провести измерение и анализ кожно-гальванической реакции;
- определить изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) за время исследований ЭКГ высокого разрешения;
- продемонстрировать ЭКГ высокого разрешения и её фрагменты;

- провести измерение и анализ ЭЭГ.

Практическое значение программы состоит в разработке нового инструмента для оценки психоэмоционального состояния человека, эффективности методов лечения и профилактики, направленных на снижение заболеваний, связанных с расстройством психики человека.

4.3 Дизайн исследования

При проведении исследований психоэмоционального состояния человека необходимо придерживаться определённой методики измерения. Исследование проводится в виде вопросов, на которые исследуемый отвечает «Да» или «Нет», при этом исследуемый должен быть в состоянии покоя.

Перед исследованием, доброволец должен находиться в трезвом состоянии, без присутствия седативных веществ в крови. Необходимо так же убедиться в отсутствии на поверхности кожи раздражений и язв.

Обычно доброволец находится в положении лёжа или сидя, так чтобы обеспечить максимум удобства во время исследования. Необходимо убедиться, что исследуемый не испытывает дискомфорта, так как напряжённые мышечные волокна, нервные узлы, сигнализирующие о дискомфорте, могут повлиять на результаты измерения, внося в общий фон потенциалы возбуждения. Кожу в местах наложения наносенсоров очищают 90% раствором спирта.

Рабочую поверхность наносенсоров тщательно очищают и накладывают на диагностируемую поверхность. На грудной клетке и голове наносенсоры фиксируют с помощью обычного лейкопластыря, левую руку накладывают на специально разработанное устройство с наносенсорами для наложения руки, Приложение Б.

На рисунке 4.1 показаны места для определения кожно-гальванической реакции. Наносенсоры накладываются на фалангу указательного и безымянного пальцев.

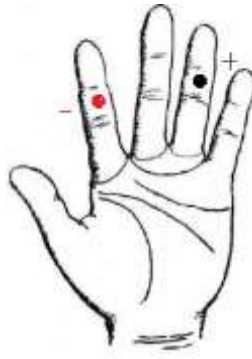


Рисунок 4.1 – отведения КГР

Электрокардиограмму снимали с грудной клетки с 1 отведения по Холтеру, земля справа.

Для электроэнцефалограммы используется биполярное отведение, находящееся над лимбической системой, в точках Т3 и F7, согласно международной системы 10-20%, рисунок 4.2. Данная система отвечает за эмоциональное состояние человека.

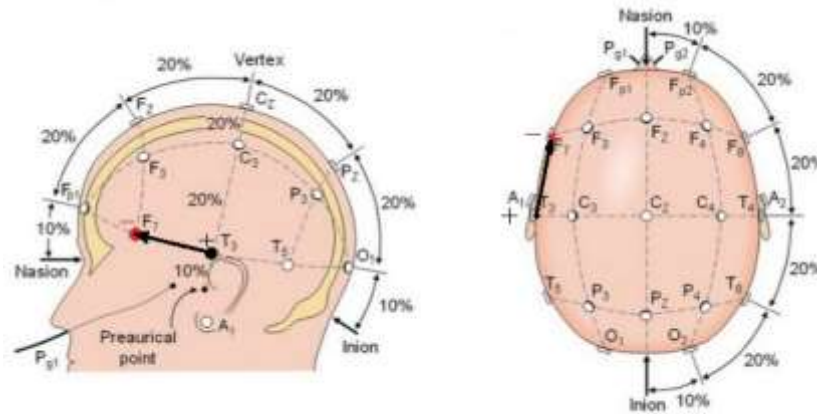


Рисунок 4.2 – отведение ЭЭГ

При тестировании для выявления эмоционального ответа у добровольцев использовался ряд вопросов: спокойные (нейтральные) и волнующие (стрессорирующие). Для формирования вопросника использовалась методика по Варламову В.А. [9].

При проведении теста записывается время начала тестирования, время начала каждого вопроса и время ответа на вопрос. Данная запись требуется для дальнейшей работы с полученными данными после тестирования.

4.4 Методики проведения исследований

Исследования на АПК проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации АПК, Приложение Д.

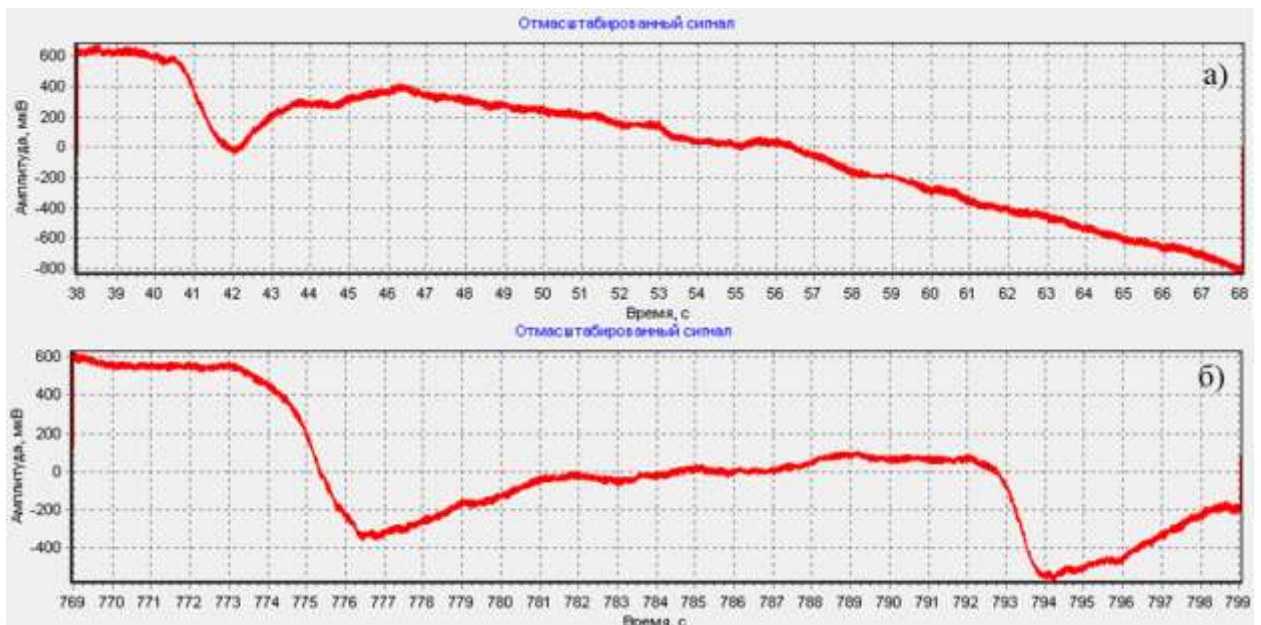
- провести измерение и анализ кожно-гальванической реакции;
- определить изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) за время исследований ЭКГ высокого разрешения;

- продемонстрировать ЭКГ высокого разрешения и её фрагменты;
- провести измерение и анализ ЭЭГ;
- построить гистограммы распределения параметров.

1 Должны быть проанализированы следующие параметры зарегистрированных сигналов:

- Изменение КГР– ΔU – КГР-1(мкВ).
- Время реакции КГР-1(с).
- Время до реакции КГР-1(с).
- Изменение КГР – ΔU – КГР-2 (мкВ).
- Время реакции КГР-2 (с).
- Время до реакции КГР-2 (с).

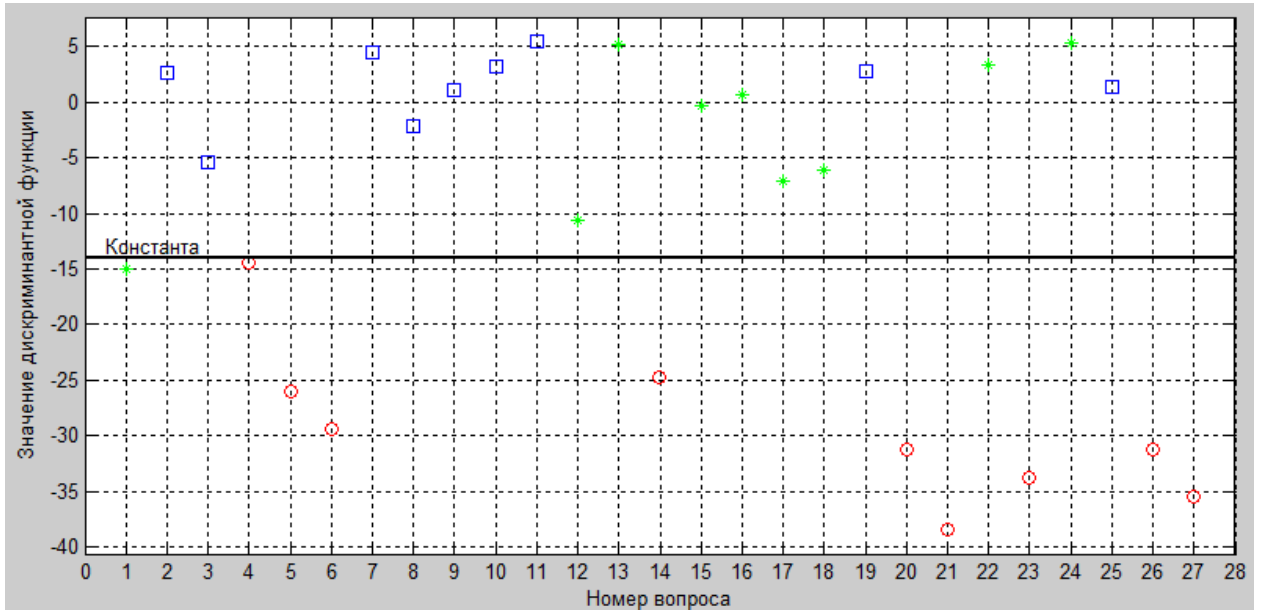
Пример – исследуемый 11, рисунок 4.3 а,б.



а) спокойный вопрос - начало вопроса 40 с, конец 43 с, вопрос 2; б) волнующий вопрос - начало вопроса 773 с, конец 776 с, вопрос 26

Рисунок 4.3 – Изменение КГР

На рисунке 4.4 представлено распределение вопросов на группы при исследовании исследуемого 11, полученное методом ЛДА. Вопрос 2 находится в группе «спокойные вопросы», вопрос 26 находится в группе «волнующие вопросы».



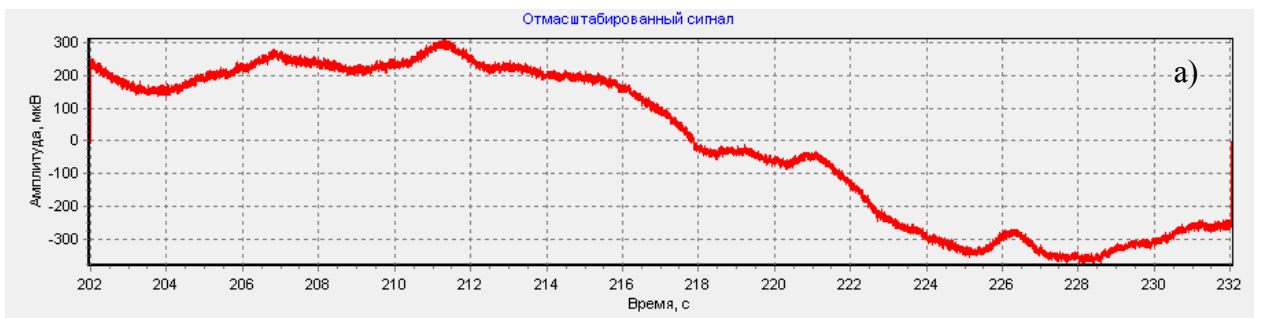
□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

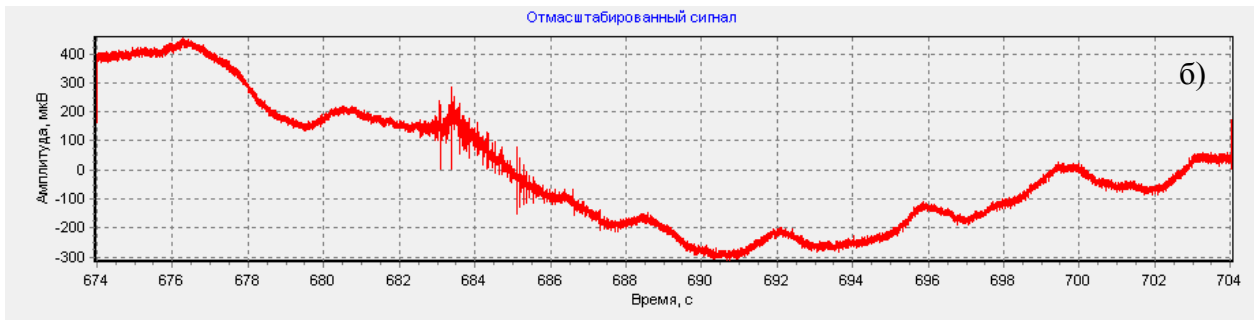
Рисунок 4.4 – Распределение вопросов на группы, исследуемый 11

Анализируются следующие параметры КГР:

- Размах импульсов КГР (мкВ),
- Количество импульсов на КГР,
- Время до реакции импульсов на КГР (с),
- Длительность импульсов реакции на КГР (с).

Пример-исследуемый 4, рисунок 4.5.

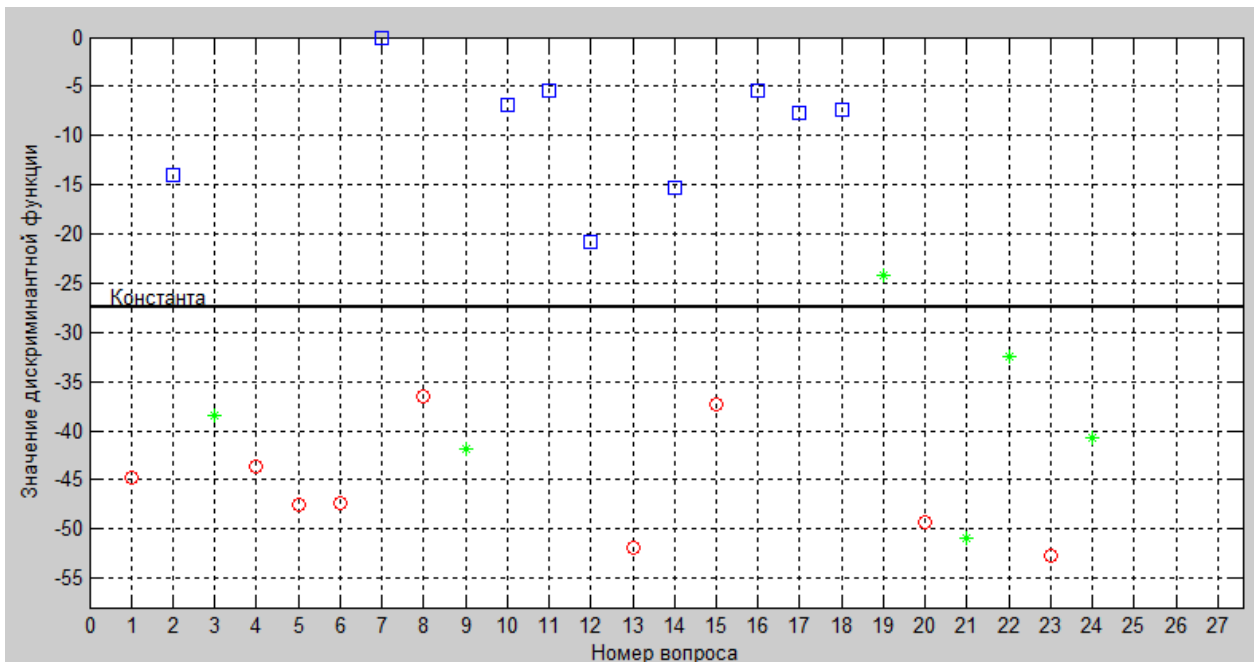




а) спокойный вопрос - начало вопроса 206 с, конец 209 с, вопрос 7; б) волнующий вопрос - начало вопроса 677 с, конец 681 с, вопрос 21

Рисунок 4.5 – Импульсы на КГР

На рисунке 4.6 представлено распределение вопросов на группы при исследовании исследуемого 4, полученное методом ЛДА. Вопрос 7 находится в группе «спокойные вопросы», вопрос 21 находится в группе «волнующие вопросы».

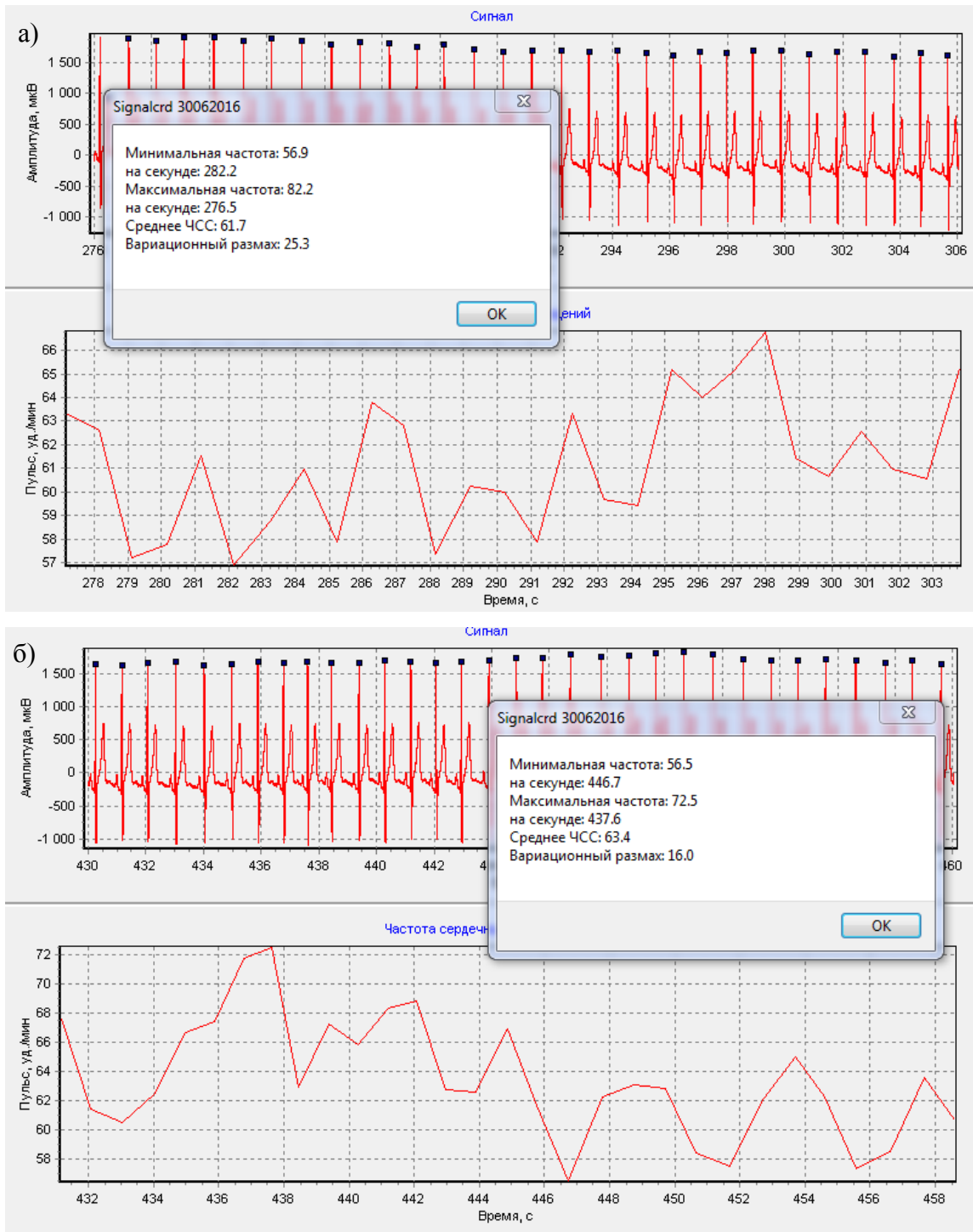


□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок 4.6 – Распределение вопросов на группы, исследуемый 4

Ниже приведен пример исследования изменения ЧСС.

Пример – исследуемый 6, рисунок 4,7.

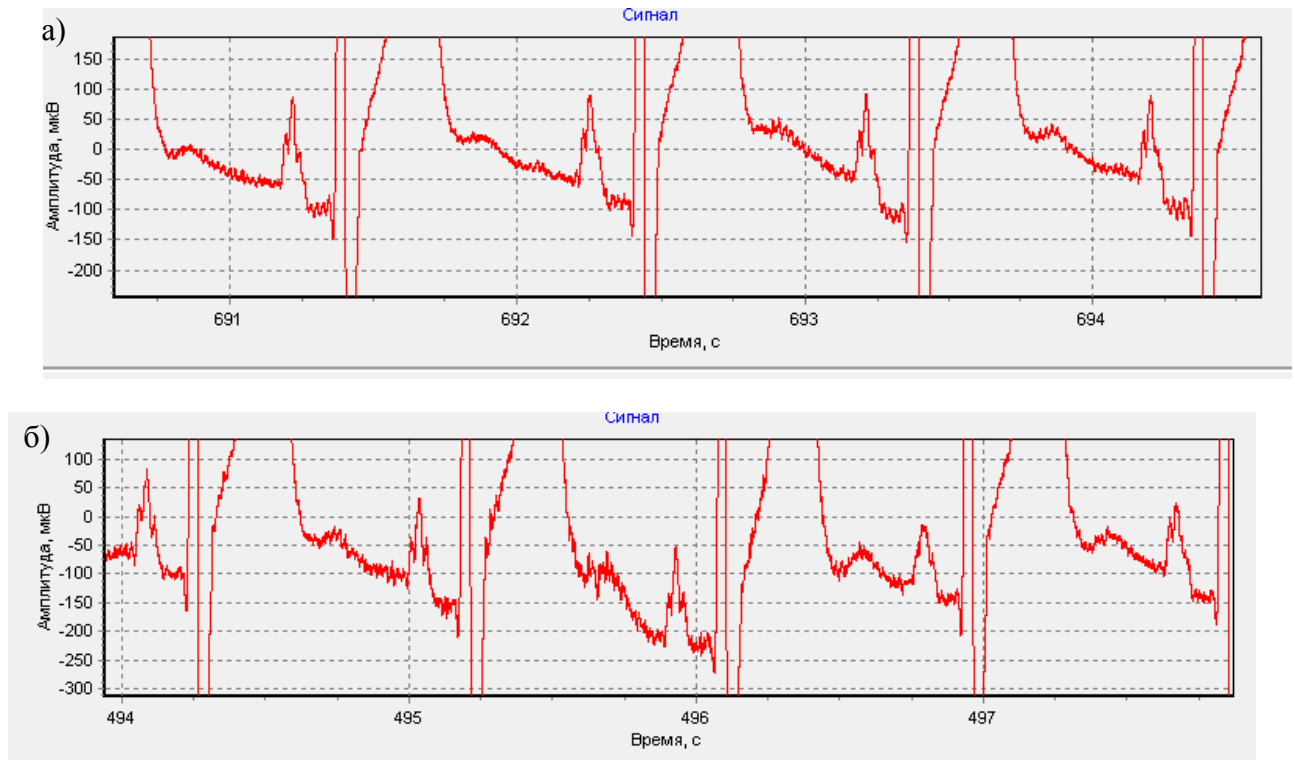


а) спокойный вопрос - начало вопроса 281 с, конец 284 с, вопрос 9; б) волнующий вопрос - начало вопроса 434 с, конец 438 с, вопрос 14

Рисунок 4.7 – Изменение ЧСС

Ниже приведен пример исследования изменения микропотенциалов на ЭКГ.

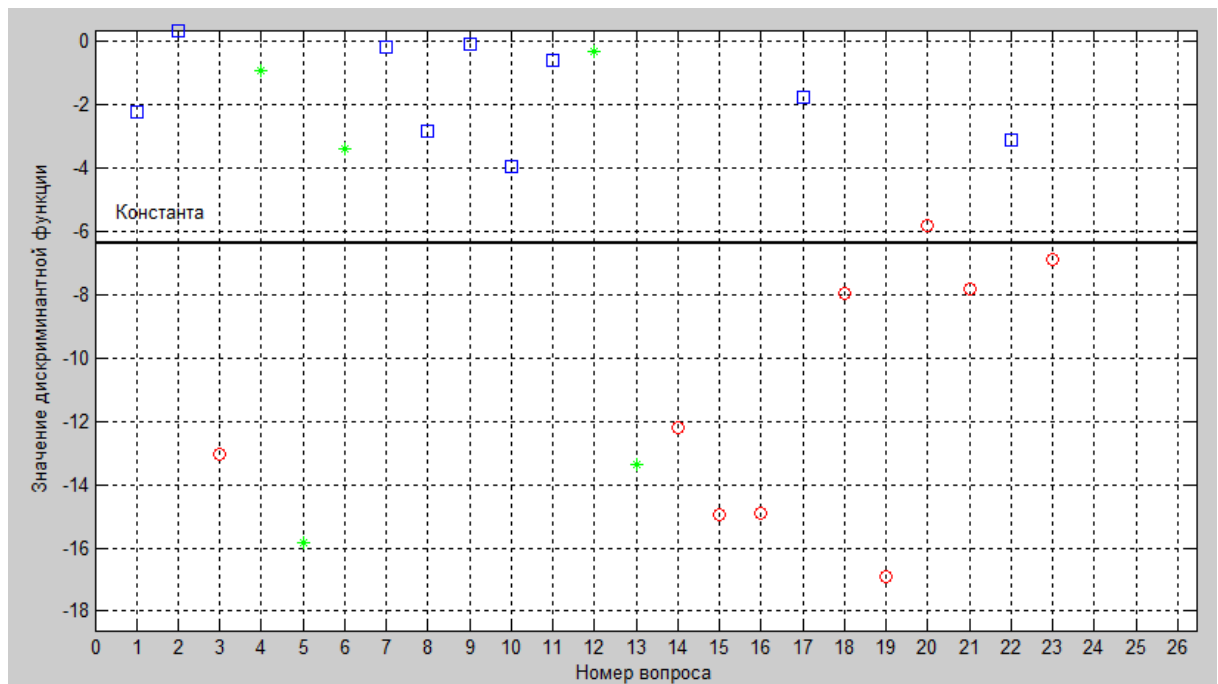
Пример – исследуемый 6, рисунок 4.8.



а) спокойный вопрос - начало вопроса 691 с, конец 694 с, вопрос 22; б) волнующий вопрос - начало вопроса 494 с, конец 498 с, вопрос 16

Рисунок 4.8 – Изменение микропотенциалов на ЭКГ

На рисунке 4.9 представлено распределение вопросов на группы при исследовании исследуемого б, полученное методом ЛДА. Вопросы 9 и 22 находятся в группе «спокойные вопросы», вопросы 14 и 16 находятся в группе «волнующие вопросы».

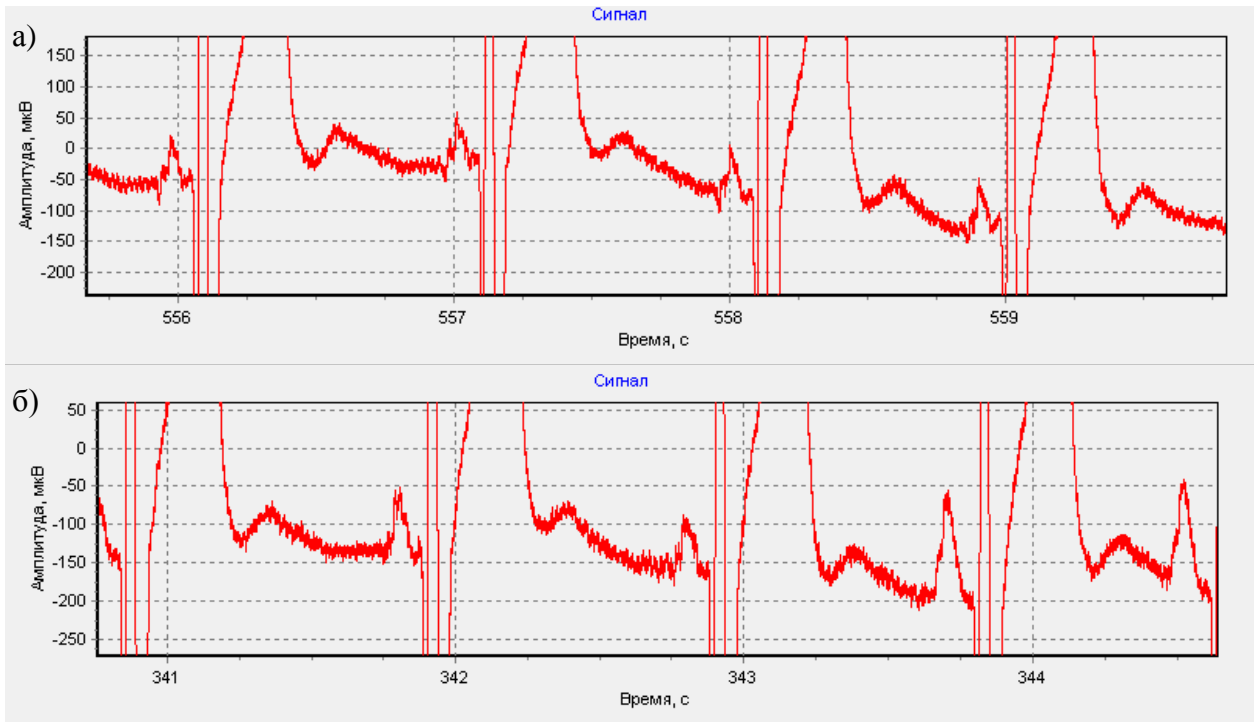


□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок 4.9 – Распределение вопросов на группы, исследуемый б

Ниже приведен пример исследования изменения формы Р-волны.

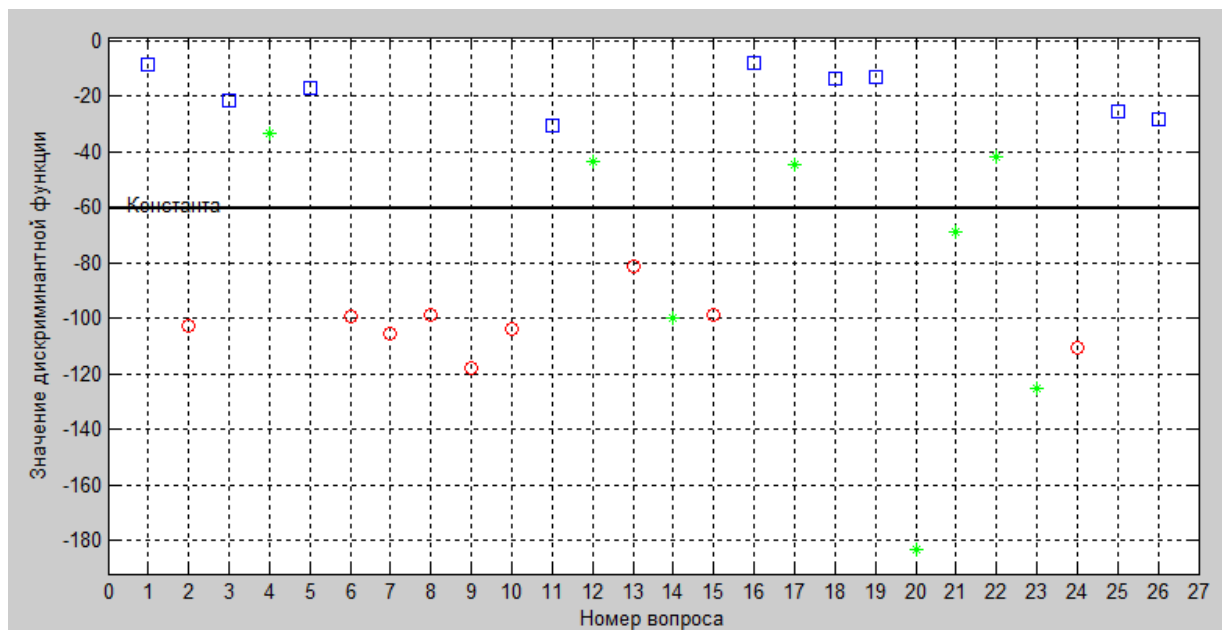
Пример – исследуемый 13, рисунок 4.10.



а) спокойный вопрос - начало вопроса 556 с, конец 560 с, вопрос 16; б) волнующий вопрос – начало вопроса 341 с, конец 344 с, вопрос 10

Рисунок 4.10 – Изменение формы и амплитуды Р-комплекса на ЭКГ

На рисунке 4.11 представлено распределение вопросов на группы при исследовании исследуемого 13, полученное методом ЛДА. Вопрос 16 находится в группе «спокойные вопросы», вопрос 10 находится в группе «волнующие вопросы».



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

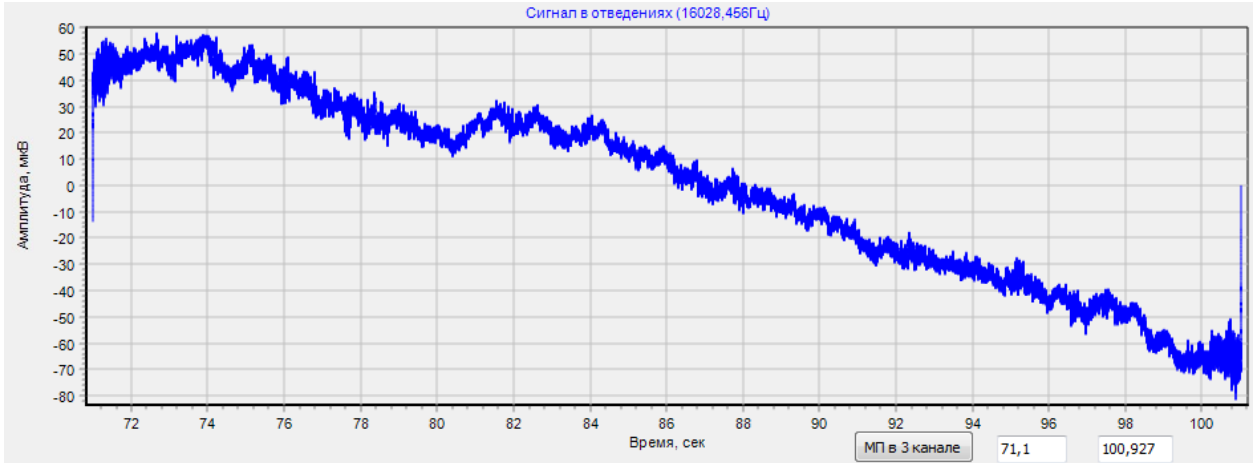
Рисунок 4.11 – Распределение вопросов на группы, исследуемый 13

Определение параметров:

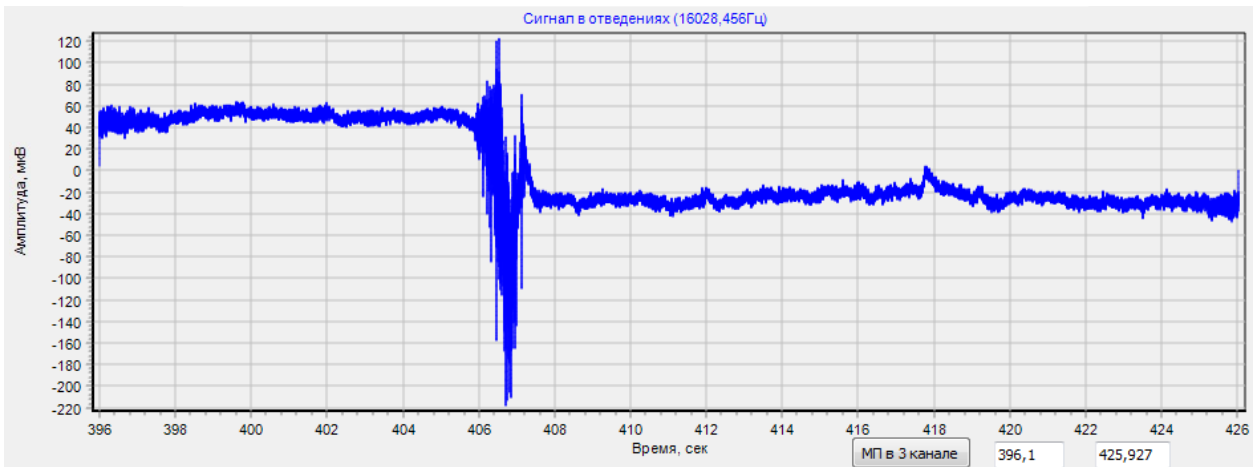
- Размах импульсов ЭЭГ(мкВ).
- Время до реакции импульсов ЭЭГ(с).
- Длительность импульсов ЭЭГ(с).

Пример – исследуемый 12, рисунок 4.12.

а)



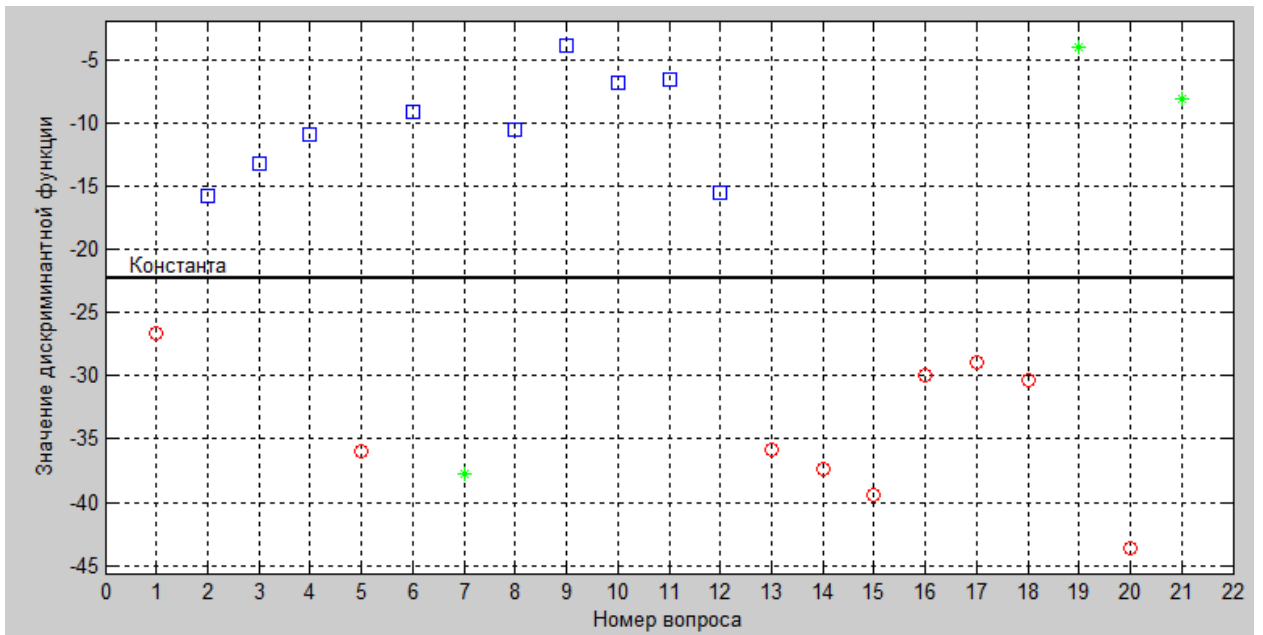
б)



а) спокойный вопрос - начало вопроса 76 с, конец 78 с, вопрос 3; б) волнующий вопрос –
Начало вопроса 401 с, конец 407 с, вопрос 13

Рисунок 4.12 – Размах импульсов ЭЭГ

На рисунке 4.13 представлено распределение вопросов на группы при исследовании исследуемого 12, полученное методом ЛДА. Вопрос 3 находится в группе «спокойные вопросы», вопрос 13 находится в группе «волнующие вопросы».



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

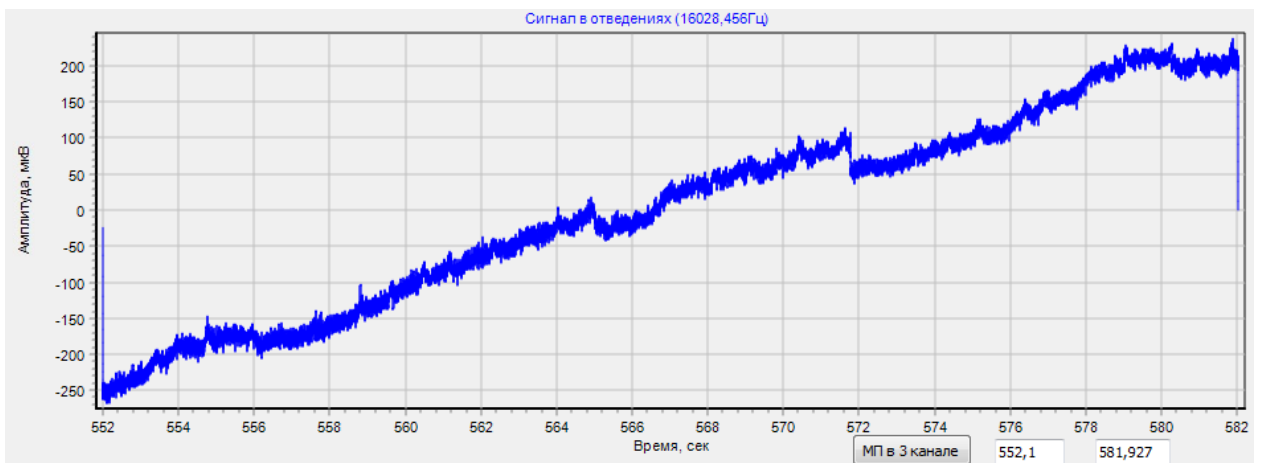
Рисунок 4.13 – Распределение вопросов на группы, исследуемый 12

Исследование параметров:

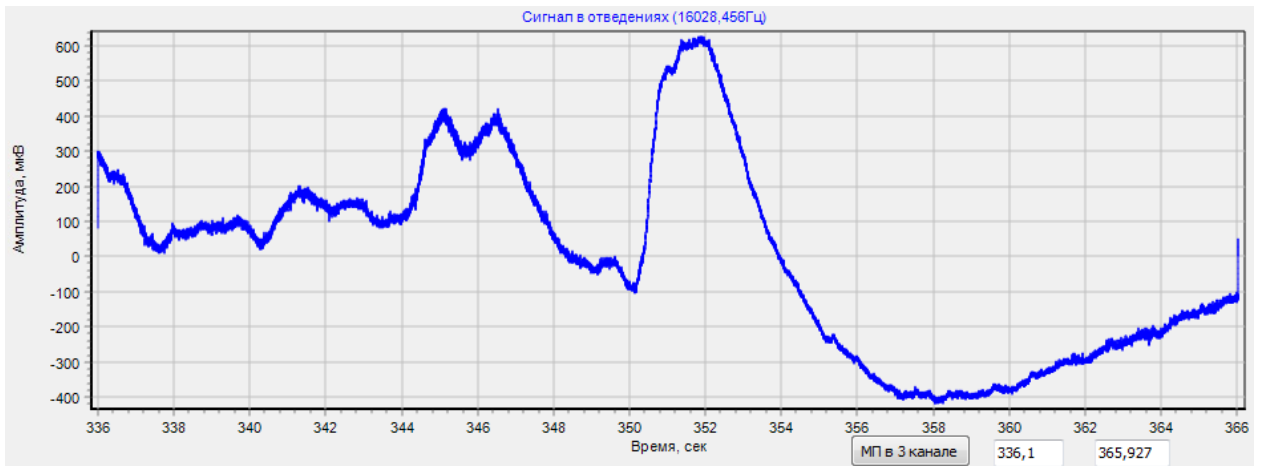
- Размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ).
- Длительность скачка на ЭЭГ-1(с).
- Время до скачка ЭЭГ-1 (с).
- Размах скачка на ЭЭГ-2(мкВ).
- Длительность скачка наЭЭГ-2(с).
- Время до скачка ЭЭГ-2 (с).

Пример - исследуемый 13, рисунок 4.14.

а)



б)



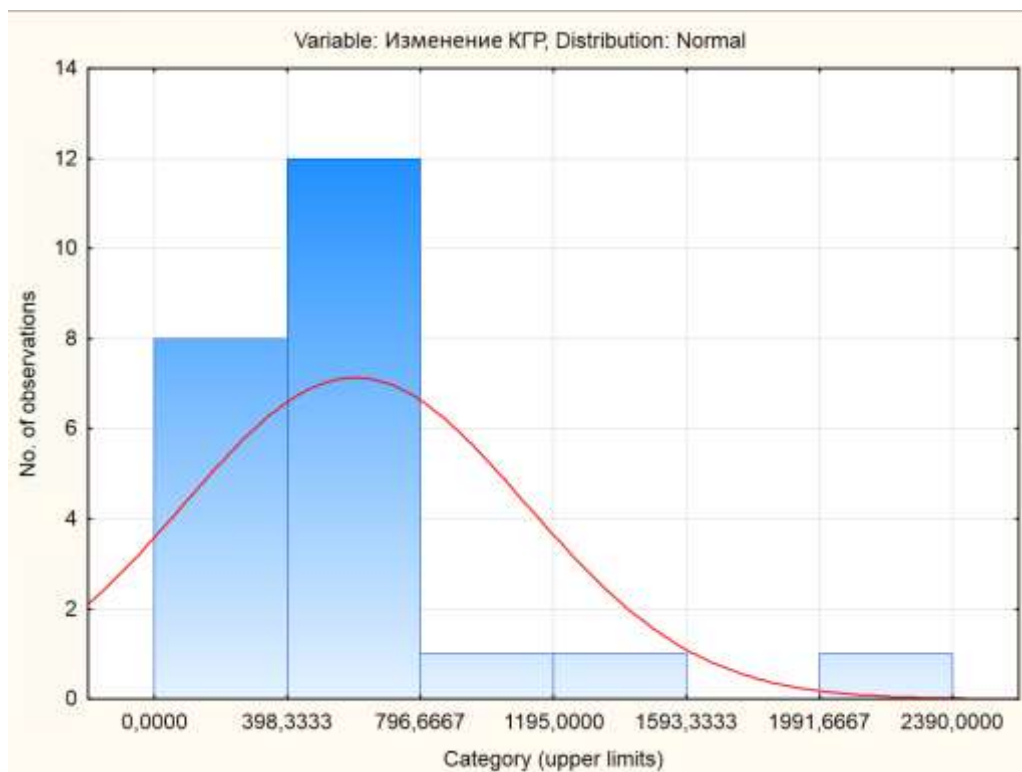
а) спокойный вопрос - начало вопроса 556 с, конец 560 с, вопрос 16; б) волнующий вопрос –
Начало вопроса 341 с, конец 344 с, вопрос 10

Рисунок 4.14 – Размах скачков на ЭЭГ

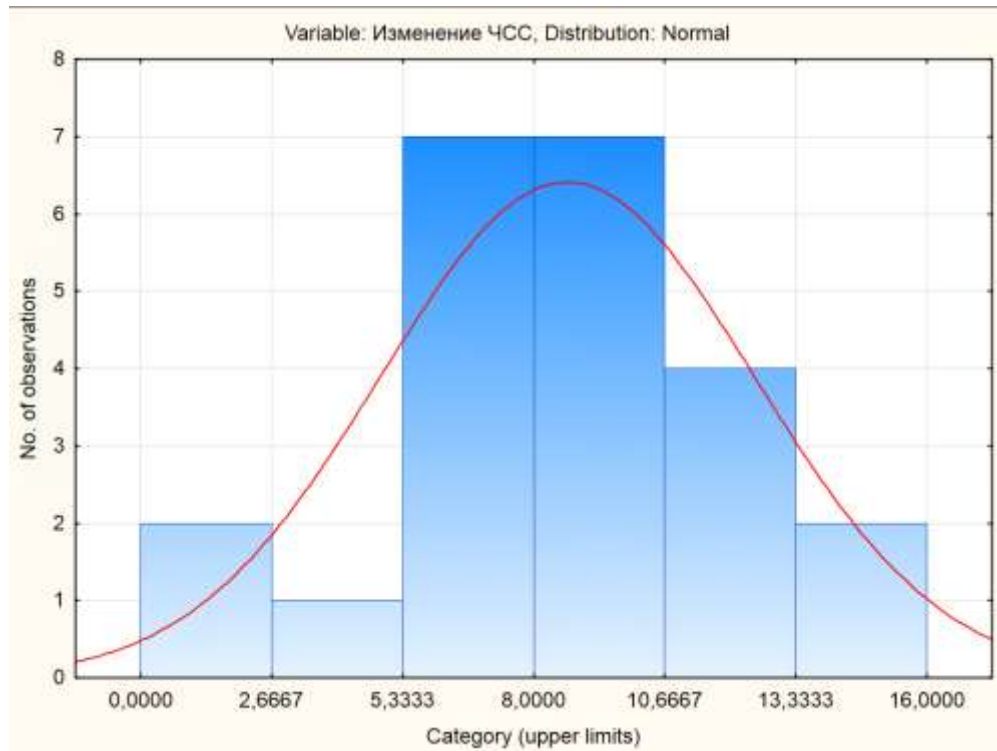
Деление на группы представлено на рисунке 4.11. Вопрос 16 находится в группе «спокойные вопросы», вопрос 10 находится в группе «волнующие вопросы».

Гистограммы распределения параметров были построены в программном пакете «Statistica» (version 10).

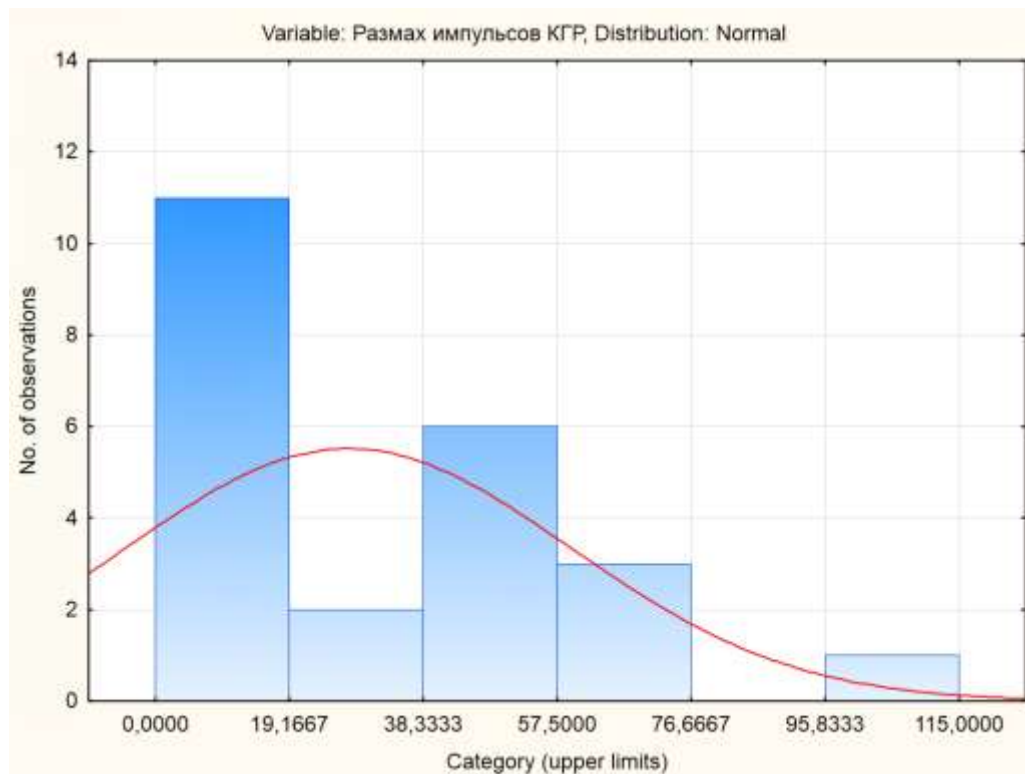
а)



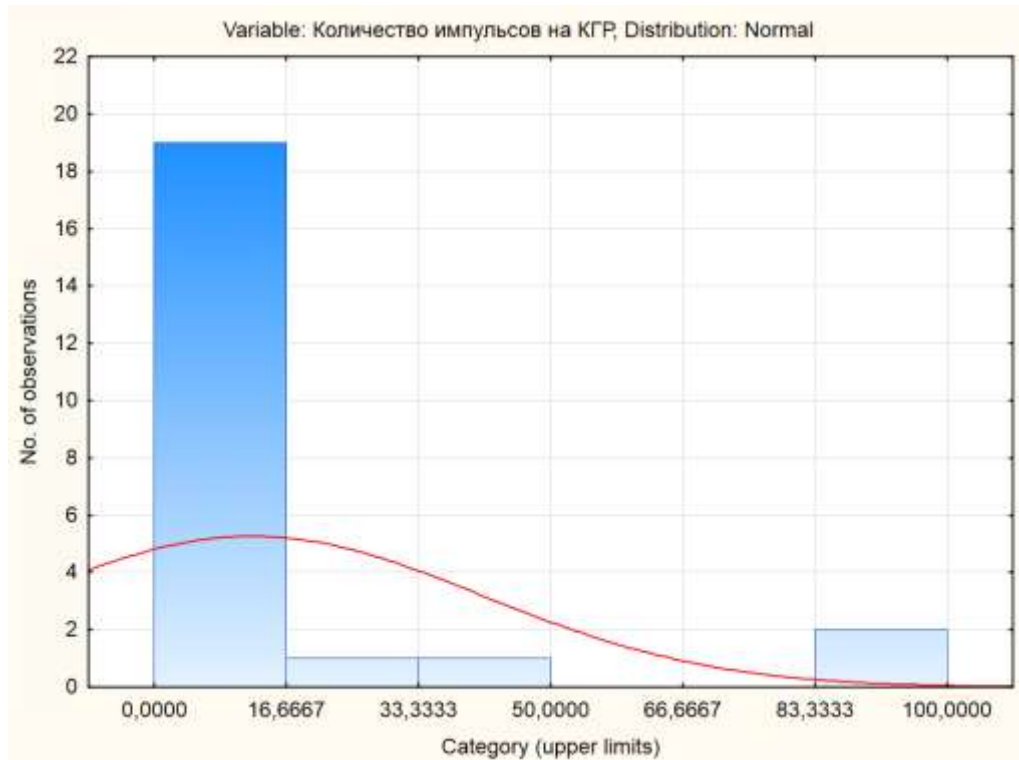
б)



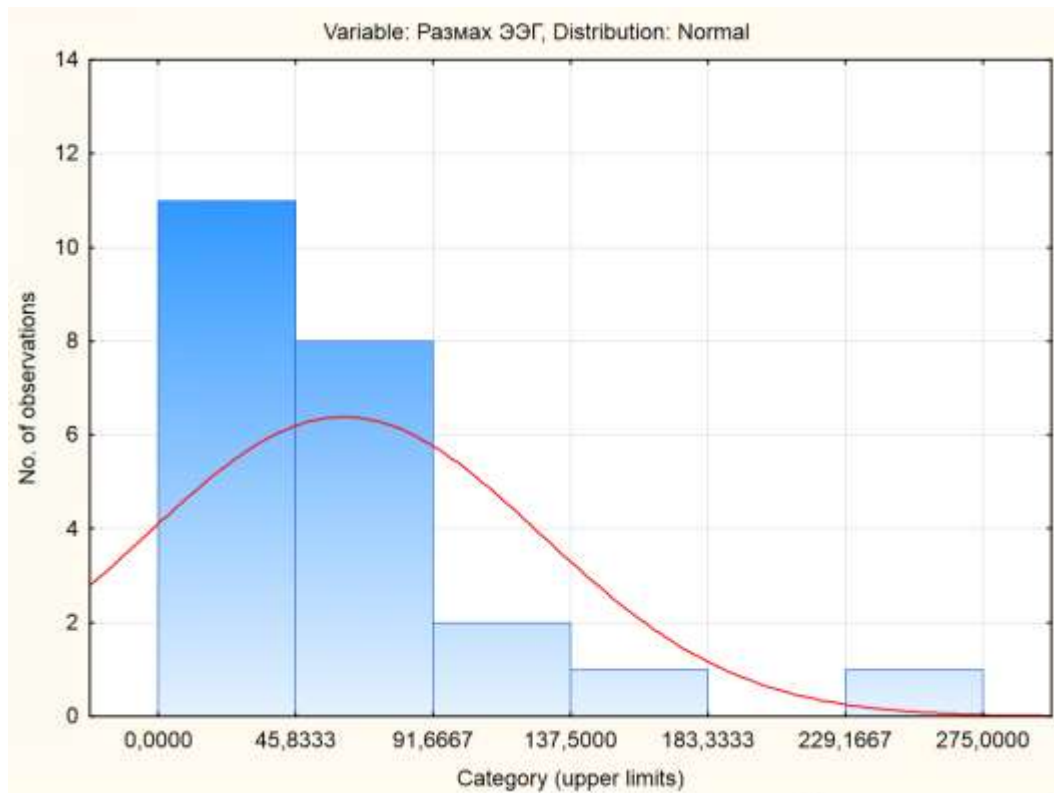
в)



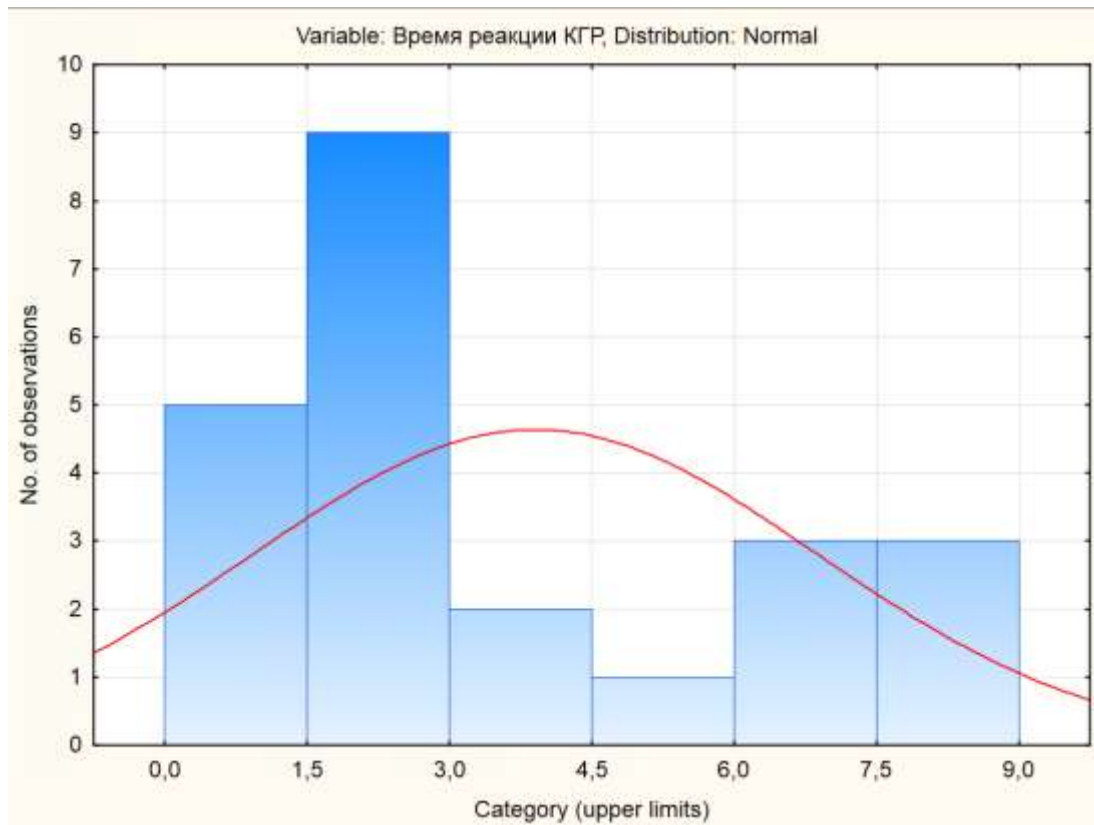
г)



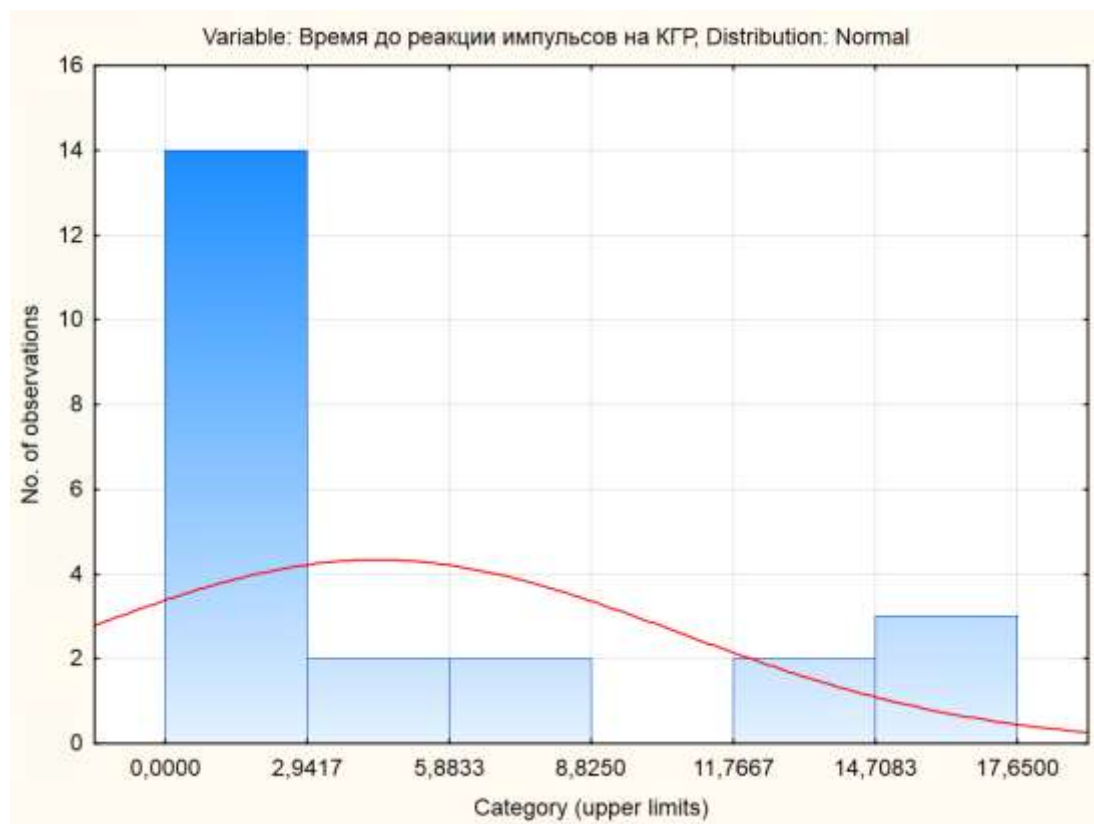
д)



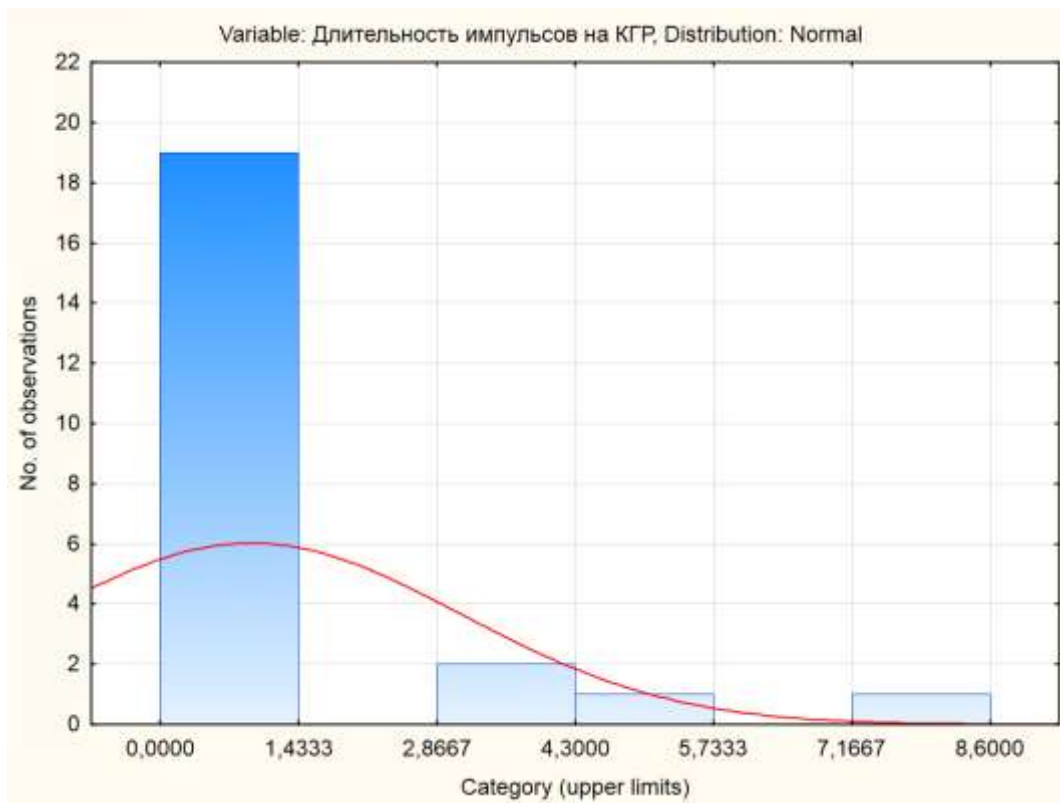
e)



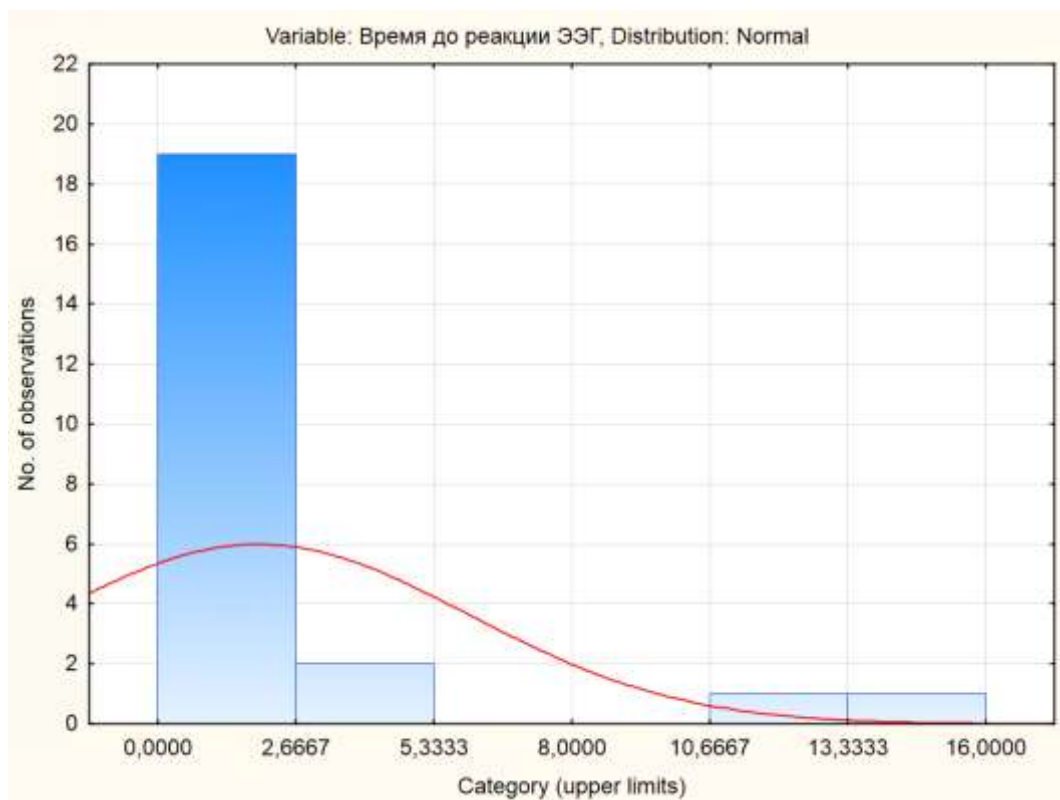
ж)



з)



и)



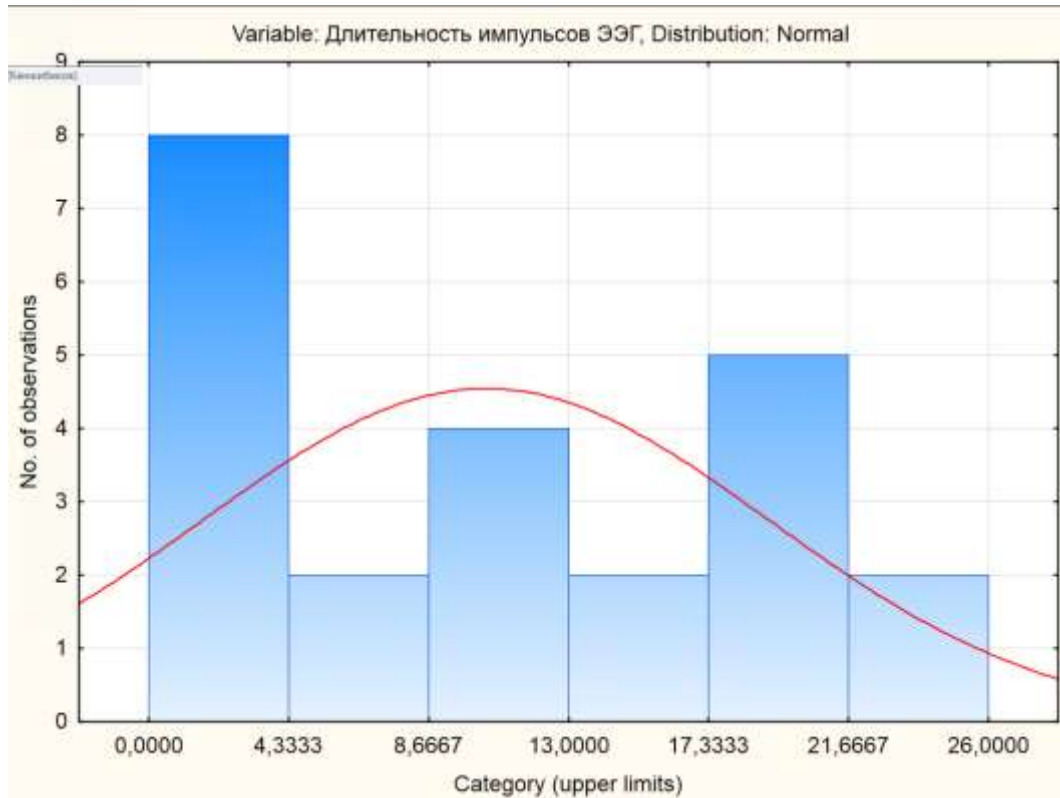


Рисунок 4.15 – Гистограммы распределения параметров исследуемого 10

2 С помощью линейного дискриминантного анализа (ЛДА) определить значимость каждого параметра для деления вопросов на два класса.

3 Провести оптимизацию количества параметров и вопросов для устойчивого деления вопросов на спокойные и волнующие.

ВЫВОДЫ:

- 1) Разработана программа и методики исследования ПЭС на добровольцах.
- 2) Впервые для оценки ПЭС человека будут проведены исследования следующих параметров:

- Размах импульсов КГР(мкВ).
- Количество импульсов на КГР.
- Время до реакции импульсов на КГР(с).
- Длительность импульсов реакции на КГР(с).
- Изменение микропотенциалов на ЭКГ.
- Изменение формы Р-волны.
- Размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ).
- Длительность скачка на ЭЭГ-1(с).
- Время до скачка ЭЭГ-1 (с).
- Размах скачка на ЭЭГ-2(мкВ).
- Длительность скачка на ЭЭГ-2(с).
- Время до скачка ЭЭГ-2 (с).

ГЛАВА 5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЭС НА ДОБРОВОЛЬЦАХ

Для корректного распознавания реакции на стимулы необходимо убедиться в отсутствии в «полезном» сигнале «посторонней» составляющей, таких как артефакты в ЭЭГ, ЭКГ и КГР, помехи от электрической сети, наводки от электромагнитных полей и так далее. Для обработки сигнала используется специально разработанная программа «Обработка оцифрованных сигналов биопотенциалов», Приложение Д.

Данная программа позволяет устранить сосредоточенные помехи при наличии в зарегистрированных сигналах и собственный шум АПК.

После устранения помех и шума исследователь может приступить к обработке сигналов.

5.1 Анализ полученных результатов

Исследования проводились на группе людей, состоящей из 13 человек. Все исследуемые входили в возрастную категорию от 22 до 26 лет, не имели физических отклонений и заболеваний. Перед началом исследования исследуемые были ознакомлены с методикой проведения тестирования и давали письменное согласие для проведения исследования.

Полученные результаты тестирования были разделены на 2 типа вопросов:

- 1) Спокойные (нейтральные), которые не вызывают сильные эмоции.
- 2) Вопросы, которые могут вызвать волнение волнующие (стрессорирующие).

В процессе исследования осуществлялась запись хронограммы с интервалом в 30 секунд, регистрировалось время начала и конца вопроса.

Приведем пример анализа зарегистрированных сигналов исследуемого 1.

Исследуемому 1 были предъявлены следующие вопросы, таблица 5.1. Таблица содержит ответы на вопросы «Да» или «Нет» и время начала и конца вопроса.

Таблица 5.1 – Таблица вопросов, исследуемый 1

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало, с	Конец, с
1	Вас зовут Аркадий?	да	00:33	00:36	33	36
2	Вы любите своих родителей?	да	01:02	01:05	67	69
3	Вы играете в компьютерные игры?	да	01:36	01:39	96	99
4	Вы любите получать подарки?	да	02:04	02:06	124	126
5	Хотите получить шоколадку после тестирования?	да	02:34	02:38	154	158
6	Сегодня воскресенье?	нет	03:09	03:12	189	192
7	Вы станете убивать людей по приказу?	нет	03:40	03:44	220	224
8	Вы нажмете на ядерную кнопку и тем самым убьете миллионы людей?	нет	04:08	04:14	248	254
9	Вы сможете совершить самоубийство ради любимого человека?	нет	04:42	04:46	282	286
10	Вы сможете простить измену?	да	05:13	05:17	313	317
11	Вам нравится погода сегодня?	нет	05:52	05:54	352	354
12	Вы в курсе, что мусульмане принимают писание Библии и Торы?	нет	06:12	06:16	372	376
13	Вы знали что в Антарктиде есть банкомат?	да	06:40	06:43	400	403
14	Вы хотите узнать что будет после смерти?	нет	07:13	07:16	433	436
15	Вы хотели бы отправиться в будущее?	да	07:45	07:50	465	470
16	Вы хотели бы знать дату вашей смерти?	нет	08:16	08:20	496	500
17	Вы учились в университете?	да	08:47	08:50	527	530
18	Ваши друзья избегают вас, не зовут вас на мероприятия, вы будете обижены на них?	да	09:18	09:26	558	564
19	Они не берут вас с собой, потому что не считают вас своим другом, вас это расстроит?	да	09:51	09:53	591	593
20	Вам нужны такие друзья?	нет	10:25	10:29	625	629
21	Им потребуется ваша помощь, но после этого вы им снова будете не нужны, вы поможете им?	да	10:52	10:56	652	656
22	Вы не получите шоколадку после тестирования. вы согласны с этим?	нет	11:31	11:34	691	694
23	Хотите посмотреть фильмы эротического содержания?	нет	11:54	12:00	722	730

В таблице 5.2 систематизированы результаты регистрации КГР, ЭЭГ и ЭКГ в ответ на заданные вопросы. В таблице 5.3 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 1, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица 5.2 – Параметры зарегистрированных сигналов, исследуемый 1

Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<i>ДУКГР, мкВ</i>	-100	-150	-330	0	120	-570	-690	-1150	-670	-450	-430	-700	780	-770	-500	2390	-360	-610	-225	-680	-400	-320	1430
<i>Изменение ЧСС</i>	-10,5	-16	-12	+9,8	-6	-8	+10	-12	-14	+6	+11,5	-10	+11,8	-8	5	0	0	-10,4	-8	-8,3	-8,5	-8	-6
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	0	0	40	0	45	115	0	0	0	55	0	0	40	0	30	60	60	0	50	0	50	20	70
<i>Количество импульсов на КГР</i>	0	0	2	0	18	1	0	0	0	100	0	0	1	0	4	1	6	1	100	0	2	40	8
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	55	30	70	70	80	65	0	0	90	45	54	90	110	44	0	0	0	130	0	0	0	175	275
<i>Время реакции КГР, с</i>	1	1,5	1,5	0	3	3,5	7	7,6	2	6	1,5	2,5	7,5	2,8	2	4	11	7,5	2,5	2	2,4	2	9
<i>Время до реакции КГР, с</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Время до реакции импульсов на КГР, с</i>	0	0	0,7	0	16,25	15,41	0	0	0	13,2	0	0	17,65	0	2,5	6,22	13,9	0	1,5	0	3	4,15	6,5
<i>Длительность импульсов реакции на КГР, с</i>	0	0	0,06	0	2,9	0,04	0	0	0	5,5	0	0	0,1	0	0,2	0,04	8,6	0	3,5	0	0,15	0,05	0,5
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	1	0	0	1,5	2	0	0	0	2	0	12	0	4	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	7,4	1,2	12,5	17,5	18,5	9	-0	0	10	8	14	18	26	14	0	0	0	21	0	0	0	25	13
<i>Изменение формы Р волны</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Изменение микропотенциала в</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 5.3 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	-100	-150	-330	0	120	-570	-690	-1150	-670	-450	-430	-700	780	-770	-500	2390	-360	-610	-225	-680	-400	-320	1430
<i>Изменение ЧСС</i>	-10,5	-16	-12	+9,8	-6	-8	+10	-12	-14	+6	+11,5	-10	+11,8	-8	5	0	0	-10,4	-8	-8,3	-8,5	-8	-6
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	0	0	40	0	45	115	0	0	0	55	0	0	40	0	30	60	60	0	50	0	50	20	70
<i>Количество импульсов на КГР</i>	0	0	2	0	18	1	0	0	0	100	0	0	1	0	4	1	6	1	100	0	2	40	8
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	55	30	70	70	80	65	0	0	90	45	54	90	110	44	0	20	0	130	0	20	0	175	275
<i>Время реакции КГР, с</i>	1	1,5	1,5	0	3	3,5	7	7,6	2	6	1,5	2,5	7,5	2,8	2	4	11	7,5	2,5	2	2,4	2	9
<i>Время до реакции импульсов на КГР, с</i>	0	0	0,7	0	16,25	15,41	0	0	0	13,2	0	0	17,65	0	2,5	6,22	13,9	0	1,5	0	3	4,15	6,5
<i>Длительность импульсов реакции на КГР, с</i>	0	0	0,06	0	2,9	0,04	0	0	0	5,5	0	0	0,1	0	0,2	0,04	8,6	0	3,5	0	0,15	0,05	0,5
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	1	0	0	1,5	2	0	0	0	2	0	12	0	4	1	0	16	0	5	0	0	0	0	0
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	7,4	1,2	12,5	17,5	18,5	9	-0	0	10	8	14	18	26	14	0	4	0	21	0	0	21	25	13

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 1.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице 5.4, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица 5.4 – Коэффициенты дискриминантной функции

deltaU – КГР (мкВ)	-16.3789
Изменение ЧСС	7.8560
Размах импульсов КГР (мкВ)	4.8032
Количество импульсов на КГР	-11.7100
Размах ЭЭГ (мкВ)	3.1371
Время реакции КГР (с)	-0.6275
Время до реакции импульсов на КГР (с)	0.4884
Длительность импульсов реакции на КГР (с)	2.9561
Время до реакции ЭЭГ (с)	6.3946
Длительность импульсов ЭЭГ(с)	-11.6837

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 1 являются:

- deltaU – КГР (мкВ): **-16.3789**;
- Количество импульсов на КГР: **-11.7100**;
- Длительность импульсов ЭЭГ (с): **-11.6837**;
- Изменение ЧСС: **7.8560**.

В таблице 5.5 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Выбираются параметры по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице 5.6 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 3 наиболее значимые параметра: deltaU – КГР (мкВ) ; количество импульсов на КГР; длительность импульсов ЭЭГ(с).

В таблицах используются следующие обозначения:

- АхБ, А – число параметров, Б – число вопросов;
- С – константа дискриминации;
- Pг – вероятность ошибки первого и второго рода;
- D2 –расстояние Махаланобиса;
- QN (+) – спокойные (нейтральные) вопросы;
- QS (x) – волнующие (стрессорирующие) вопросы;
- QK (k) – контрольные вопросы.
- Исх. – исходные данные;
- Рез. – результат деления методом ЛДА;
- ? – неустойчивый результат.

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 1 возможно при использовании 3-х наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 4. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

Таблица 5.5 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	10x10		3x10		4x10		5x10		6x10							
	C=-3.1835		C=-11.4832		C=-7.7881		C= -8.3507		C= -6.3731							
	Pr=0.0810		Pr=0.0635		Pr=0.0548		Pr=0.0472		Pr=0.0390							
	D2=7.8243		D2=9.3122		D2= 10.2427		D2=11.1847		D2=12.4168							
	QN(+)=[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15] QS(x)=[10;13;14;16;18;19;20; 21;22;23]; QK(k)=[5;12;17];		QN(+)=[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15]; QS(x)=[5;10;12;13;14;16;18;19 ;21;22]; QK(k)=[17;20;23];		QN(+)=[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15]; QS(x)=[5;10;12;13;14;16;18;19 ;21;22]; QK(k)=[17;20;23];		QN(+)=[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15]; QS(x)=[5;10;12;13;14;16;18; 19;21;22]; QK(k)=[17;20;23];		QN(+)=[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15]; QS(x)=[5;10;12;13;14;16;18;19;21;22] QK(k)=[17;20;23];							
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12				12k			12x	12x			12x	12x			12x	12x
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15	15+	15+			15+	15+			15+	15+			15+	15+		
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17				17k							17k				17k	
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x
19			19x	19x			19x	19x			19x	19x			19x	19x
20			20x	20x							20k				20k	
21			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	21x
22			22x	22x			22x	22x			22x	22x			22x	22x
23			23x	23x							23k				23k	

Продолжение таблицы 5.5

	10x10				7x10				8x10				9x10			
	C=-3.1835				C=-8.4399				C=-9.3482				C= -9.1056			
	Pr=0.0810				Pr= 0.0283				Pr=0.0265				Pr=0.0263			
	D2=7.8243				D2= 14.5346				D2= 14.9854				D2= 15.0160			
QN(+)= $[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15];$ QS(x)= $[10;13;14;16;18;19;20;21;22;23];$ QK(k)= $[5;12;17];$				QN(+)= $[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15];$ QS(x)= $[5;10;12;13;14;16;18;19;21;22];$ QK(k)= $[17;20;23];$				QN(+)= $[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15];$ QS(x)= $[5;10;12;13;14;16;18;19;21;22]$ QK(k)= $[17;20;23];$				QN(+)= $[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15];$ QS(x)= $[5;10;12;13;14;16;18;19;21;22]$ QK(k)= $[17;20;23];$				
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12				12k			12x	12x			12x	12x			12x	12x
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15	15+	15+			15+	15+			15+	15+			15+	15+		
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17		17k				17k				17k				17k		
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x
19			19x	19x			19x	19x			19x	19x			19x	19x
20		20x	20x			20k				20k				20k		
21			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	21x
22			22x	22x			22x	22x			22x	22x			22x	22x
23			23x	23x			23k				23k				23k	

Таблица 5.6 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

	10x10				3x9				3x8				3x7			
	C=-3.1835				C=-11.6150				C=-11.9266				C=-12.9633			
	Pr=0.0810				Pr=0.0709				Pr=0.0611				Pr=0.0504			
	D2=7.8243				D2=8.6313				D2=9.5560				D2=10.7678			
	QN(+)= $[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15]$; QS(x)= $[10;13;14;16;18;19;20;21;22;23]$; QK(k)= $[5;12;17]$;				QN(+)= $[1;2;3;4;6;7;8;9;11]$; QS(x)= $[5;10;12;13;14;16;18;19;21]$; QK(k)= $[15;17;20;22;23]$;				QN(+)= $[1;2;3;4;6;7;8;9]$; QS(x)= $[5;10;12;13;14;16;18;19]$; QK(k)= $[11;15;17;20;21;22;23]$;				QN(+)= $[1;2;3;4;6;7;8]$; QS(x)= $[5;10;12;13;14;16;18]$; QK(k)= $[9;11;15;17;19;20;21;22;23]$;			
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+				9k		
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+			11+	11+				11k				11k		
12				12k			12x	12x			12x	12x			12x	12x
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15	15+	15+				15k				15k				15k		
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17		17k				17k				17k				17k		
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x
19			19x	19x			19x	19x			19x	19x				19k
20		20x	20x			20k				20k				20k		
21			21x	21x			21x	21x				21k				21k
22			22x	22x				22k				22k				22k
23			23x	23x				23k				23k				23k

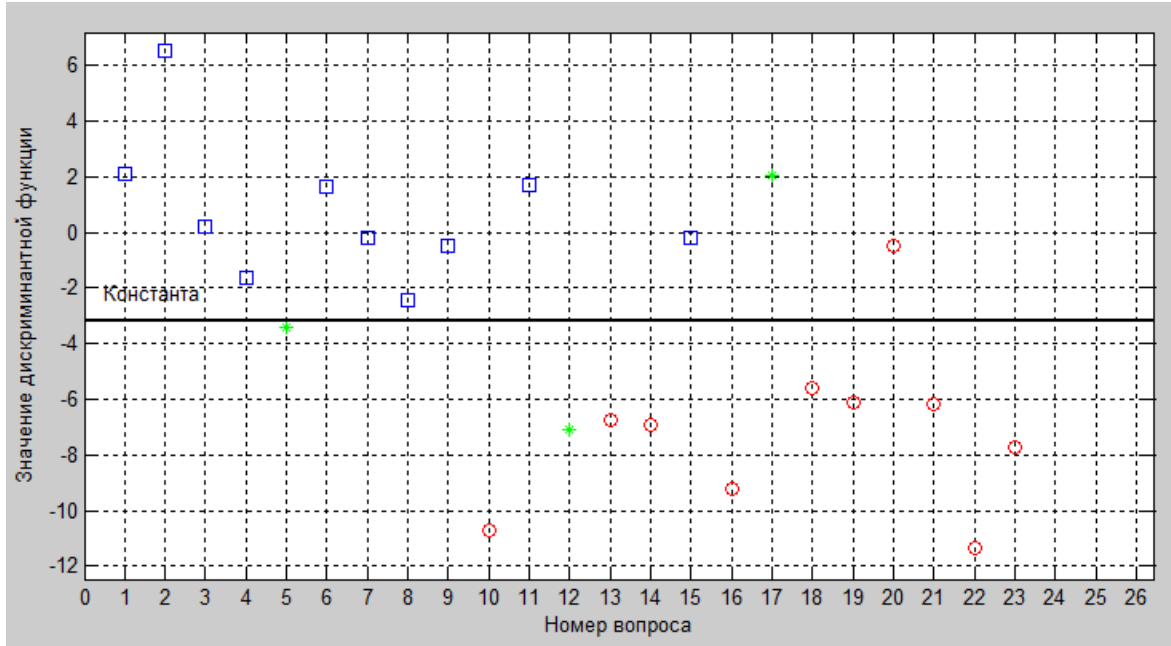
Продолжение таблицы 5.6

	10x10				3x6				3x5				3x4			
	C=-3.1835				C=-11.0093				C=-9.2012				C=-9.3257			
	Pr=0.0810				Pr=0.0620				Pr=0.0867				Pr=0.0691			
	D2=7.8243				D2=9.4654				D2=7.4149				D2=8.7930			
QN(+)=[1;2;3;4;6;7;8;9;11;15]; QS(x)=[10;13;14;16;18;19;20;21;22;23]; QK(k)=[5;12;17];				QN(+)=[1;2;3;4;6;7]; QS(x)=[5;10;12;13;14;16]; QK(k)=[8;9;11;15;17;18;19;20;21;22;23];				QN(+)=[1;2;3;4;6]; QS(x)=[5;10;12;13;14]; QK(k)=[7;8;9;11;15;16;17;18;19;20;21;22;23];				QN(+)=[1;2;3;4]; QS(x)=[5;10;12;13]; QK(k)=[6;7;8;9;11;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23];				
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+				6k		
7	7+	7+			7+	7+				7k				7k		
8	8+	8+				8k				8k				8k		
9	9+	9+				9k				9k				9k		
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+				11k				11k				11k		
12				12k			12x	12x			12x	12x			12x	12x
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x				14k
15	15+	15+				15k				15k				15k		
16			16x	16x			16x	16x				16k				16k
17		17k				17k				17k				17k		
18			18x	18x				18k				18k				18k
19			19x	19x				19k				19k				19k
20		20x	20x			20k				20k				20k		
21			21x	21x				21k				21k				21k
22			22x	22x				22k				22k				22k
23			23x	23x				23k				23k				23k

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунке 5.1. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей 5.1, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

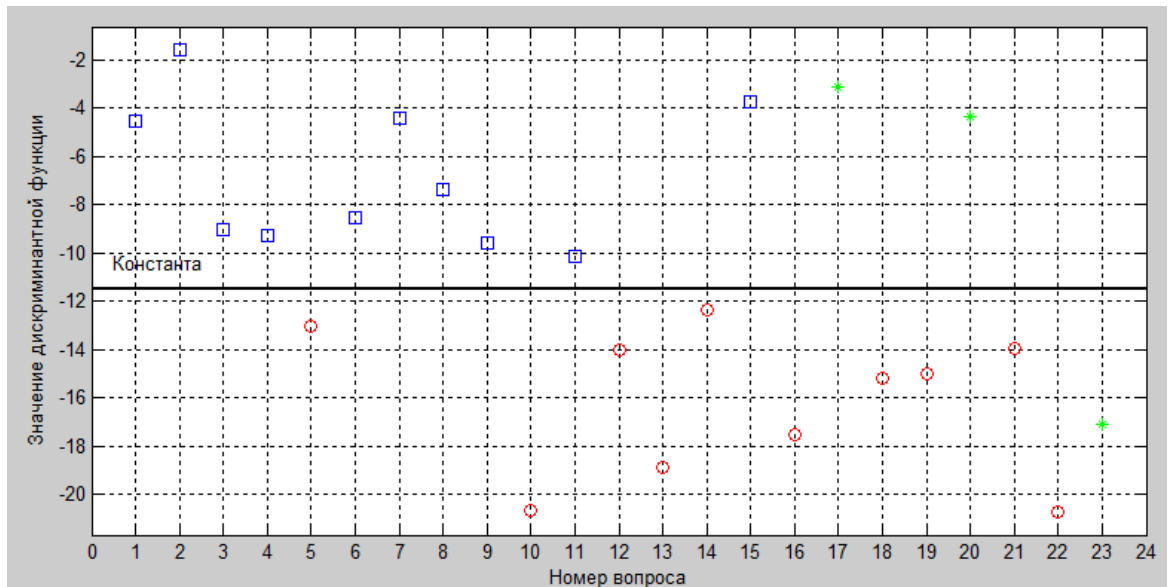
а)

10x10



б)

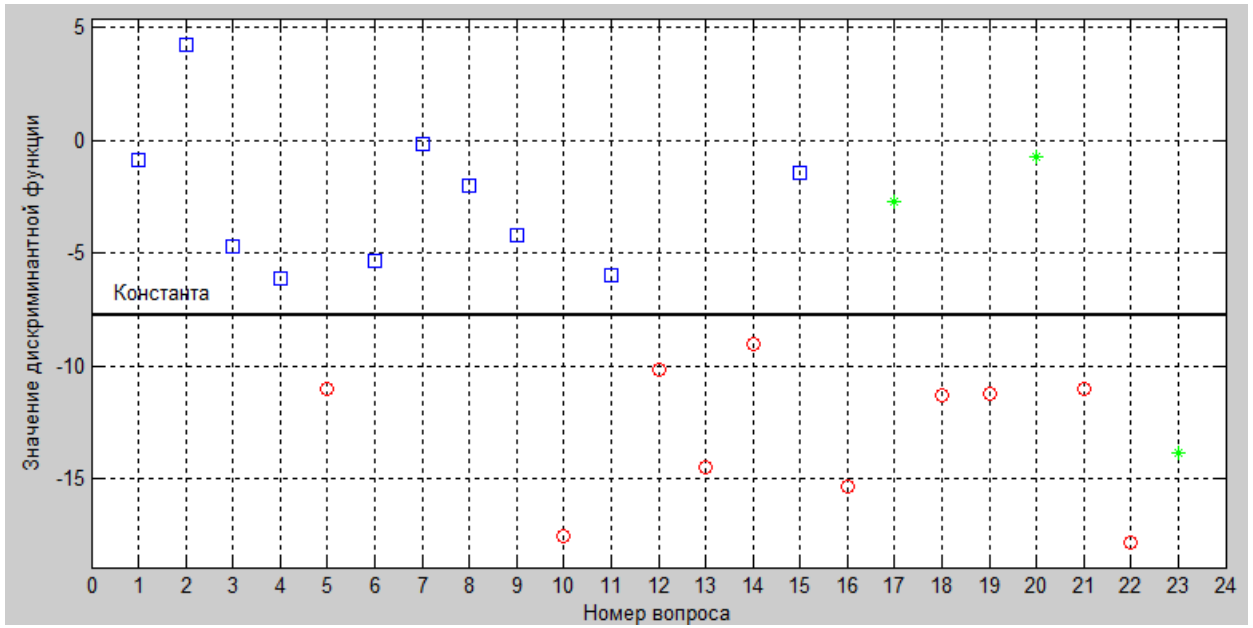
3x10



100

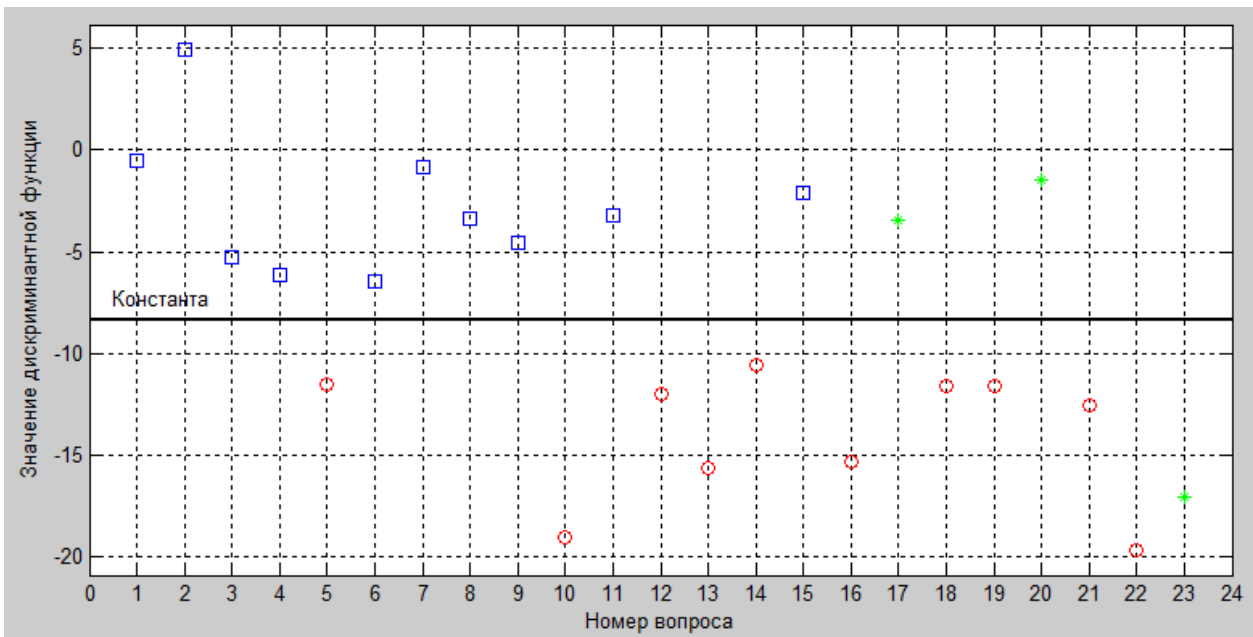
в)

4×10



г)

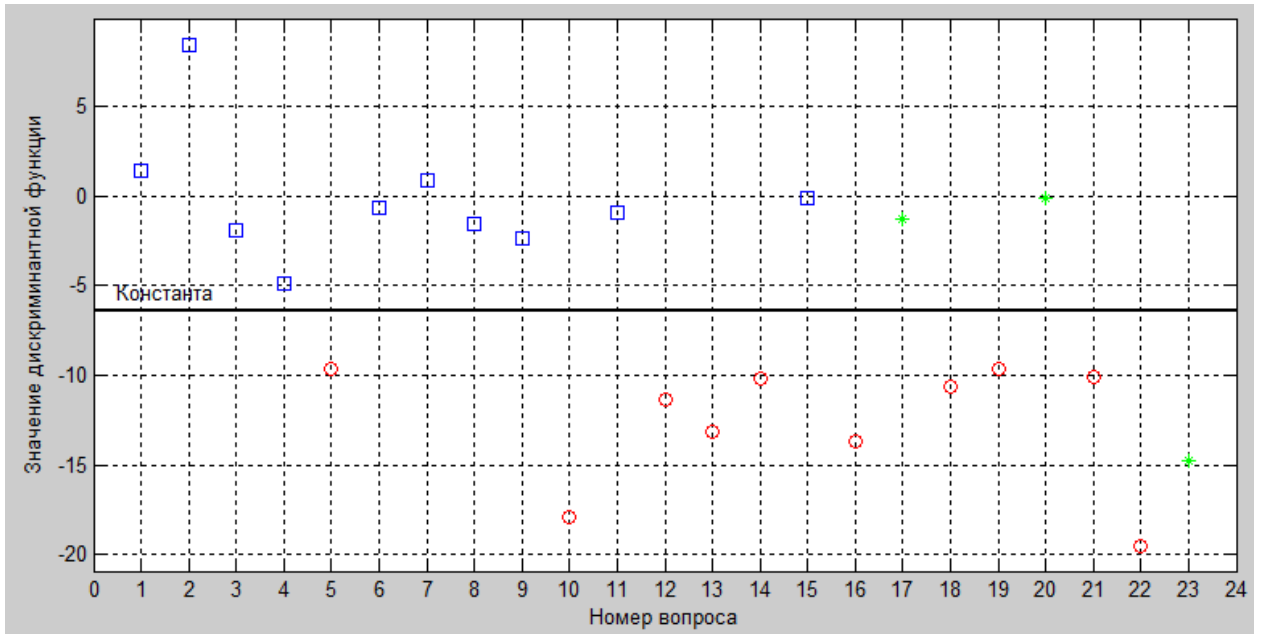
5×10



101

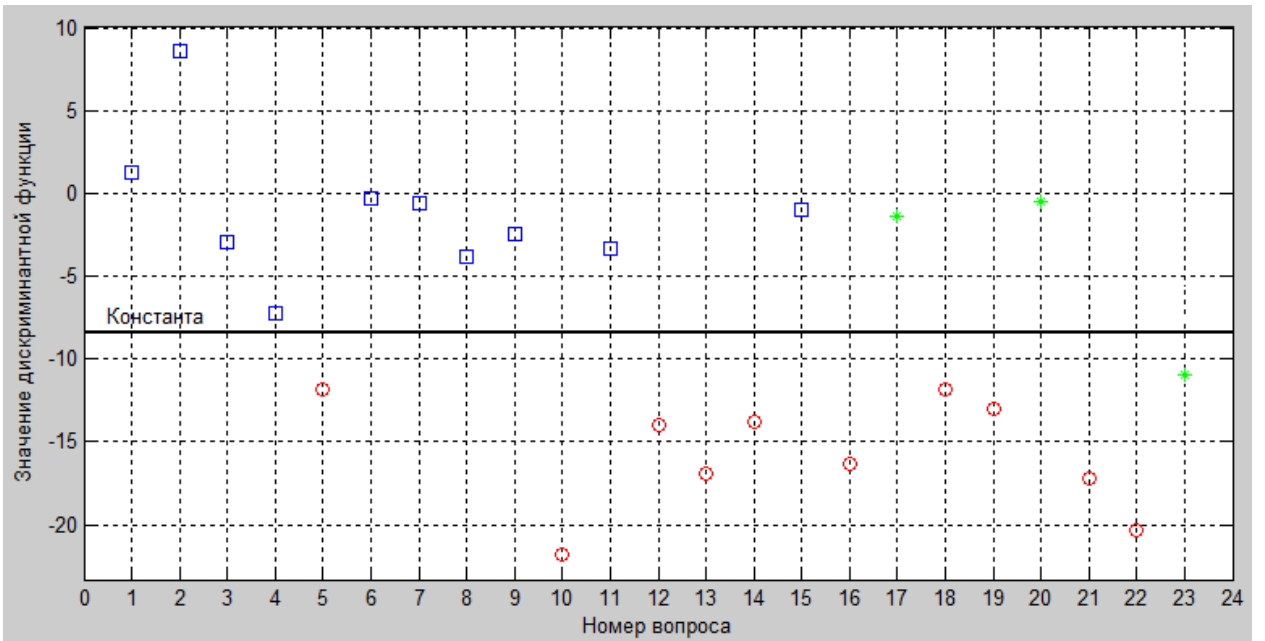
д)

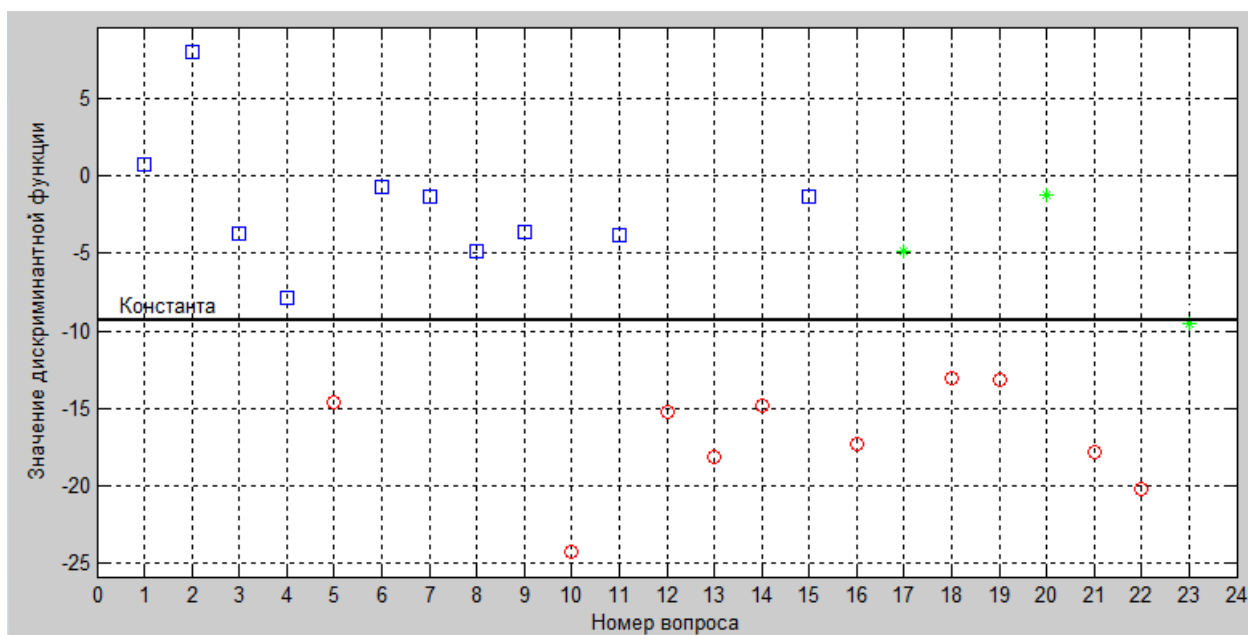
6x10



е)

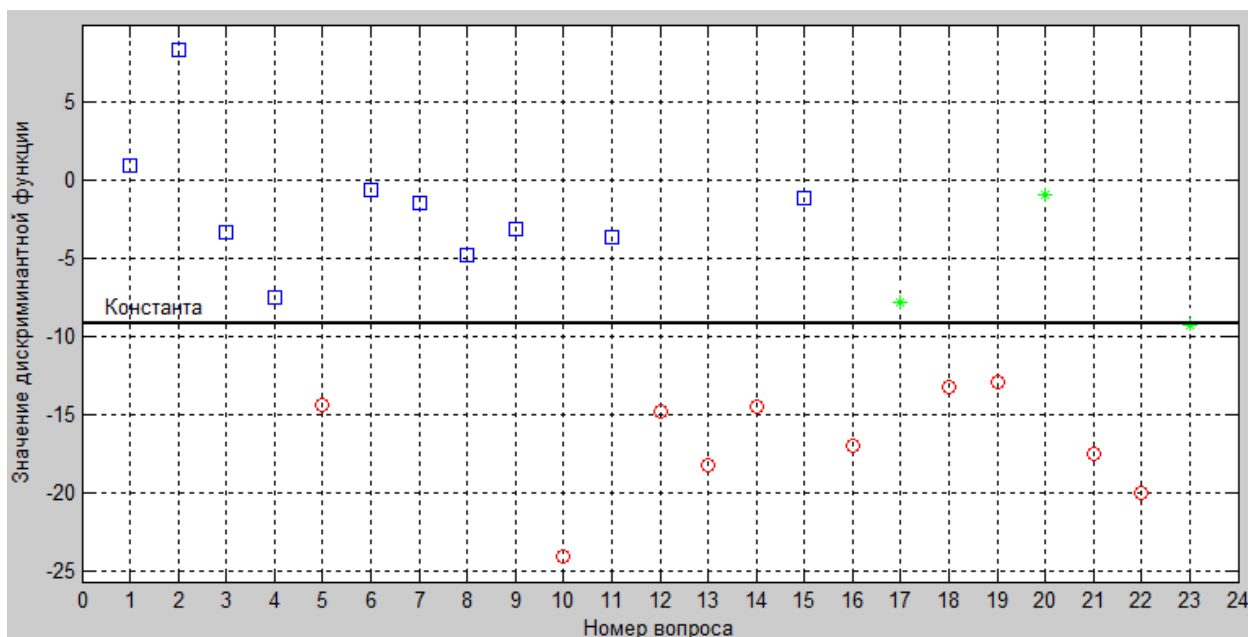
7x10





з)

9x10



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок 5.1 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 1

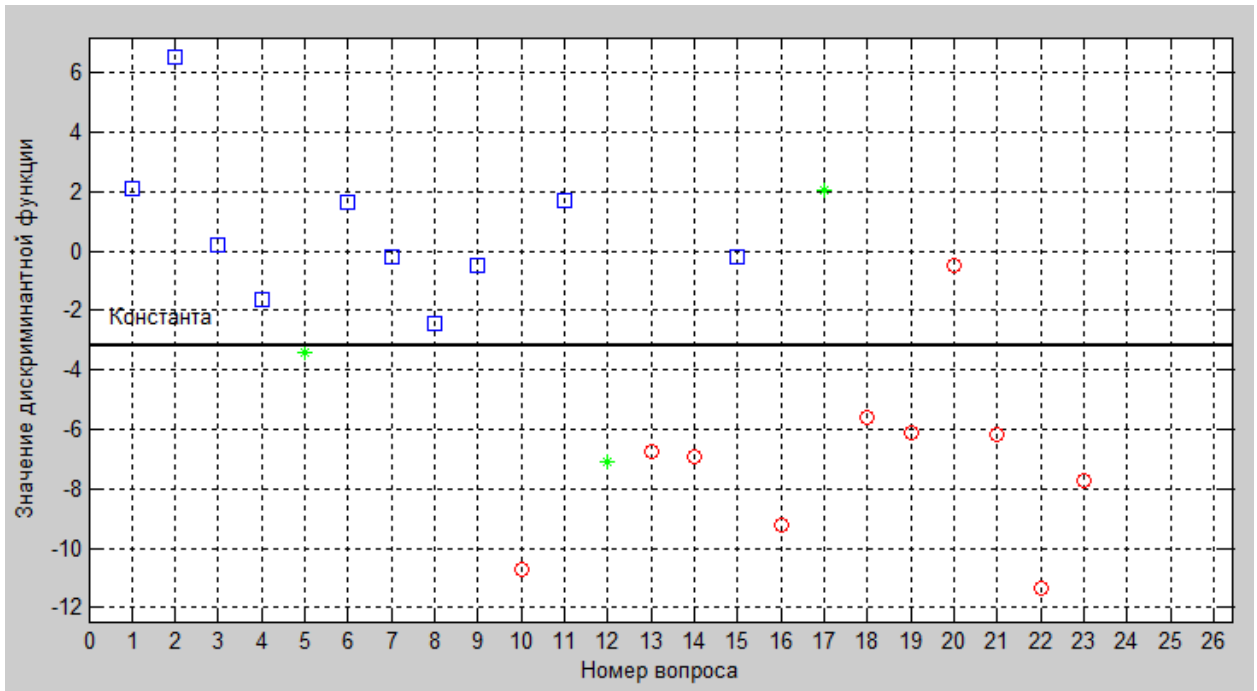
Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 10 до 3 при постоянном числе вопросов, равном 10.

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках 5.2. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в

соответствии с таблицей 5.1, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

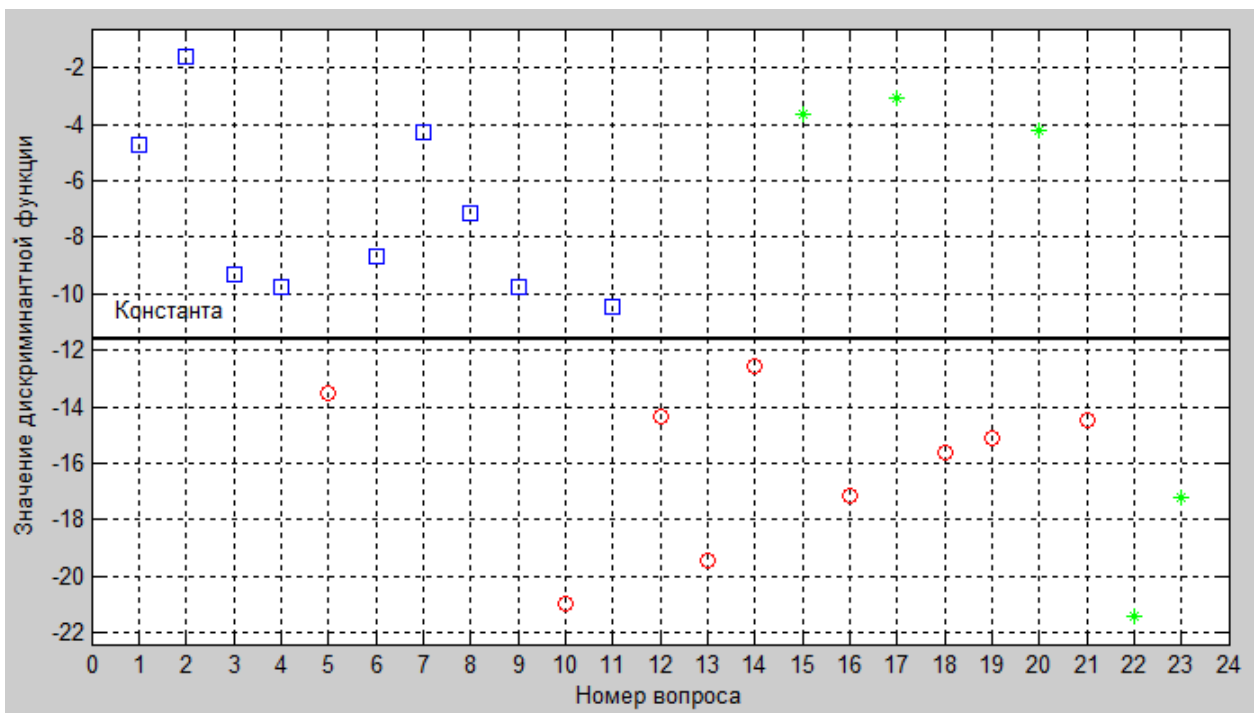
а)

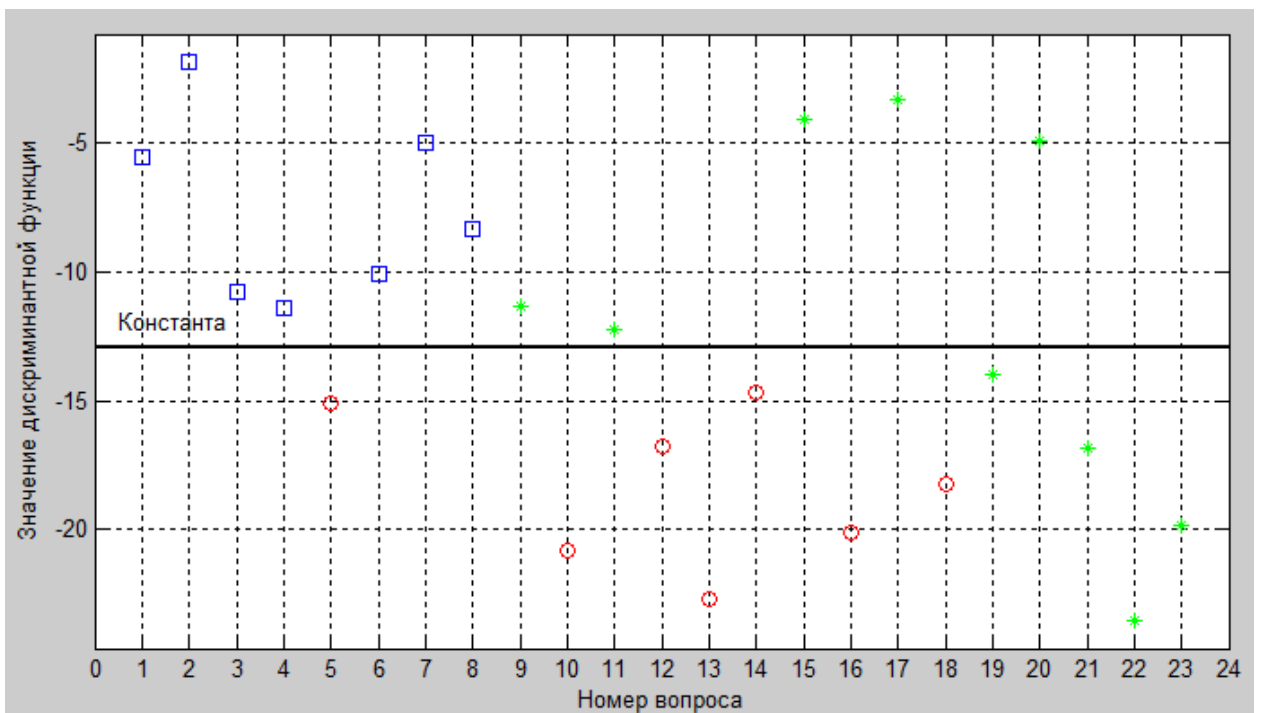
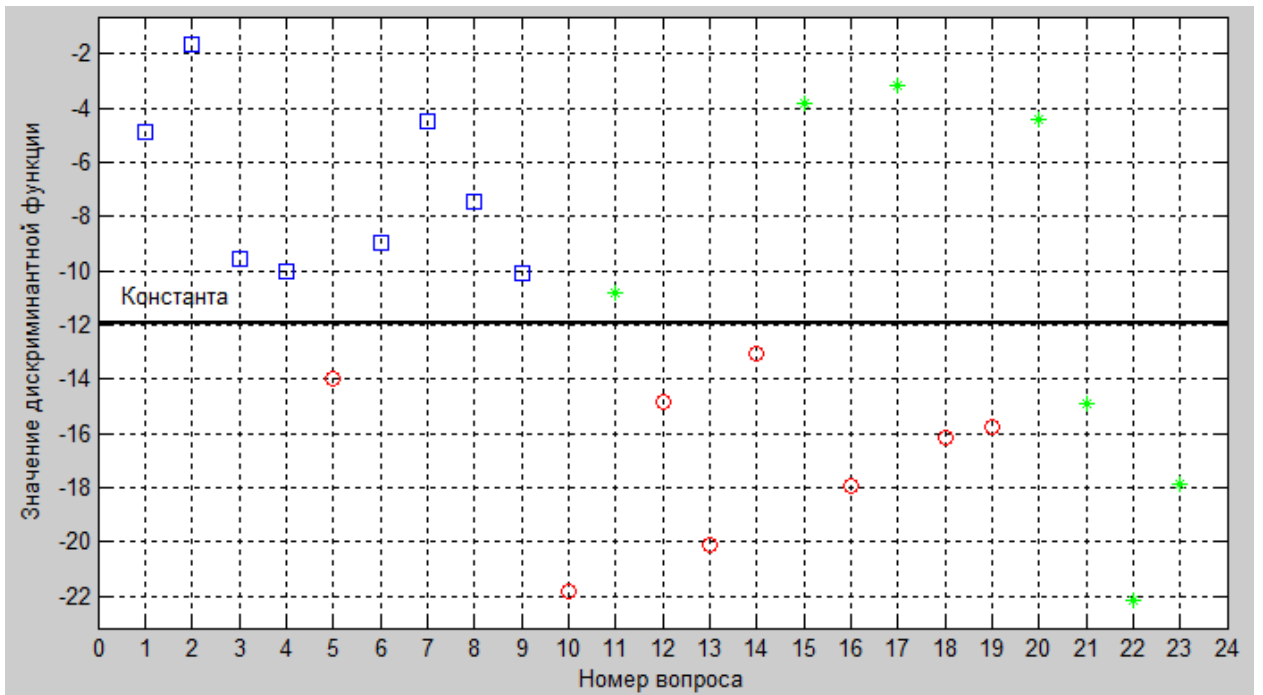
10x10

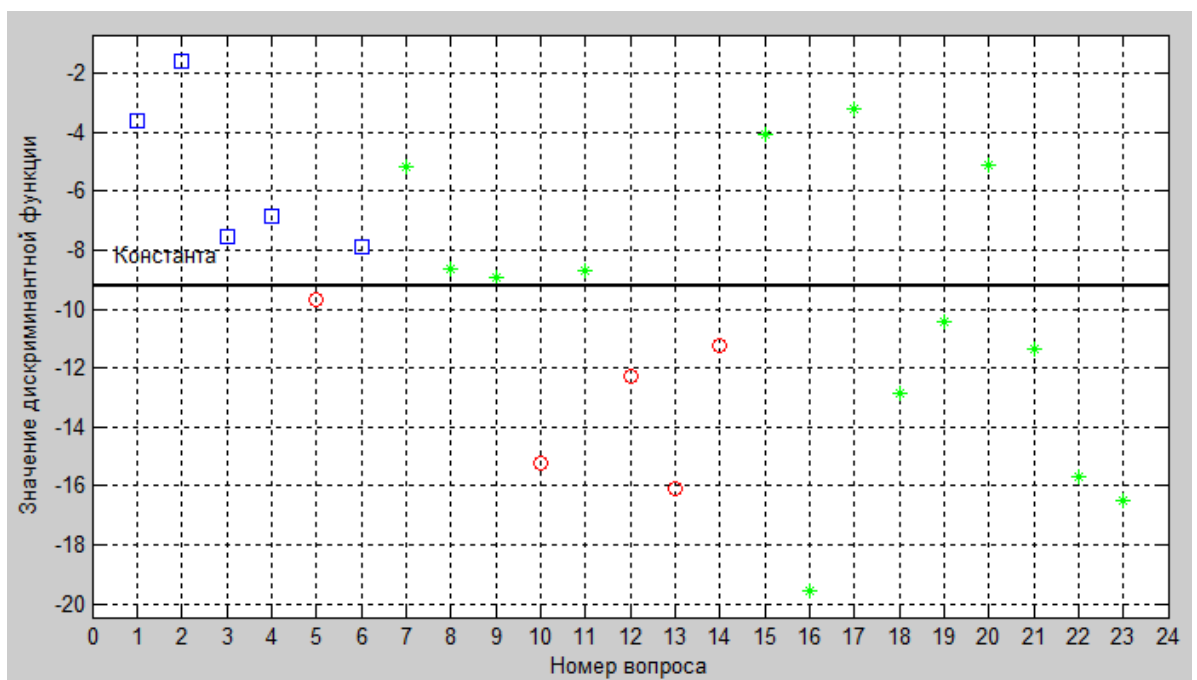
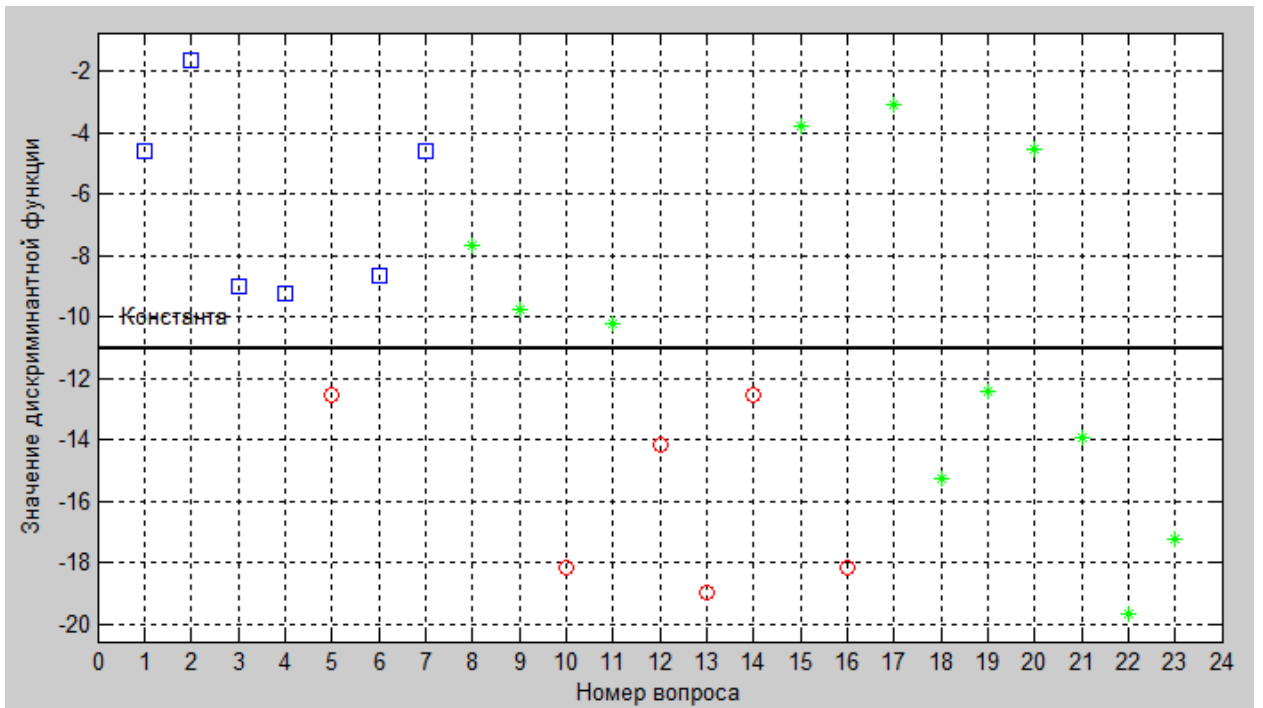


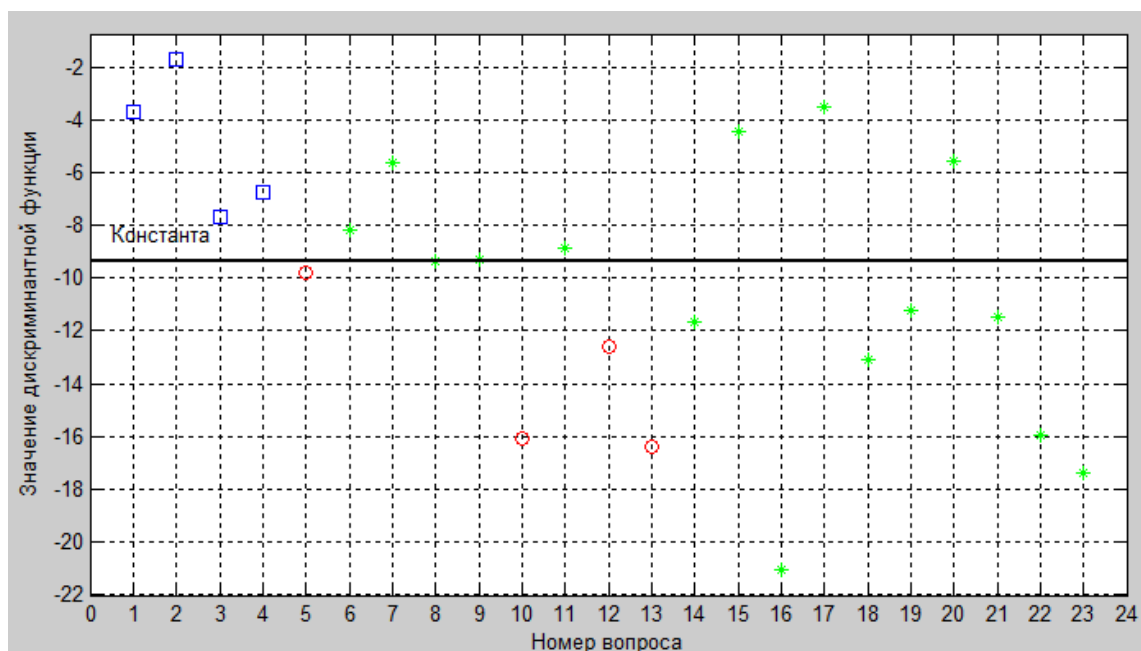
б)

3x9









□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок 5.2 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 1

Данный анализ показывает, что разделение на группы вопросов исследуемого 1 не зависит от количества вопросов при использовании для классификации трёх наиболее значимых параметров.

Анализ результатов 13 исследуемых представлен в Приложении Е.

5.2 Анализ значений коэффициентов дискриминантной функции

С целью определения параметров, которые вносят наибольший вклад в дискриминантную функцию, проведен анализ значений коэффициентов дискриминантной функции. Данные сведены в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Анализ значений коэффициентов дискриминантной функции

Перечень параметров	Значения коэффициентов
1 ΔU – КГР-1(мкВ)	1– -16,3789 ; 2– -17,1130 ; 3 – -6,4001; 4 – -2,1913; 5 – 2,2006; 6 – - 0,9329; 7 – -10,0528; 8 – -9,6773; 9 – 4,1904; 10 – -46,3323 ; 11 – -38,0128 ; 12 – -9,7005 ; 13 – 7,9315 $5/13 \times 100\% = 38,46\%$
2 Изменение ЧСС	1 – 7,8560 ; 2– -5,9621; 3 – - 25,3970 ; 4– - 30,5626 ; 5 – 8,1357; 6 – - 4,5584; 7 – 3,7680; 8 – - 4,2295; 9 – 2,0964; 10 – -6,1107; 11 – 15,8637; 12 – - 21,7204 ; 13 – -22,9603 $4/13 \times 100\% = 30,77\%$
3 Размах импульсов КГР(мкВ)	1– 4,8032; 2– -2,3993; 4 – 12,1784; 5 – - 5,1154; 6 – 5,3213; 12 – -1,6889;
4 Количество импульсов на КГР	1– -11,71 ; 2– -21,2903 ; 4 – - 57,9466 ; 6 – 7,2863 ; 12 – 5,6876; $4/13 \times 100\% = 30,77\%$
5 Размах импульсов ЭЭГ(мкВ)	1– 3,1371; 2 – -11,7709; 3 – 8,5695; 4– - 35,1431 ; 5 – 4,7558; 6 – - 13,8594 ; 7 – 3,2581; 8 – -11,5741 ; 9– -11,9231 ; 10 – -44,6971 ; 11– -43,8550 ; 12 – -8,7246; 13 – -94,1233 $7/13 \times 100\% = 53,85\%$
6 Время реакции КГР-1(с)	1– -0,6275; 2 – 25,4098 ; 3 – - 22,5227 ; 4 – 0,5139; 5 – 11,5023 ; 6 – - 10,1096 ; 7 – 40,4621 ; 8– 34,0674 ; 9 – -1,7783; 10 – -7,9904; 11 – 0,2336; 12 – 4,8767; 13 – -10,0741 $6/13 \times 100\% = 46,15\%$
7 Время до реакции импульсов на КГР(с)	1– 0,4884; 2 – -11,8349; 7 – 1,6825; 11 – -46,3323; 13 – -3,7532;
8 Длительность импульсов реакции на КГР(с)	1 – 2,9561; 4 – 24,1421;
9 Время до реакции импульсов ЭЭГ(с)	1– 6,3946; 2 – -28,5356 ; 4 – 5 – - 9,3878 ; 6 – 3,9022; 7 – -19,4494 ; 8 – 4,1930; 10 – -17,7252 ; 12 – -19,5637 ; $5/13 \times 100\% = 38,46\%$
10 Длительность импульсов ЭЭГ(с)	1– -11,6837 ; 2 – -9,2576; 3 – - 25,5982 ; 4 – - 3,2472; 5 – - 1,1928; 6 – - 9,1888 ; 7 – -18,9868 ; 8 – -11,3665 ; 9 – -7,4444 ; 10 – 15,2282 ; 11 – 2,1287; 12 – - 22,8519 ; 13 – 62,7540 $9/13 \times 100\% = 69,23\%$
11 Размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ)	3 – 0,3357; 4 – 14,8796; 5 – -50,1881 ; 7 – - 26,4172 ; 8 – -24,0551 ; 9 – -14,1046 ; 13 – -178,0545 $5/13 \times 100\% = 38,46\%$

Продолжение таблицы 5.7

Перечень параметров	Значения коэффициентов
12 Длительность скачка на ЭЭГ-1(с)	3 – - 19,3550 ; 4 – - 46,2419 ; 5 – - 7,4293; 7 – 13,3765; 8 – -5,3485; 9– -10,4349 ; 14 – -0,2428 $3/7 \times 100\% = 23,08\%$
13 Изменение микропотенциалов на ЭКГ	3 – - 6,8528; 7 – -12,9619
14 Время до скачка ЭЭГ-1 (с)	5 – - 24,8103 ; 7 – 10,1635; 8 – 1,9725; $1/13 \times 100\% = 7,69\%$
15 Размах скачка на ЭЭГ-2(мкВ)	9 – -4,0000; 13 – -5,7827
16 Длительность скачка на ЭЭГ-2(с)	9 – -5,0000; 13 – 9,9533
17 Время до реакции КГР-1(с)	10 – 8,8145; 11 – -0,5326;
18 deltaU – КГР-2 (мкВ)	11 – -1,2308;
19 Время реакции КГР-2 (с)	12 – 17,2003 ; $1/13 \times 100\% = 7,69\%$
20 Время до реакции КГР-2 (с)	12 – -16,7992 $1/13 \times 100\% = 7,69\%$

В данной таблице обобщены данные значений коэффициентов дискриминантной функции, полученные путем обработки методом ЛДА параметров биопотенциалов, зарегистрированных при исследовании ПЭС у 13 исследуемых. В таблице приняты следующие обозначения: первая цифра – это номер исследуемого; второе число – это значение коэффициента дискриминантной функции; жирным шрифтом обозначены наибольшие коэффициенты дискриминантной функции; проценты отражают долю наибольших коэффициентов дискриминантной функции по отношению к общему количеству коэффициентов.

Представим исследуемые параметры по степени уменьшения вычисленного процента:

- длительность импульсов ЭЭГ (с), 69,23%;
- размах импульсов ЭЭГ (мкВ), 53,85%;
- время реакции КГР (с), 46,15%;
- время до реакции импульсов ЭЭГ (с), 38,46%;
- размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ), 38,46%;
- deltaU – КГР-1(мкВ), 38,46%;
- количество импульсов на КГР, 30,77%;
- изменение ЧСС, 30,77%;
- длительность скачка на ЭЭГ-1(с), 23,08%;
- время до скачка ЭЭГ-1 (с), 7,69 %;
- время реакции КГР-2 (с), 7,69 %;
- время до реакции КГР-2 (с), 7,69 %.

Анализ показал, что наиболее значимыми параметрами для ПЭС при исследовании на АПК высокого разрешения являются: длительность импульсов ЭЭГ(с), размах импульсов

ЭЭГ(мкВ), время реакции КГР(с), время до реакции импульсов ЭЭГ (с), размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ),deltaU – КГР-1(мкВ), количество импульсов на КГР, изменение ЧСС.

5.3 Сравнение записей полиграмм на разработанном АПК с известными полиграммами

Для сравнения регистрируемых сигналов на АПКпри исследовании ПЭС с известными полиграммами приведем примеры записей.

На рисунке 5.3 представлена полиграмма, записанная на стандартном полиграфе РИФ.

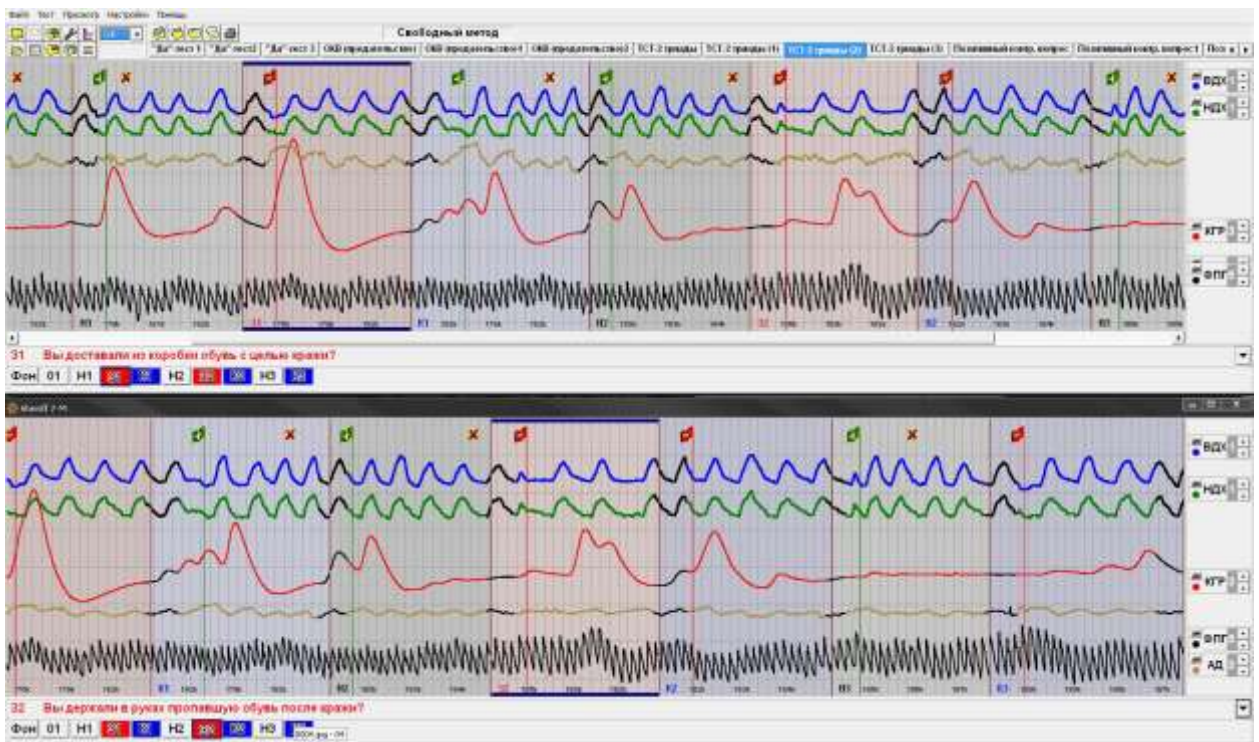
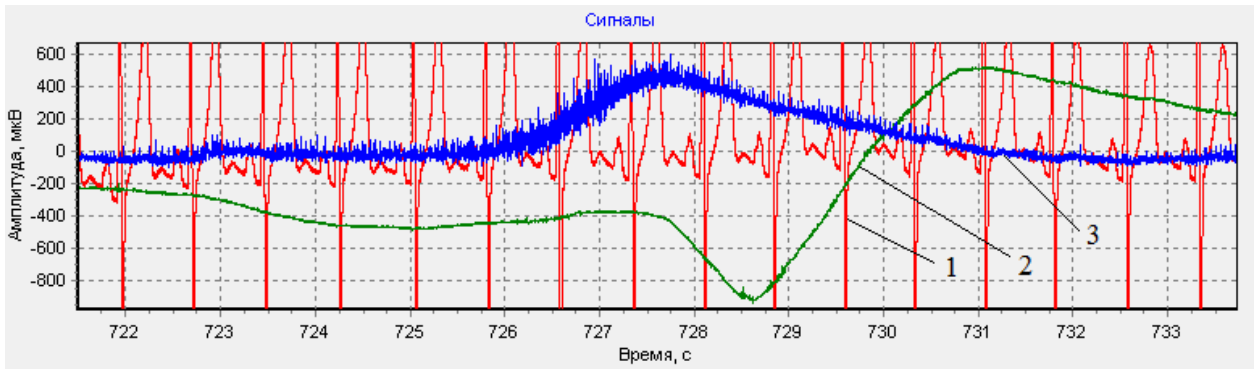


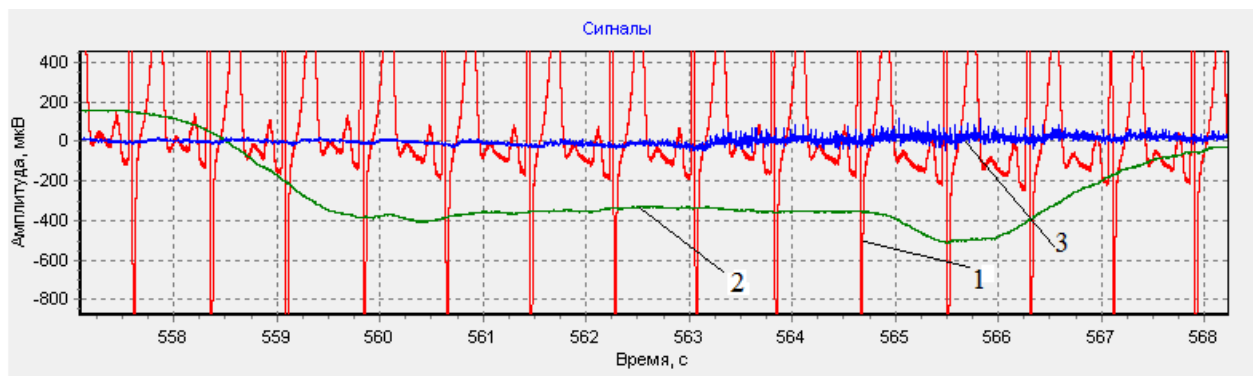
Рисунок 5.3 – Полиграмма, записанная на стандартном полиграфе

На рисунках 5.4-5.5 представлены примеры записей сигналов, зарегистрированных разработанным АПК на наносенсорах в широкой полосе частот. На рисунках 5.4а,б представлены записи сигналов по трём каналам исследуемого 1 при предъявлении волнующих вопросов 18 и 23, таблица 5.1.

а)



б)

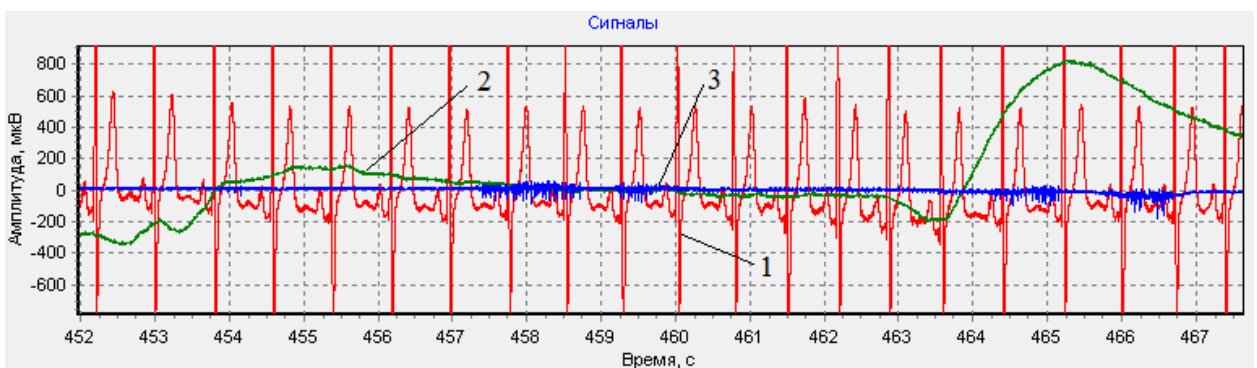


а) волнующий - начало вопроса 558 с, конец 564 с, вопрос 18; б) волнующий – начало вопроса 722 с, конец 730 с, вопрос 23

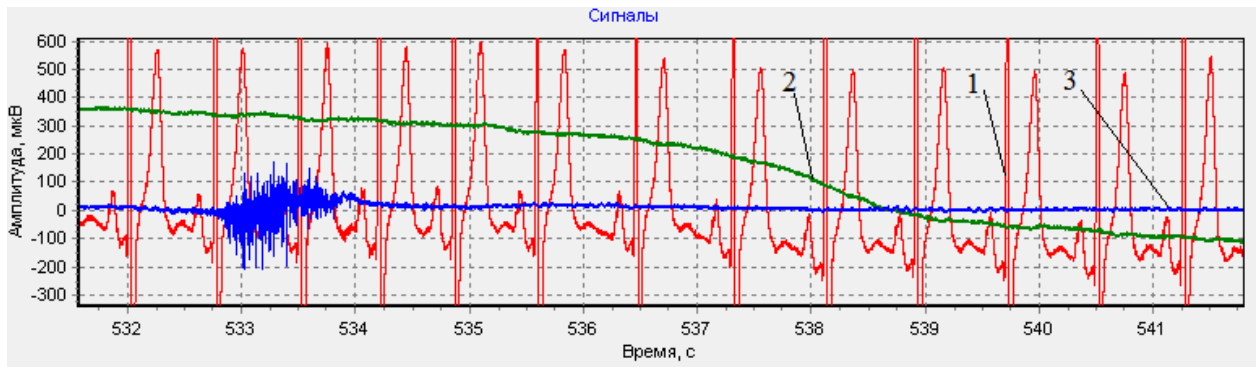
Рисунок 5.4 – Записи сигналов (исследуемый 1) ЭКГ (1), КГР (2), ЭЭГ (3)

На рисунках 5.5а, б представлены записи сигналов по трём каналам исследуемого 12 при предъявлении волнующих вопросов 15 (Вы хотели бы знать дату вашей смерти?) и 17 (Ваши друзья избегают вас, не зовут на мероприятия, вы будете обижены на них?).

а)



б)



а) волнующий - начало вопроса - 452 с, конец - 456 с, вопрос 15; б) волнующий – начало вопроса - 532 с, конец - 536 с, вопрос 17

Рисунок 5.5 – Записи сигналов ЭКГ -1, КГР - 2, ЭЭГ - 3 исследуемого 1

Как видно из представленных результатов, в широкой частотной полосе реакции на волнующие вопросы ярко выражены в отличие от стандартных записей.

ВЫВОДЫ

1) Представлены результаты регистрации и обработки исследования ПЭС исследуемого 1. Данные представлены в виде таблиц и графиков.

2) По данным обработки 13 добровольцев сделан вывод, что наиболее значимыми параметрами при исследовании ПЭС на АПК высокого разрешения являются: длительность импульсов ЭЭГ (с), размах импульсов ЭЭГ (мкВ), время реакции КГР (с), время до реакции импульсов ЭЭГ (с), размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ), изменение потенциала ΔU – КГР-1(мкВ), количество импульсов на КГР, изменение ЧСС. Из них впервые исследуются с высокой точностью размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ) и количество импульсов на КГР.

3) При исследовании ПЭС в широкой частотной полосе реакции на волнующие вопросы качественно отличаются от стандартных записей, реакции ярко выражены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе представлен анализ современных методов и приборов регистрации электрофизиологических параметров, связанных с психоэмоциональным состоянием человека. На данный момент для выявления и фиксирования электрофизиологических показателей существует достаточно большое количество методов. Условием, необходимым для получения успешных результатов психофизиологического исследования, является правильный выбор методики и анализа полученных данных.

Анализ производимых устройств показал их однотипность и малое разнообразие методов и подходов, несмотря на развитие производства современных материалов и вычислительных технологий. Большинство устройств опираются уже на существующие методики, которые разработаны более чем 30 лет назад. При этом усовершенствование направлено, в основном, на математический анализ, минимизацию устройств, применение беспроводных технологий, повышая тем самым удобство использования и анализа, а не углубления изучения феноменов при определении ПЭС.

В то же время, некоторые производители реализовывают подходы, направленные на расширение амплитудных и частотных диапазонов исследования биологических сигналов. Например, в полиграфе «Крис» и исследовательской системе «Болеро» используется чувствительное оборудование, которое, по словам изготовителей, способно регистрировать сигналы, невидимые для большинства современных полиграфов. Данный факт говорит о существующей необходимости расширения границ исследования электрофизиологических параметров ПЭС.

На Российском рынке только единицы приборов обеспечивают подобный многосторонний анализ психофизиологии человека. Остальная часть основана на исследованиях одного определенного или нескольких параметров, по результатам которых ставится диагноз психологического состояния человека. При этом от одного устройства к другому набор параметров не меняется на протяжении многих лет, оставляя «белые пятна» в исследовании психофизиологических процессов человека. Такой подход не дает полной картины состояния пациента и может являться причиной постановки неправильного диагноза и ошибочного формирования курса лечения. При этом наличие научных трудов, освещающих проблему важности психологического здоровья человека в различных сферах его деятельности, а так же наличие исследований, пытающихся раскрыть связь между ПЭС и электрофизиологическими процессами в организме с использованием сложных масштабируемых измерительных систем, показывает нерешенность проблемы и ее обострение

на фоне существующих устройств для исследования ПЭС. Таким образом, анализ показывает необходимость создания новых устройств и внедрения новых методов, использования расширенных частотных и амплитудных диапазонов, а так же, поиска новых маркеров для определения и анализа ПЭС человека.

Основные результаты исследований, проведенных в диссертационной работе, следующие:

1) Разработка технических средств и методов оценки ПЭС, регистрирующих сигналы в расширенном диапазоне частот от 0 до 10000 Гц без фильтрации и усреднения с высокой частотой регистрации и высоким разрешением по уровню является актуальной задачей и позволит получить новую информацию об уровнях сигналов и времени реакции на стрессирующее воздействие, неискаженное фильтрами.

2) Разработан трехканальный аппаратно-программный комплекс на наносенсорах для регистрации ЭКГ, КГР и ЭЭГ в реальном времени в широкой полосе частот от 0 до 10000 Гц, уровнем от 1 мкВ, с частотой дискретизации 64 кГц без фильтрующих звеньев в измерительной цепи для оценки ПЭС.

3) Разработано специальное устройство для наложения левой и правой руки для съёма наносенсорами ЭКГ и КГР для оценки ПЭС, приемлемое для массовых исследований.

4) Дано описание алгоритма обработки электрофизиологических сигналов методом линейного дискриминантного анализа (ЛДА) для оценки ПЭС человека.

5) Разработана программа в программном пакете Matlab для классификации вопросов на 2 группы по параметрам зарегистрированных наносенсорами сигналов в полосе от 0 до 10000 Гц, основанная на методе ЛДА.

6) Разработан алгоритм и программа для детектирования и подсчёта количества импульсов на зарегистрированных сигналах КГР, ЭКГ и ЭЭГ с заданным шагом.

7) Разработана программа и методики исследования ПЭС на добровольцах, в которую включены следующие новые параметры для исследования ПЭС:

- размах импульсов КГР (мкВ),
- количество импульсов на КГР,
- время до реакции импульсов на КГР (с),
- длительность импульсов реакции на КГР (с),
- изменение микропотенциалов на ЭКГ,
- изменение формы Р-волны,
- размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ),
- длительность скачка на ЭЭГ-1(с),
- время до скачка ЭЭГ-1 (с),

- размах скачка на ЭЭГ-2(мкВ),
- длительность скачка на ЭЭГ-2(с),
- время до скачка ЭЭГ-2 (с).

8) По данным обработки 13 добровольцев методом ЛДАсделан вывод, что наиболее значимыми параметрами при исследовании ПЭС на АПК высокого разрешения являются: длительность импульсов ЭЭГ(с), размах импульсов ЭЭГ(мкВ), время реакции КГР(с), время до реакции импульсов ЭЭГ (с), размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ), изменение потенциала ΔU – КГР-1(мкВ), количество импульсов на КГР, изменение ЧСС. Из них впервые исследуются с высокой точностью размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ) и количество импульсов на КГР.

9) При исследовании ПЭС в широкой частотной полосе реакции на волнующие вопросы качественно отличаются от стандартных полиграмм, реакции более ярко выражены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Авдеева, Д.К. Преимущества использования наносенсоров в разработке интерфейсов для биоэлектрических протезов / Д.К. Авдеева, Д.К. Нгуен, Е.А. Захарченко и др. // Материалы VII Научно-практической конференции «Информационно-измерительная техника и технологии» с международным участием 25-28 Мая 2016 г. – Томск: ТГУ, 2016 – с. 503-513.
- 2) Анализатор ЭЭГ Нейровизор БММ-36 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mks.ru/product/neurovisor/nv-36/> (дата обращения: 15.03.2018).
- 3) Анализатор ЭЭГ Нейровизор БММ-52 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mks.ru/product/neurovisor/nv-52/> (дата обращения: 10.02.2018).
- 4) Аркелов, Г.Г. КГР при эмоциональных, ориентировочных и двигательных реакциях / Г.Г. Аркелов, Е.К Шотт // Психологический журнал. – 1998. - № 4.
- 5) Афанасьева, Ю.И. Гистология, эмбриология, цитология / Ю.И. Афанасьева, Н.А. Юриной. – 6-е изд. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 800 с.
- 6) Аффифи, А. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ / А. Аффифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
- 7) Большой энциклопедический словарь. - 2-е изд. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2002. - 1456 с.
- 8) Бразовский, К.С. Методы и технические средства оценки функционального состояния головного мозга человека на основе электрических измерений: дис. ...д-ра.техн. наук: 05.11.17 / Бразовский Константин Станиславович. – Томск, 2015. – 369 с.
- 9) Варламов, В.А. Детектор лжи. 2-е издание / В.А. Варламов. – М.: ПЕР СЭ-Пресс, 2004. – 352 с.
- 10) Возможности ИПЭР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iper1k.ru/vozmojnosti.html> (дата обращения: 15.03.2018).
- 11) Голубинский, А.Н. Выявление эмоционального состояния человека по речевому сигналу на основе вейвлет-анализа / А.Н. Голубинский // Вестник Воронежского института МВД России. - 2011. - №3. - С. 144-153.
- 12) Давыдов, А.Г. Классификация эмоционального состояния диктора по голосу: проблемы и решения / А.Г Давыдов, Д.С. Кочетков, В.В. Киселев // Труды международной конференции «Диалог 2011». - М.: РГТУ, 2011. - С. 178-185.
- 13) Дианел-5120 аппаратно-программный комплекс для регистрации и оценки психофизиологического и психоэмоционального состояния человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nelian.ru/product/dianel-5120-psychophysiological-and-psycho-emotional->

testing-machine/ (дата обращения: 15.03.2018).

14) Заявка на изобретение № 97119888 РФ, МПК А61В5/05. Способ экспресс-диагностики / Н.К. Игнатъев; Заявитель и патентообладатель Н.К. Игнатъев. - № 97119888; заявл. 09.12.1997; опубл. заявки 27.08.1999.

15) Зудбинов, Ю.И. Азбука ЭКГ / Ю.И. Зудбинов. - 3-е изд. - М. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. - 160 с.

16) Иванов, М.Л. Детектирование элементов в кардиосигнале. / М.Л. Иванов, Н.В. Турушев, Д.К. Нгуен // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018612832 (RU); заявка № 2018610071 от 09.01.2018, дата рег. 01.03.2018; Бюл. № 1 от 01.03.2018.

17) Иванов, М.Л. Разработка и исследование электрокардиографического аппаратно-программного комплекса на наносенсорах для регистрации микропотенциалов сердца в реальном времени без усреднения и фильтрации: дис. ...канд. техн. наук: 05.11.17 / Иванов Максим Леонидович. – Томск, 2015. – 258 с.

18) Исаев, Д.Н. Медико-психологические аспекты психосоматических заболеваний и внутренняя картина болезни в детском возрасте / Д.Н. Исаев // Психические аспекты педиатрии. - 1985. - С. 87 – 92.

19) Китаев-Смык, Л.А. Организм и стресс: стресс жизни и стресс смерти / Л.А. Китаев-Смык. - М.: НПФ «Смысл», 2013. - 570 с.

20) Классификация стресса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://amazingwoman.ru/psihologiya/stress/klassifikaciya-stressa/> (дата обращения: 15.02.2018).

21) Комплектация и стоимость [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.polyconius.ru/production/komplektaciya_oborudovaniya/index.php (дата обращения: 10.02.2018).

22) Компьютерный полиграф (детектор лжи) "Барьер-14" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://antey-group.ru/barrier14.html> (дата обращения: 10.02.2018).

23) Компьютерный полиграф (детектор лжи) "Крис" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://antey-group.ru/chris.html> (дата обращения: 10.02.2018).

24) Компьютерный полиграф (детектор лжи) "Риф" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://antey-group.ru/reef.html> (дата обращения: 10.02.2018).

25) Констандов, Э.А. Изменения корковых вызванных потенциалов на эмоциональные зрительные стимулы под влиянием амизила у человека / Э.А. Констандов, Ю.Л. Арзуманов // Журн. ВнД. - 1971. - №6. - С. 1247-1255.

26) Кудлаев, С.В. Применение спектрального анализа электроэнцефалограммы в оценке личностных особенностей здоровых лиц / С.В. Кудлаев, Л.Ю. Брохин, Ю.В. Каракулова //

Медицинский альманах. - 2013. - №25. - С. 165-167.

27) Кулаичев, А.П. Об информативности когерентного анализа в исследованиях ЭЭГ / А.П. Кулаичев // Журнал высшей нервной деятельности. - 2009. - №59. - С. 766-775.

28) Лапин, И.А. ЭЭГ-маркеры депрессивных состояний / И.А. Лапин, М.В. Алфимова // Социальная и клиническая психиатрия. - 2014. - №4. - С. 81-89.

29) Литвинцев, С.В. Комплексная терапия агорафобии с паническим расстройством / С.В. Литвинцев, А.М. Резник, А.Л. Арбузов и др // Психиатрия. - 2003. - №3. - С. 34 – 40.

30) Лукьяница, А.А. Автоматическое определение изменений эмоционального состояния по речевому сигналу / А.А. Лукьяница, А.Г. Шишкин // Речевые технологии. - 2009. - №3. - С. 60-76.

31) Мельникова, Т.С. Обзор использования когерентного анализа ЭЭГ в психиатрии / Т.С. Мельникова, И.А. Лапин, В.В. Саркисян // Социальная и клиническая психиатрия. - 2009. - №1. - С. 90-94.

32) Методика определения стрессоустойчивости и социальной адаптации холмса и rage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://psikholog.info/testy/metodika-opredeleniya-stressoustoychivosti-i-socialnoy-adaptacii-holmsa-i-rage/> (дата обращения: 15.03.2018).

33) Минкин, В.А. ВиброИзображение / В.А. Минкин. - СПб.: РЕНОМЕ, 2007. - 61 с.

34) Назаров, А.И. О чём ещё могут рассказать электро-кожные потенциалы? / А.И. Назаров // Психологический журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна». - 2014. - №4. - С. 109-122.

35) Нгуен, Д.К. Обзор методов и систем исследования эмоционального стресса человека. / Д.К. Нгуен, М.М. Южаков, Д.К. Авдеева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №2. - С. 1-11.

36) Нгуен, Д.К. Обзор методов оценки психоэмоционального состояния человека / Д.К. Нгуен, М.М. Южаков // Материалы VI Научно-практическая конференция с международным участием «Информационно-измерительная техника и технологии» 27-30 мая 2015 г. – Томск: ТПУ, 2015 – с. 108-111.

37) Нгуен, Д.К. Обзор электрофизиологических методов оценки состояния человека / Д.К. Нгуен // Материалы II Международная научная конференция: «Иностранный язык в контексте проблем профессиональной коммуникации», 27-29 апреля 2015 г. – Томск : ТПУ, 2015. - С. 199-201.

38) Нгуен, Д.К. Перспективы применения наносенсоров в неинвазивном исследовании электрической активности групп кардиомиоцитов человека / Д.К. Нгуен, А.Б. Абдрахманов // Сборник научных трудов XXIII Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых, 1-5 Апреля 2017. – г. Екатеринбург: УФУ, 2017 – с. 314-315.

39) Нгуен, Д.К. Разработка и исследование аппаратуры на наносенсорах для оценки психоэмоционального состояния человека / Д.К. Нгуен, Д.К. Авдеева, М.Л. Иванов и др. // Сборник тезисов IV Международной конференции по инновациям в неразрушающем контроле SIBTEST 2017, 26-30 Юня 2017 г. – г. Новосибирск, 2017 – с. 106-108.

40) Никандров, В.В. Экспериментальная психология / В.В. Никандров. - «Речь» изд. - М. Спб: 2003. - 480 с.

41) Официальный сайт компании "Limestone Technologies" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://limestonetech.com/products/polygraph-pro-suite/paragon-acquisition-system/> (дата обращения: 20.02.2018).

42) Патент № 107482 РФ, МПК А61М21/00. Устройство для оценки психоэмоционального состояния человека / С.М. Качнов, А.И. Балыкин, Т.В. Балыкина-Милушкина; Заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью АРС «Гармония». - № 2011102973/14; заявл. 27.01.2011; опубл. 20.08.2011, Бюл. №23.

43) Патент № 2073484 РФ, МПК А61В5/04. Способ определения эмоционального стресса и устройство для его осуществления / Е.А. Юматов; Заявитель и патентообладатель Юматов Евгений Антонович. - № 9393027568/14; заявл. 17.05.1993; опубл. 20.02.1997, Бюл. № 15.

44) Патент № 20824 РФ, МПК А61В5/00. Устройство контроля и коррекции работоспособности специалистов / Е.К. Айдаркин, Г.С. Гутянский, В.М. Львов, Н.В. Пахомов; Заявитель и патентообладатель: Айдаркин Евгений Константинович и Гутянский Геннадий Степанович. - № 2001115255/20; заявл. 05.06.2001; опубл. 10.12.2001, Бюл. №34.

45) Патент № 2187904 РФ, МПК Н04N5/14. Способ и устройство преобразования изображения / В.А. Минкин, А.И. Штам; Заявитель и патентообладатель Многопрофильное предприятие ООО «Элсис». - № 2000132334/09; заявл. 19.12.2000; опубл. 20.08.2002, Бюл. №23.

46) Патент № 2246251 РФ, МПК А61В5/0452. Способ оценки психофизиологического состояния человека по сердечному ритму / В.А. Годунов, Д.А. Третьяков, Б.Б. Некрасов, А.В. Бандурин, Е.В. Мещеряков; Заявитель и патентообладатель ЗАО «Транзас». - № 2003115461/14; заявл. 14.05.2003; опубл. 20.02.2015, Бюл. № 5.

47) Патент № 2248745 РФ, МПК А61В5/02. Способ исследования функционального состояния головного мозга и устройство для его реализации / С.М. Захаров, А.А. Скоморохов, Б.Е. Смирнов; Заявитель и патентообладатель НПКФ «Медиком МТД». - № 2003123600/14; заявл. 25.07.2003; опубл. 27.03.2005, Бюл. № 9.

48) Патент № 2286090 РФ, МПК А61В5/16. Устройство для определения психофизиологического состояния и функциональных возможностей человека / В.Н. Брыксин, М.Г. Кавджарадзе, В.С. Колончин; Заявитель и патентообладатель ООО «Содружество». - №

2004128318/14; заявл. 23.09.2004; опубл. 27.10.2006, Бюл. №30.

49) Патент № 2289310 РФ, МПК А61В5/11. Способ получения информации о психофизиологическом состоянии живого объекта / В.А. Минкин, А.И. Штам; Заявитель и патентообладатель Многопрофильное предприятие ООО «Элсис». - № 2004105081/14; заявл. 16.02.2004; опубл. 20.12.2006, Бюл. №35.

50) Патент № 2510621 РФ, МПК А61В5/02. Способ комплексной оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях / О.И. Орлов, Е.Ю. Берсенев, Р.М. Баевский, Д.А. Прилуцкий, А.П. Берсенева; Заявитель и патентообладатель ГНЦ РФ ИМБП РАН. - № 2013103999/14; заявл. 30.01.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. №10.

51) Патент № 2579422 РФ, МПК А61В5/0452. Способ скрытной оценки и мониторинга опасных психофизиологических состояний оператора человеко-машинных систем в процессе профессиональной деятельности / Б.Н. Епифанцев, А.С. Ковальчук; Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО СибАДИ. - № 2014143870/14; заявл. 29.10.2014; опубл. 10.04.2016, Бюл. №10.

52) Портативный диагностический комплекс «ЛОТОС» // Научно-производственная фирма «ДИНАМИКА»: Документация пользователя. – М.: Санкт-Петербург, 2013. – 40С.

53) Программно-аппаратный комплекс Омега-М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lido-zel.ru/techno-omega.htm> (дата обращения: 15.03.2018).

54) Психосоматические заболевания и стресс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.no-stress.ru/stress/health/psychosomatic.html> (дата обращения: 15.02.2018).

55) Русалова, М.Н. Влияние эмоций на активизацию левого и правого полушарий головного мозга / М.Н. Русалова // Физиология человека. - 1987. - №5. - С. 754-770.

56) Свидетельство на полезную модель № 31718 РФ, МПК А61В5/16. Устройство для измерения психофизиологических параметров человека / Г.А. Кураев, В.Б. Войнов, В.В. Золотухин, Ю.М. Солотенко; Заявитель и патентообладатель: Ростовский государственный университет. - № 2003104469/20; заявл. 19.02.2003; опубл. 27.08.2003.

57) Симонов, П.В. Эмоциональный мозг. Физиология, нейроанатомия, психология эмоций / П.В. Симонов. - "Наука" изд. - М.: 1981. - 216 с.

58) Система Болеро для психофизиологических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neurobotics.ru/psychophysiology/bolero> (дата обращения: 15.03.2018).

59) Система контроля психоэмоционального состояния человека [Электронный ресурс] 3D система виброизображения. – Режим доступа: <http://www.elsys.ru/vibraimage.php> (дата обращения: 15.03.2018).

60) Специальные шкалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anteu-group.ru/scales.html> (дата обращения: 10.02.2018).

- 61) Турушев, Н.В. Электрокардиограф для неинвазивной регистрации спонтанной активности клеток миокарда с целью раннего обнаружения признаков внезапной сердечной смерти: дис. ...канд. техн. наук: 05.11.17 / Турушев Никита Владимирович. – Томск, 2016. – 303 с.
- 62) Урбах, В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях / В.Ю. Урбах. – М.: Медицина, 1975. – 294 с.
- 63) Фазы стресса и его влияние на организм человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://med-pomosh.com/?p=3404> (дата обращения: 15.02.2018).
- 64) Фокин, В.Ф. Руководство по функциональной межполушарной асимметрии / В.Ф. Фокин, И.Н. Боголепова, Б. Гутник и др. - М.: Научный мир, 2009. - 836 с.
- 65) Хроматиди, А.Ф. Исследование психофизиологического состояния человека на основе эмоциональных признаков речи: дис. ...канд. тех. наук: 05.11.17, 05.13.01 / Хроматиди Александра Феодосиевна. – Таганрог, 2005. – 154 с.
- 66) Шкала Гамильтона для оценки депрессии (HDRS) – описание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.psychiatry.ru/stat/89> (дата обращения: 15.03.2018).
- 67) Шкала Цунга для самооценки степени депрессии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nmikhaylova.ru/zang/> (дата обращения: 15.03.2018).
- 68) Южаков, М.М. Разработка и исследование методов и технических средств нановольтового и микровольтового уровня для электрофизиологических исследований: дис. ... канд. тех. наук: 05.11.17 / Южаков Михаил Михайлович. – Томск, 2012. – 135 с.
- 69) 6 Surprising Statistics about Stress around the World [Электронныйресурс]. – Режимдоступа: <http://magazine.thebusylifestyle.com/2017/09/15/stress-statistics-worldwide/#> (датаобращения: 10.03.2018).
- 70) Abhang, P.A. Proposed EEG/Speech-Based Emotion Recognition System: A Case Study / P.A. Abhang, B.W. Gawali, S.C. Mehrotra // Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition. - 2016. - С. 127-163.
- 71) Abhang, P.A. Technical Aspects of Brain Rhythms and Speech Parameters / P.A. Abhang, B.W. Gawali, S.C. Mehrotra // Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition. - 2016. - С. 51-79.
- 72) Affanni, A. Design and characterization of a real-time, wearable, endosomatic electrodermal system / A. Affanni, G. Chiorboli // Measurement. - 2015. - №75. - С. 111–121.
- 73) Alexander, L.S. Abnormal asymmetry of N200 and P300 event-related potentials in subclinical depression / L.S. Alexander, V. Kumari, B.C. Heasman // Journal of Affective Disorders. - 2006. - №2-3. - С. 171-183.

74) Appelhans, B. Heart rate variability as an index of regulated emotional responding / B. Appelhans, L. Luecken // *Rev Gen Psychol.* - 2006. - №10. - С. 229–240.

75) Avdeeva, D.K. Advantages of Nanosensors in the Development of Interfaces for Bioelectric Prostheses. / D.K. Avdeeva, E. Zakharchenko, D.Q. Nguyen, N.V. Turushev, A. Abdrakhmanov, S. Tverdokhlebov // *MATEC Web of Conferences.* - 2016. - №79. - С. 1-9.

76) Avdeeva, D.K. Analysis of the effect of filtering elements on EEG and EMG recorded with high sensitivity channel based on nanoelectrodes / D.K. Avdeeva, N.V. Turushev, M.L. Ivanov, M.A. Yuzhakova, M.G. Grigoriev // *Biology and Medicine.* - 2014. - №6. - С. 1-6.

77) Avdeeva, D.K. Development and investigation of the nanosensor-based apparatus to assess the psycho-emotional state of a person / D.K. Avdeeva, D.K. Nguyen, M.L. Ivanov, N.M. Natalinova, S.A. Rybalka, N.V. Turushev // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf.* - 2017. - № 881. - С. 1-6.

78) Avdeeva, D.K. The simulation results of the high-pass and low-pass filter effect on the quality of micropotential recordings on the electrocardiogram / D.K. Avdeeva, V.Y. Kazakov, N.M. Natanilova, M.L. Ivanov, M.A. Yuzhakova, N.V. Turushev // *European Journal of Physical and Health Education.* - 2015. - №6. - С. 1-10.

79) Baker, S.N. Oscillatory interactions between sensorimotor cortex and the periphery / S.N. Baker // *Current Opinion in Neurobiology.* - 2007. - №6. - С. 649-655.

80) Bal, E. Emotion recognition in children with autism spectrum disorders: relations to eye gaze and autonomic state / E. Bal, E. Harden, D. Lamb, A.V. Van Hecke, J.W. Denver, S.W. Porges // *Journal of Autism and Developmental Disorders.* - 2010. - №40. - С. 358-370.

81) B-ALERT WIRELESS EEG HEADSET SYSTEMS. ProductSheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.biopac.com/wp-content/uploads/B-Alert.pdf> (дата обращения: 04.02.2018).

82) Bazanova, O.M. Interpreting EEG alpha activity / O.M. Bazanova, D. Vernon // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* - 2014. - №44. - С. 94-110.

83) Becker, D.E. Fundamentals of Electrocardiography Interpretation / D.E. Becker // *Anesthesia Progress.* - 2006. - №2. - С. 53-64.

84) Benedek, M. Alpha power increases in right parietal cortex reflects focused internal attention / M. Benedek, R.J. Schickel, E. Jauk et al. // *Neuropsychologia.* - 2014. - №56. - С. 393-400.

85) Bergovec, M. Acute myocardial infarction among civilians in Zagreb city area / M. Bergovec, S. Mihatov, S. Rogan et al. // *US National Library of Medicine.* - 1992. - № 8788.- С. 303.

86) Betella, A. Inference of human affective states from psychophysiological measurements extracted under ecologically valid conditions / A. Betella, R. Zucca, R. Cetnarski et al. // *Frontiers in Neuroscience.* - 2014. - №8. - С. 286-296.

87) Boucsein, W. *Electrodermal Activity* / W. Boucsein. - 2-е изд. - New York: Springer,

2012. - 618 с.

88) 88. Boucsein, W. Publication recommendations for electrodermal measurements / W. Boucsein, D.C. Fowles, S. Grimnes et al. // *Psychophysiology*. - 2012. - № 8. - С. 1017–1034.

89) Bradley, M.M. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential / M.M. Bradley, P.J. Lang // *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*. - 1994. - №25. - С. 49-59.

90) Buzsáki, G. Rhythms of the Brain / G. Buzsáki. OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2006. - 465 с.

91) Collinger, J.L. 7 degree-of-freedom neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia / J.L. Collinger, B. Wodlinger, J.E. Downey et al. // *The Lancet*. - 2013. - № 9866. - С. 575-590.

92) Correlationandlinearregression [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biostathandbook.com/linearregression.html> (дата обращения: 20.06.2018).

93) CpsproPolygraphSystems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.stoeltingco.com/polygraphinstruments/cpspro/cpspro-systems.html> (дата обращения: 20.02.2018).

94) Cuthbert, B.N. Probing picture perception: Activation and emotion / B.N. Cuthbert, M.M. Bradley, P.J. Lang // *Psychophysiology*. - 1996. - № 3. - С. 103-111.

95) Depression [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs369/en/> (дата обращения: 10.03.2018).

96) Dishman, R. Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women / R. Dishman, Y. Nakamura, M. Garcia, R. Thompson, A. Dunn, S. Blair // *International Journal of Psychophysiology*. - 2000. - № 37. - С. 121-133.

97) Duret, C.S. Experimental contribution to the study of the electrodermogram and of the psychogalvanic reflex in man / C.S. Duret, R.L. Duret // *Acta Neurologica Et Psychiatrica Belgica*. - 1956. - №4. - С. 213-237.

98) Electrophysiology TF of the ES of C the NAS of P. Heart Rate Variability // *Circulation*. - 1996. - №5. - С. 1043-1065.

99) Geisler, F.C. The impact of heart rate variability on subjective well-being is mediated by emotion regulation / F.C. Geisler, N. Vennewald, T. Kubiak, H. Weber // *Personality and Individual Differences*. - 2010. - № 49. - С. 723-728.

100) Goldstein, D. Stress, Catecholamines, and Cardiovascular disease / D. Goldstein. - M. New York: Oxford University Press, 1995.

101) Grigoriev, M.G. Computer Simulation of Cardiac Electrical Activity using an Electrocardiograph on Nanosensors / M.G. Grigoriev, N.V. Turushev // *Advanced Materials Research*.

- 2014. - № 1040. - С. 928-932.

102) Hayano, J. Short- and long-term effects of cigarette smoking on heart rate variability / J. Hayano, M. Yamada, Y. Sakakibara, T. Fujinami, K. Yokoyama, Y. Watanabe // *The American Journal of Cardiology*. - 1990. - № 65. - С. 84-88.

103) Hayashi, T. Beta Activities in EEG Associated with Emotional Stress / T. Hayashi, E. Okamoto, H. Nishimura et al // *IC-Med Journal*. - 2013. - № 1. - С. 57-68.

104) Herrmann, M.J. Early stages (P100) of face perception in humans as measured with event-related potentials (ERPs) / M.J. Herrmann, A.C. Ehlis, H. Ellgring // *Journal of Neural Transmission*. - 2005. - № 8. - С. 1073-1081.

105) History and term ECG (Electrocardiogram) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mednovis.de/en/products/mobile-ecg-unit/> (дата обращения: 15.03.2018).

106) Hughes, J.R. Gamma, fast, and ultrafast waves of the brain: Their relationships with epilepsy and behavior / J.R. Hughes // *Epilepsy & Behavior*. - 2008. - № 1. - С. 25-31.

107) IMOTIONS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://imotions.com/about/> (дата обращения: 06.02.2018).

108) InternationalPolygraphSales [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.polygraphis.com/product.htm> (дата обращения: 20.02.2018).

109) Jönsson, P. Respiratory sinus arrhythmia as a function of state anxiety in healthy individuals / P Jönsson // *International Journal of Psychophysiology*. - 2007. - № 1. - С. 48-54.

110) Jurak, P. Ventricular dyssynchrony assessment using ultra-high frequency ECG technique / P. Jurak, J. Halamek, J. Meluzin et al. // *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology*. - 2017. - № 3. - С. 245–254.

111) Kallivayalil, R.A. Understanding and managing somatoform disorders: Making sense of non-sense / R.A. Kallivayalil, V.P. Punnoose // *Indian J Psychiatry*. - 2010. - № 52. - С. 240-245.

112) Karason, K. Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss / K. Karason, H. Mølgaard, J. Wikstrand, L. Sjöström // *The American Journal of Cardiology*. - 1999. - № 83. - С. 1242-1247.

113) Kashdan, T.B. Psychological flexibility as a fundamental aspect of health / T.B. Kashdan, J. Rottenberg // *Clinical Psychology Review*. - 2010. - № 30. - С. 865-878.

114) Kemp, A.H. Impact of depression and antidepressant treatment on heart rate variability: a review and meta-analysis / A.H. Kemp, D.S. Quintana, M.A. Gray, K.L. Felmingham, K. Brown, J.M. Gatt // *Biological Psychiatry*. - 2010. - №67. - С. 1067-1074.

115) Kim, J. Emotion recognition based on physiological changes in music listening / J. Kim, E. André // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. - 2008. - № 12. - С. 2067-2083.

- 116) Klem, G. The ten-twenty electrode system of the International Federation / G. Klem, H. Luders, H. Jasper, C. Elger // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. - 1999. - № 52. - С. 3-6.
- 117) Knyazev, G.G. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations / G.G. Knyazev // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. - 2007. - № 31. - С. 377-395.
- 118) Kop, W.J. Effects of acute mental stress and exercise on T-wave alternans in patients with implantable cardioverter defibrillators and controls / W.J. Kop, D.S. Krantz, B.D. Nearing et al. // *US National Library of Medicine*. - 2004. - № 15. - С. 1864-1869.
- 119) Lafayette Instrument Polygraph Brochure 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.limef.com/downloads/Lafayette-Instrument-Polygraph-Brochure-2018.pdf> (дата обращения: 20.02.2018).
- 120) Leor, J. Sudden cardiac death triggered by an earthquake / J. Leor, W.K. Poole, R.A. Kloner // *The New England Journal of Medicine*. - 1996. - № 7. - С. 413-419.
- 121) Lutz, A. Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice / A. Lutz, LL. Greischar, N.B. Rawlings et al. // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. - 2004. - № 46. - С. 16369-16373.
- 122) Malmivuo, J. Bioelectromagnetism / J. Malmivuo, R. Plonsey // *The Electrodermal Response*. - 1995. - С. 428-434.
- 123) Marcuse, L.V. The normal adult EEG / L.V. Marcuse, M.C. Fields, J. Yoo // *Rowan's Primer of EEG (Second Edition)*. - 2016. - С. 39-66.
- 124) Meisel, S.R. Effect of Iraqi missile war on incidence of acute myocardial infarction and sudden death in Israeli civilians / S.R. Meisel, I. Kutz, K.I. Dayan et al. // *US National Library of Medicine*. - 1991. - № 8768. - С. 660-661.
- 125) Morgan, H.M. Working memory load for faces modulates P 300, N 170, and N 250r / H.M. Morgan, S.G. Boehm et al. // *Journal of Cognitive Neuroscience*. - 2008. - № 6.- С. 989-1002.
- 126) Murugappan, M. Frequency Band Analysis of Electrocardiogram (ECG) Signals for Human Emotional State Classification Using Discrete Wavelet Transform (DWT) / M. Murugappan, S. Murugappan, B.S. Zheng // *Journal of Physical Therapy Science*. - 2013. - № 25. - С. 753–759.
- 127) Nguyen, D.Q. Electrophysiological methods to assess emotional stress of human body / D.Q. Nguyen // Сборник научных трудов III Международной научной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине» Томск, 23-26 мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016 – с. 629-631.
- 128) Nguyen, D.Q. Electrophysiological methods to assess psycho-emotional state of a person based on medical nanosensors / D.Q. Nguyen // Сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы в науке,

промышленности и медицине» Томск, 1-3 июня 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - с. 121-122.

129) Nguyen, D.Q. Methods to assess psychoemotional state of a person / D.Q. Nguyen, M.A. Yuzhakova // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 2 - с. 460-463.

130) Nickel, P. Sensitivity and Diagnosticity of the 0.1-Hz Component of Heart Rate Variability as an Indicator of Mental Workload / P. Nickel, F. Nachreiner // International Journal of Psychophysiology. - 2003. - № 4. - С. 575-590.

131) Nikolin, S. Combined effect of prefrontal transcranial direct current stimulation and a working memory task on heart rate variability / S. Nikolin, T.W. Boonstra, C.K. Loo, D. Martin // Public Library of Science. - 2017. - № 8. - С. 1-15.

132) Oathes, D.J. Worry, generalized anxiety disorder, and emotion: Evidence from the EEG gamma band / D.J. Oathes, W.J. Ray, A.S. Yamasaki et al. // Biological Psychology. - 2008. - № 2. - С. 165-170.

133) Okruszek, L. The beat of social cognition: Exploring the role of heart rate variability as marker of mentalizing abilities / L. Okruszek, K. Dolan, M. Lawrence, M. Cella // Social Neuroscience. - 2017. - № 5. - С. 489-493.

134) Pasolli, E. Genetic algorithm-based method for mitigating label noise issue in ECG signal classification / E. Pasolli, F. Melgani // Biomedical Signal Processing and Control 19 (2015) 130–136, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bspc.2014.10.013>.

135) Picard, R.W. Toward machine emotional intelligence: analysis of affective physiological state / R.W. Picard, E. Vyzas, J. Healey // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 2001. - № 23. - С. 1175-1191.

136) Pollack, R. The Missing Moment : How the Unconscious Shapes Modern Science / R. Pollack. - New York: HOUGHTON MIFFLIN, 1999. - 240 с.

137) Rachel, L. ECG signatures of psychological stress / L. Rachel // Journal of Electrocardiology. - 2015. - № 6. - С. 1000-1005.

138) Rosch, P.J. Reminiscences of Hans Selye, and the Birth of “Stress” / P.J. Rosch // International Journal of Emergency Mental Health. - 1999. - № 1. - С. 59-66.

139) Rossy, L.A. Fitness and gender-related differences in heart period variability / L.A. Rossy, J.F. Thayer // Psychosomatic Medicine. - 1998. - № 60. - С. 773-781.

140) Ryan, S.M. Gender- and age-related differences in heart rate dynamics: are women more complex than men? / S.M. Ryan, A.L. Goldberger, S.M. Pincus, J. Mietus, L.A. Lipsitz // Journal of the American College of Cardiology. - 1994. - № 7. - С. 1700-1707.

141) Rybalka, S. Methods and Approaches for Automatic Processing and Storage of High-

Potential Electrocardiogram Registered by Hardware and Software Complex on Nanosensors / S. Rybalka, M.M. Yuzhakov, D.K. Nguyen, M.L. Ivanov, R. Kodermjatov, G. Wenjia, I. Maksimov, I. Zimin // MATEC Web of Conferences. - 2018. - № 155. - C. 1-7.

142) Schneiderman, N. STRESS AND HEALTH: Psychological, Behavioral, and Biological Determinants. / N. Schneiderman, G. Ironson, S.D. Siegel // Annual Review of Clinical Psychology. - 2005. - № 1. - C. 607-628.

143) Shirin, S. A new personalized ECG signal classification algorithm using Block-based Neural Network and Particle Swarm Optimization / S. Shirin, M. Behbood // Biomedical Signal Processing and Control 25 (2016) 12–23, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bspc.2015.10.008>.

144) Tang, Y.Y. Central and autonomic nervous system interaction is altered by short-term meditation / Y.Y. Tang, Y. Ma, Y. Fan et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. - 2009. - № 22.- C. 8865-8870.

145) Thayer, J.F. Autonomic characteristics of generalized anxiety disorder and worry / J.F. Thayer, B. Friedman, T. Borkovec // Biological Psychiatry. - 1996. - № 39. - C. 255-266.

146) Thayer, J.F. Stop that! Inhibition, sensitization, and their neurovisceral concomitants / J.F. Thayer, B.H. Friedman // Scandinavian Journal of Psychology. - 2002. - № 43. - C. 123-130.

147) Toivonen, L. Electrocardiographic repolarization during stress from awakening on alarm call / L. Toivonen, K. Helenius, M. Viitasalo // Journal of the American College of Cardiology. - 1997. - № 3. - C. 774-779.

148) Valenza, G. Point-process nonlinear autonomic assessment of depressive states in bipolar patients / G. Valenza, L. Citi, C. Gentili, A. Lanata, E.P. Scilingo, R Barbieri // Methods of Information in Medicine. - 2014. - № 4. - C. 296-302.

149) VanPraag, H.M. Can stress cause depression? / H.M. VanPraag // World J Biol Psychiatry. - 2005. - № 6. - C. 5-22.

150) Wu, W.Q., Lee J.T. Improvement of HRV methodology for positive/negative emotion assessment / W.Q. Wu, J.T. Lee // 5th International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Work sharing. 2009. - C. 1-6.

151) Yeragani, V.K. Decreased heart rate variability in panic disorder patients: a study of power-spectral analysis of heart rate / V.K. Yeragani, R. Pohl, R. Berger, R. Balon, C. Ramesh, D. Glitz, K. Srinivasan, P. Weinberg // Psychiatry Research. - 1993. - № 46. - C. 89-103.

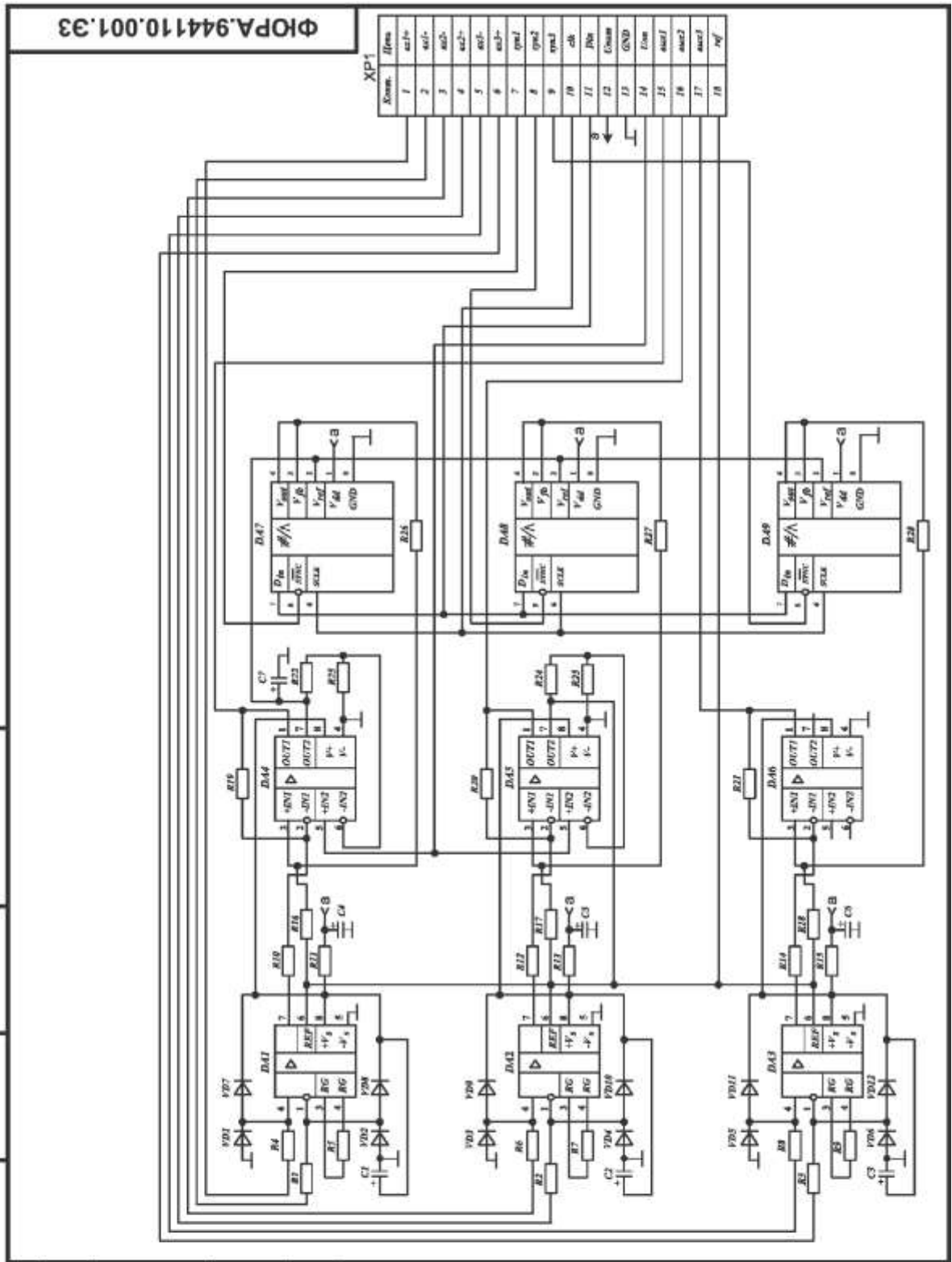
152) Yoo, S.K. Portable Device for Bi-emotional State Identification Using Heart Rate Variability / S.K. Yoo, C.K. Lee, G.K. Lee et al. // Ubiquitous Computing Systems . - 2006. - C. 528-536.

153) Yu, S.N. Emotion state identification based on heart rate variability and genetic algorithm / S.N. Yu, S.F. Chen // Engineering in Medicine and Biology Society. - 2015. - C. 538-541.

154) Yun-Chi, Y. Analyzing ECG for cardiac arrhythmia using cluster analysis / Y. Yun-Chi, W. C. Che, L. Hong-Jhih // *Expert Systems with Applications* 39 (2012) 1000–1010. doi:10.1016/j.eswa.2011.07.101.

155) Yun-Chi, Y. Cardiac arrhythmia diagnosis method using linear discriminant analysis on ECG signals / Y. Yun-Chi, W. Wen-June, W. C. Che // *Measurement* 42 (2009) 778–789, doi:10.1016/j.measurement.2009.01.004.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А.
ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АПК**



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

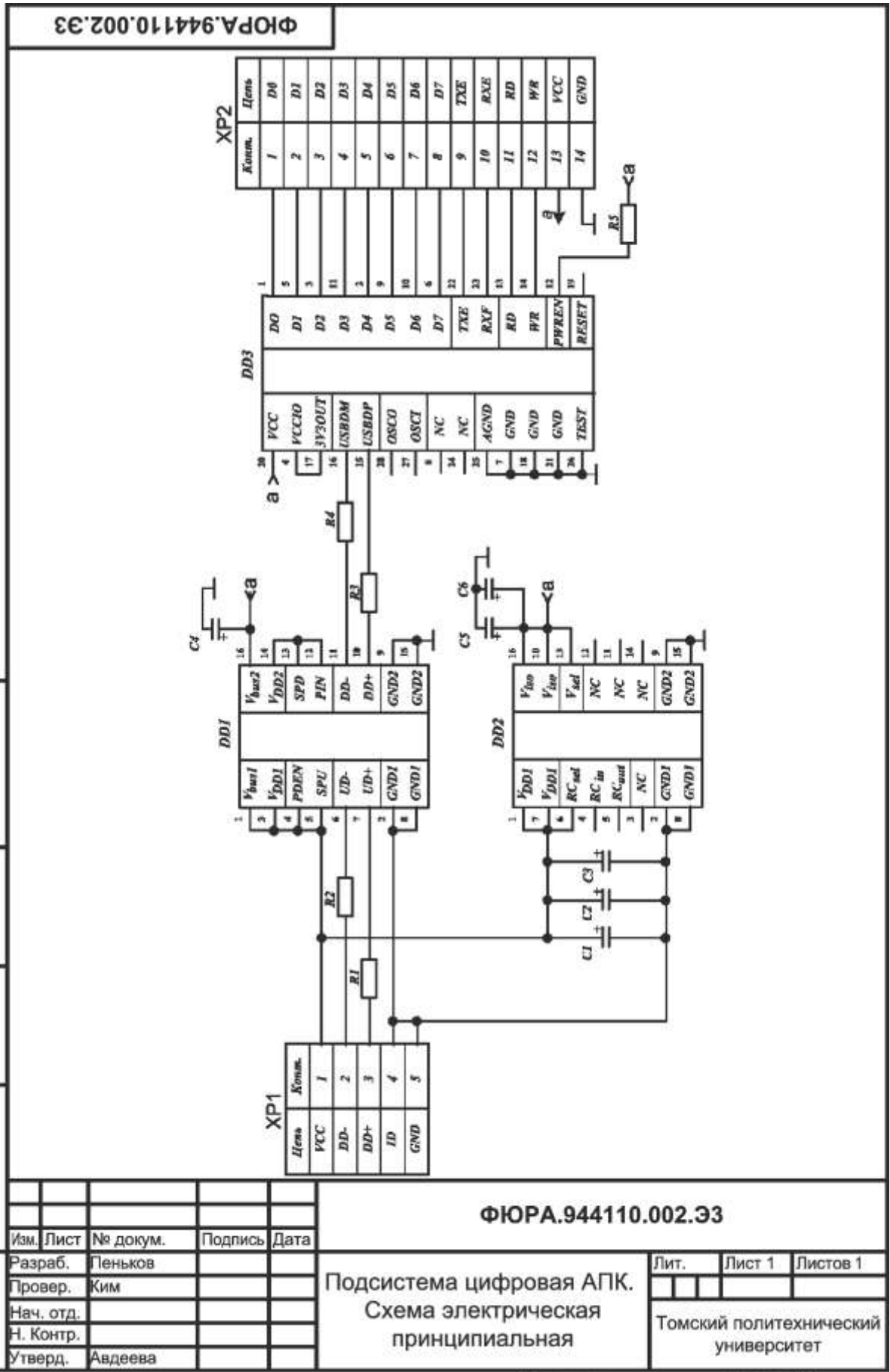
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Пеньков			
Провер.	Ким			
Нач. отд.				
Н. Контр.				
Утверд.	Авдеева			

ФЮРА.944110.001.Э3

Подсистема аналоговая
АПК.
Схема электрическая
принципиальная

Лит.	Лист 1	Листов 1
Томский политехнический университет		

№	Наименование	Кол.	Примечание				
Резисторы							
R1-R3	чип 0805 10%, 6,2 кОм	3					
R4-R9	чип 0805 10%, 100 кОм	6					
R10, R12, R14, R24	чип 0805 10%, 2,2 кОм	4					
R11, R13, R15	чип 0805 10%, 51 Ом	3					
R16-R18, R26-R28	чип 0805 10%, 10 кОм	6					
R19-21	чип 0805 10%, 91 кОм	3					
R22	чип 0805 10%, 6,8 кОм	1					
R23	чип 0805 10%, 8,2 кОм	1					
R25	чип 0805 10%, 20 кОм	1					
Конденсаторы							
C1-C7	чип 0805 10% 1мкф	7					
Приборы электровакуумные, полупроводниковые							
VD1-VD12	BAV199 SOT23	12					
Схемы интегральные							
DA1-DA3	AD8220ARMZ MSOP-8	3					
DA4-DA6	AD822ARZ SOIC-8	3					
DA7-DA9	DAC7513N/250 SOT23-8	3					
Соединения контактные							
XP1	IDC 20 MS	1					
ФЮРА.944110.001.ПЭЗ							
Изм. Лист № докум. Подпись Дата							
Инв. № подл.	Разраб.	Пеньков		Подсистема аналоговая АПК. Перечень элементов	Лит.	Лист 1	Листов 1
	Провер.	Ким					
	Нач. отд.						
	Н. Контр.						
	Утверд.	Авдеева					
Томский политехнический университет							

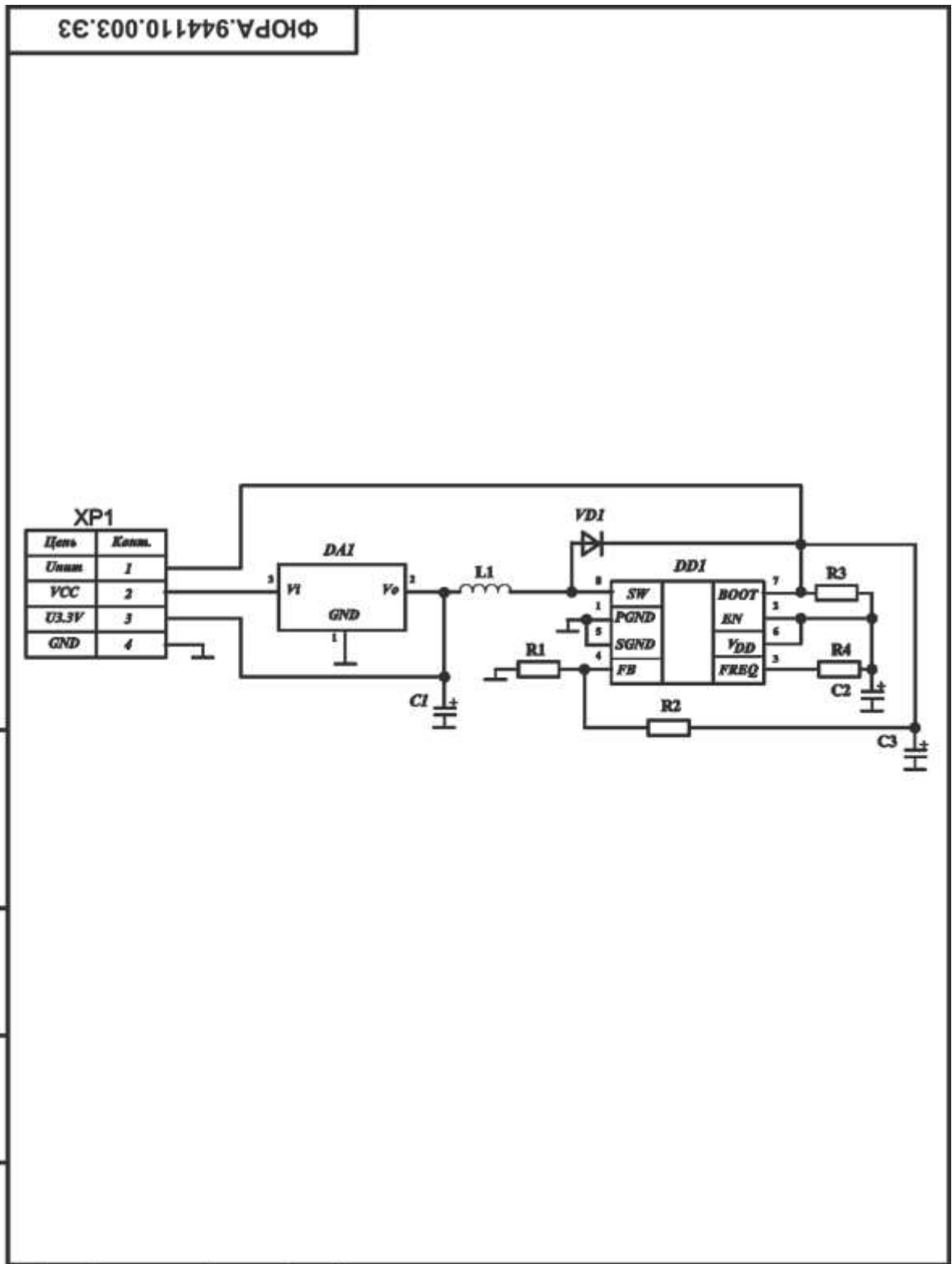


Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата
Разраб.	Пеньков			
Провер.	Жим			
Нач. отд.				
Н. Контр.				
Утверд.	Авдеева			

ФЮРА.944110.002.Э3

Подсистема цифровая АПК.
Схема электрическая
принципиальная

Лит.	Лист 1	Листов 1
Томский политехнический университет		



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

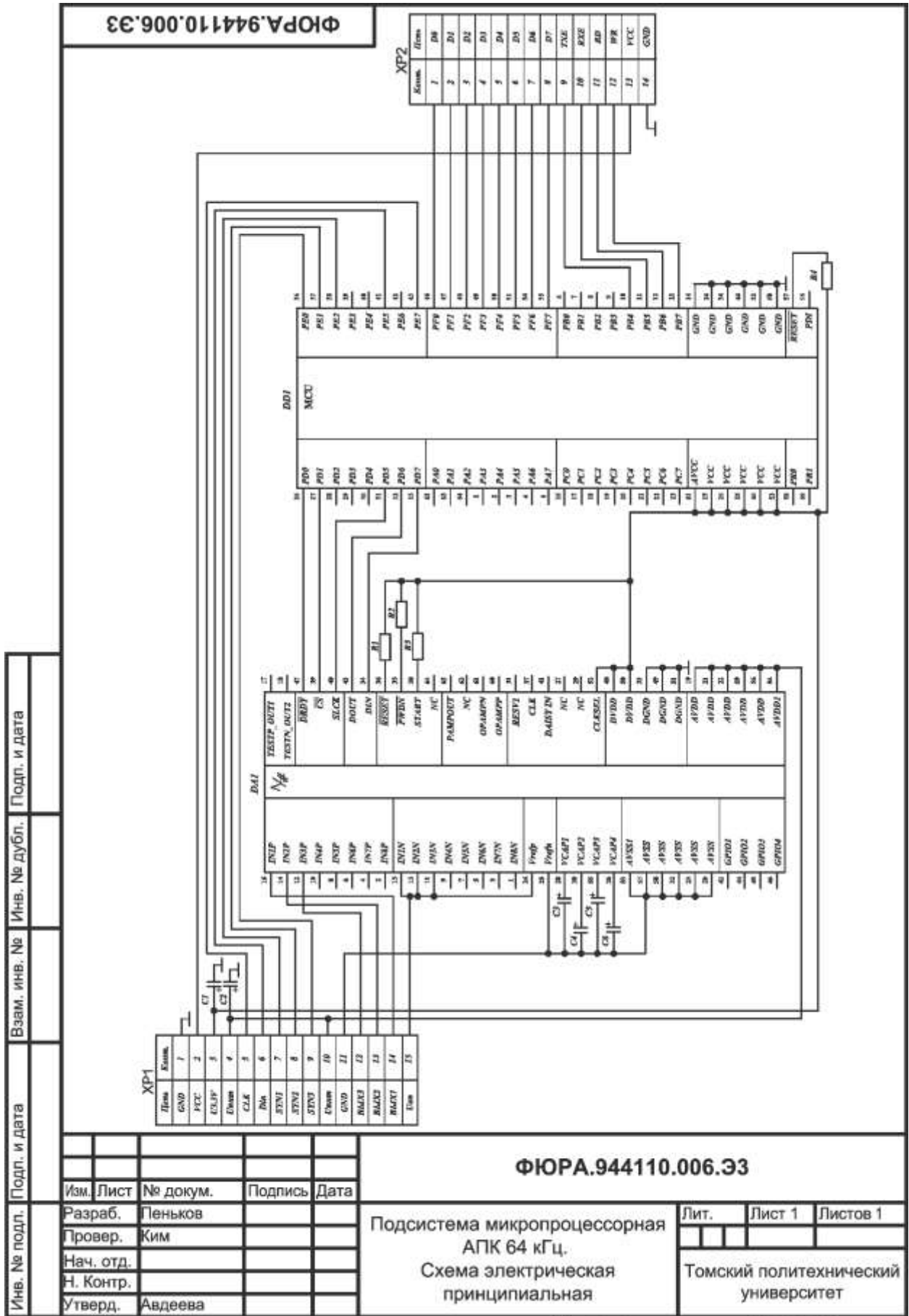
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Пеньков			
Провер.	Жим			
Нач. отд.				
Н. Контр.				
Утверд.	Авдеева			

ФЮРА.944110.003.Э3

Подсистема питания АПК.
 Схема электрическая
 принципиальная

Лит.	Лист 1	Листов 1
Томский политехнический университет		

№	Наименование	Кол.	Примечание	
Резисторы				
R1	чип 0805 10%, 50 кОм	1		
R2	чип 0805 10%, 150 кОм	1		
R3	чип 0805 10%, 500 Ом	1		
R4	чип 0805 10%, 200 кОм	1		
Конденсаторы				
C1, C3	GRM40-Y5V-10 мкФ-25 В -20+80% (chip 0805)	2		
C2	CL21-Y5V-0,47 мкФ-50 В-20+80% (chip 0805)	1		
Приборы электровакуумные, полупроводниковые				
VD1	MBR0530T1G DIODE, SCHOTTKY, 0.5A, 30V, SOD-123	1		
Катушки индуктивности, дроссели				
L1	Дроссель LQH32MN6R8K23 6,8 мкГн 10% (чип 1210)	1		
Схемы интегральные				
DA1	NCP1117LPST33T3G IC REG LDO 3.3V 1A SOT223	1		
DD1	LM2621MM/NOPB VSSOP8	1		
Соединения контактные				
XP1	IDC 10 MS	1		
ФЮРА.944110.003.ПЭЗ				
Изм. Лист № докум. Подпись Дата				
Инв. № подл.	Разраб.	Пеньков		
	Провер.	Ким		
	Нач. отд.			
	Н. Контр.			
	Утверд.	Авдеева		
Подсистема питания АПК. Перечень элементов		Лит.	Лист 1	Листов 1
		Томский политехнический университет		



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Пеньков			
Провер.	Жим			
Нач. отд.				
Н. Контр.				
Утверд.	Авдеева			

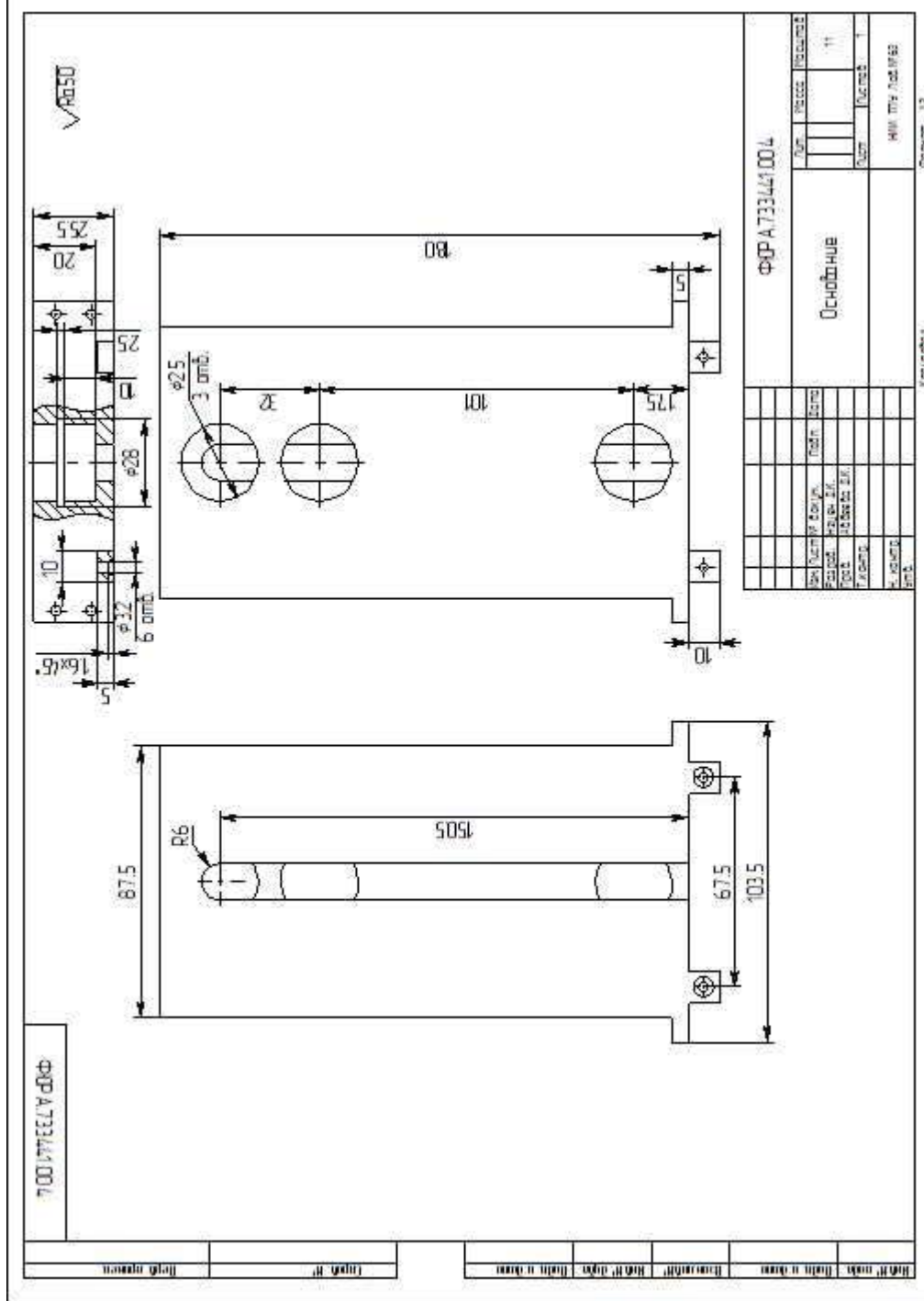
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Пеньков			
Провер.	Жим			
Нач. отд.				
Н. Контр.				
Утверд.	Авдеева			

ФЮРА.944110.006.Э3

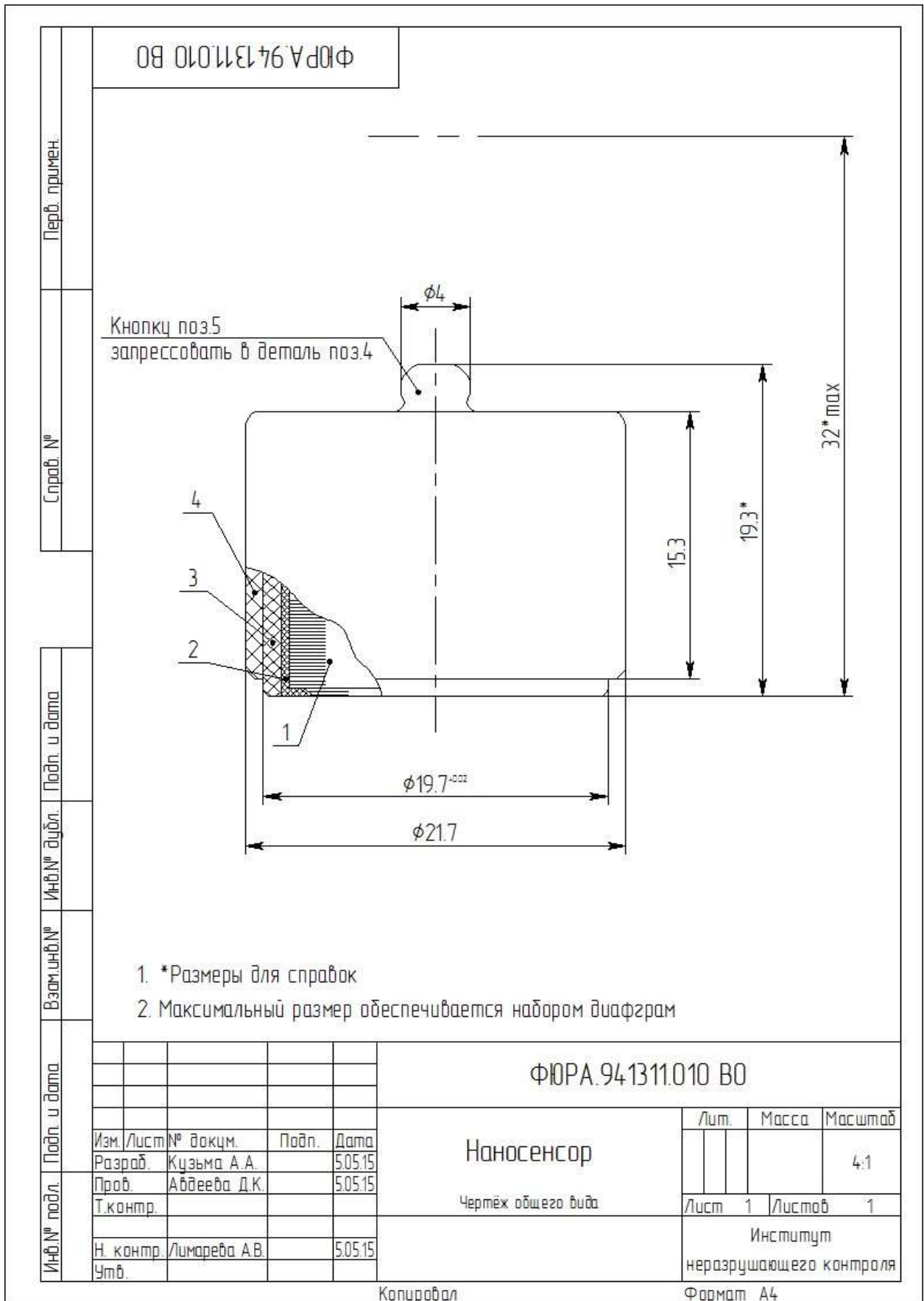
Подсистема микропроцессорная
АПК 64 кГц.
Схема электрическая
принципиальная

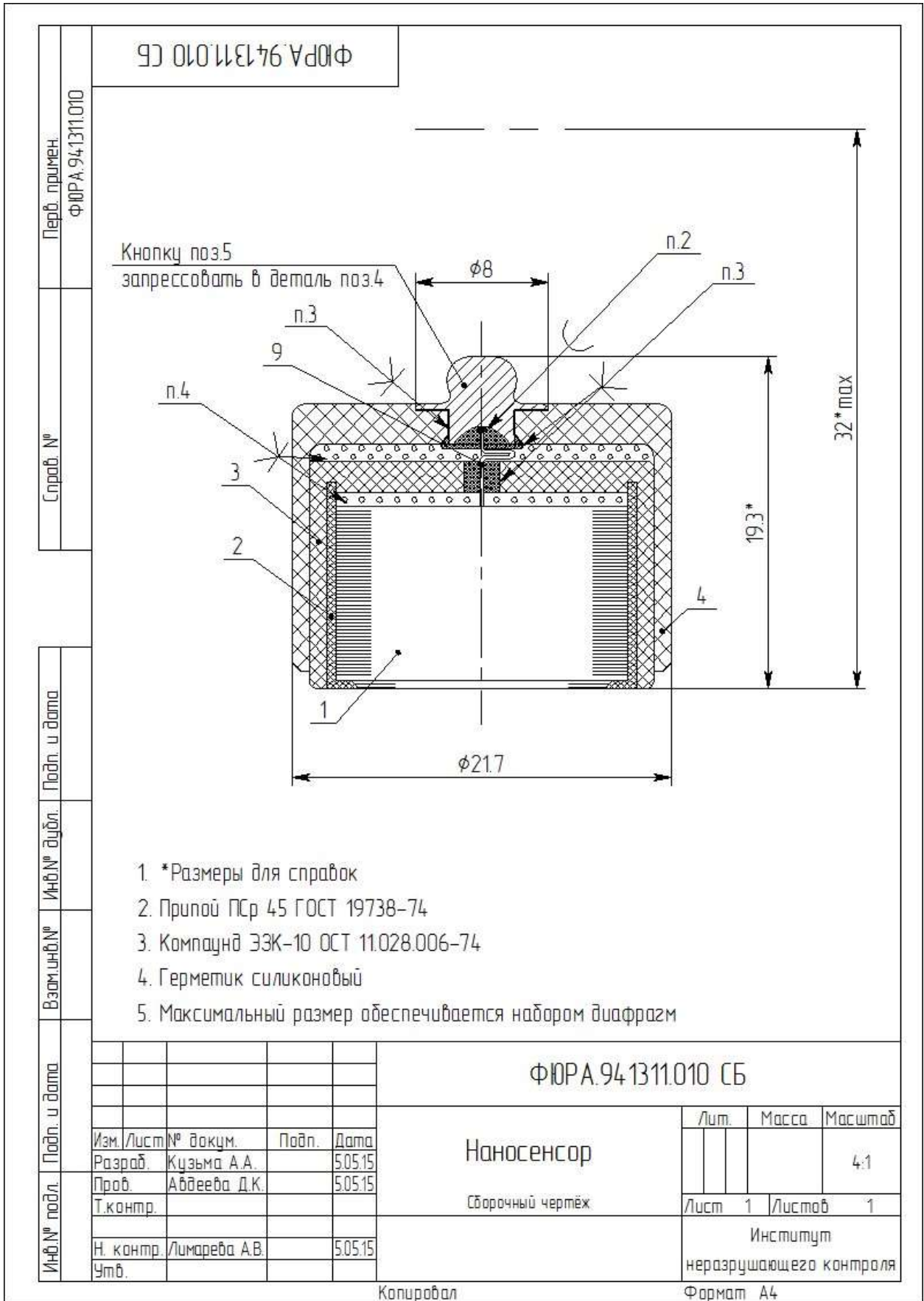
Лит.	Лист 1	Листов 1
Томский политехнический университет		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.
КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА УСТРОЙСТВО С
НАНОСЕНСОРАМИ ДЛЯ НАЛОЖЕНИЯ ЛЕВОЙ РУКИ



Инф.№	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
Спроб. №	Перб. примен.				<u>Документация</u>								
		A4		ФЮРА.94.1311.010 В0	Чертеж общего вида								
		A4		ФЮРА.94.1311.010 СБ	Сборочный чертеж								
					<u>Сборочные единицы</u>								
		A4	1	ФЮРА.713121.011 СБ	Чувствительный элемент	1							
Подп. и дата	Взам.инф.№	Инф.№ дцкл.											
											<u>Детали</u>		
								A4	2	ФЮРА.713141.012	Капсула	1	
								A4	3	ФЮРА.713141.013	Корпус	1	
								A4	4	ФЮРА.713141.014	Крышка	1	
A4	5	ФЮРА.714625.015	Кнопка	1									
Подп. и дата	Взам.инф.№	Инф.№ дцкл.											
											<u>Материалы</u>		
									6		Герметик силиконовый		
									7		Компаунд ЭЗК-10		
									8		ОСТ 11.028.006-74		
	9		Припой ПСр 45										
			ГОСТ 19738-74										
			Провод МГТФ 1.5x0.5										
			ТУ 16.К19.04-91	0.1 м									
				ФЮРА.94.1311.010									
Инф.№ подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Наносенсор	Лит.	Лист	Листов					
							1	1					
						Институт неразрушающего контроля							
						Н.контр. Утв.	Лимарева А.В.	5.05.15					





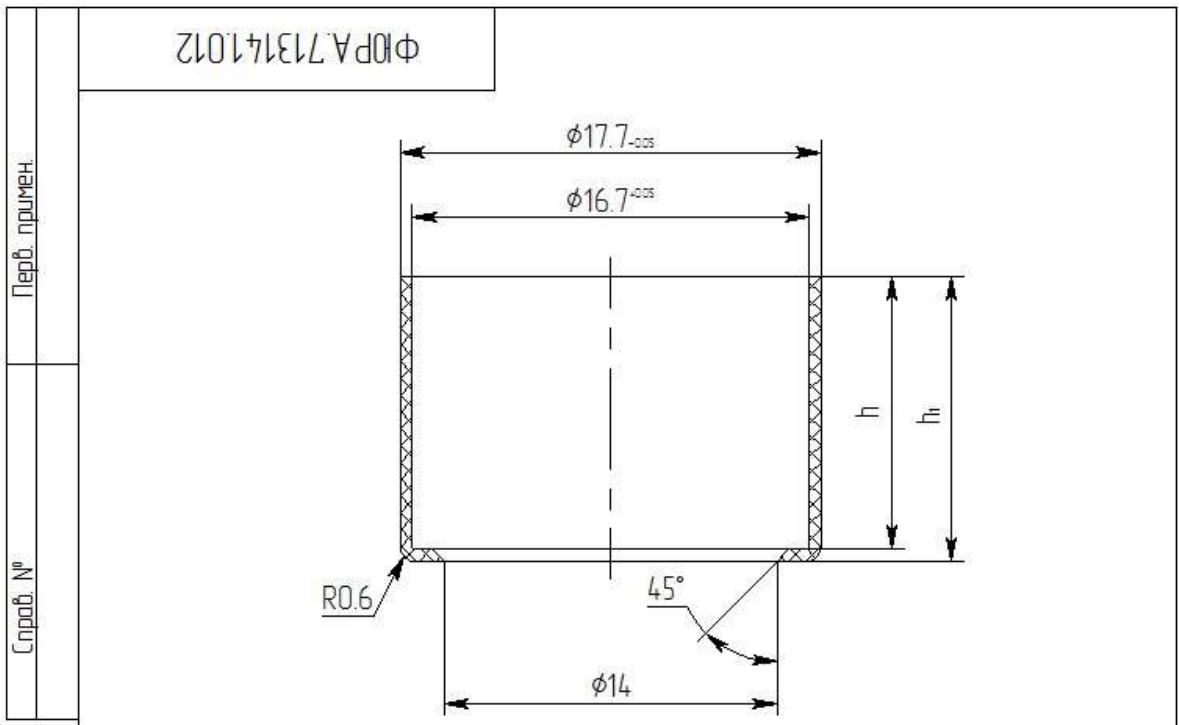
Перв. примен. ФЮРА.713121011		
Справ. №		
Инд.№ дубл.		
Взам.инд.№		
Подп. и дата		
Инд.№ подл.		

Обозначение	h, мм
ФЮРА.726803.011	10,5
-01	2,5
-02	4
-03	6
-04	8
-05	12,5
-06	14
-07	16
-08	18
-09	20

1. Все размеры – для справок
 2. Набор диафрагм обеспечить спеканием

						ФЮРА.713121011 СБ		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Чувствительный элемент		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Кцзьяма А.А.		5.05.15			1		4:1
Пров.	Авдеева Д.К.		5.05.15	Сборочный чертёж		Лист	1	Листов
Т.контр.						1	1	
Инд.№ подл.	Н. контр.	Лимарева А.В.	5.05.15			Институт неразрушающего контроля		
Утв.								

Копиробал Формат А4



Обозначение	h, мм	h ₁ , мм
ФЮРА.726804.012	11,5	12
-01	4,1	4,6
-02	6	6,5
-03	6,5	7
-04	7,2	7,7
-05	8	8,5
-06	8,6	9,1
-07	10,2	10,7

1. Неуказанные предельные отклонения по H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$
2. Неуказанные радиусы скругления 0,2 мм

				ФЮРА.71314.1012		
				Капсула		
				Лит.	Масса	Масштаб
						4:1
				Лист	1	Листов
						1
				Капюлон-В ТУ 6-05-988-78		Институт неразрушающего контроля
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Кузьма А.А.		5.05.15			
Проб.	Абдеева Д.К.		5.05.15			
Т.контр.						
Н. контр.	Лимарева А.В.		5.05.15			
Утв.						

Копиробал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

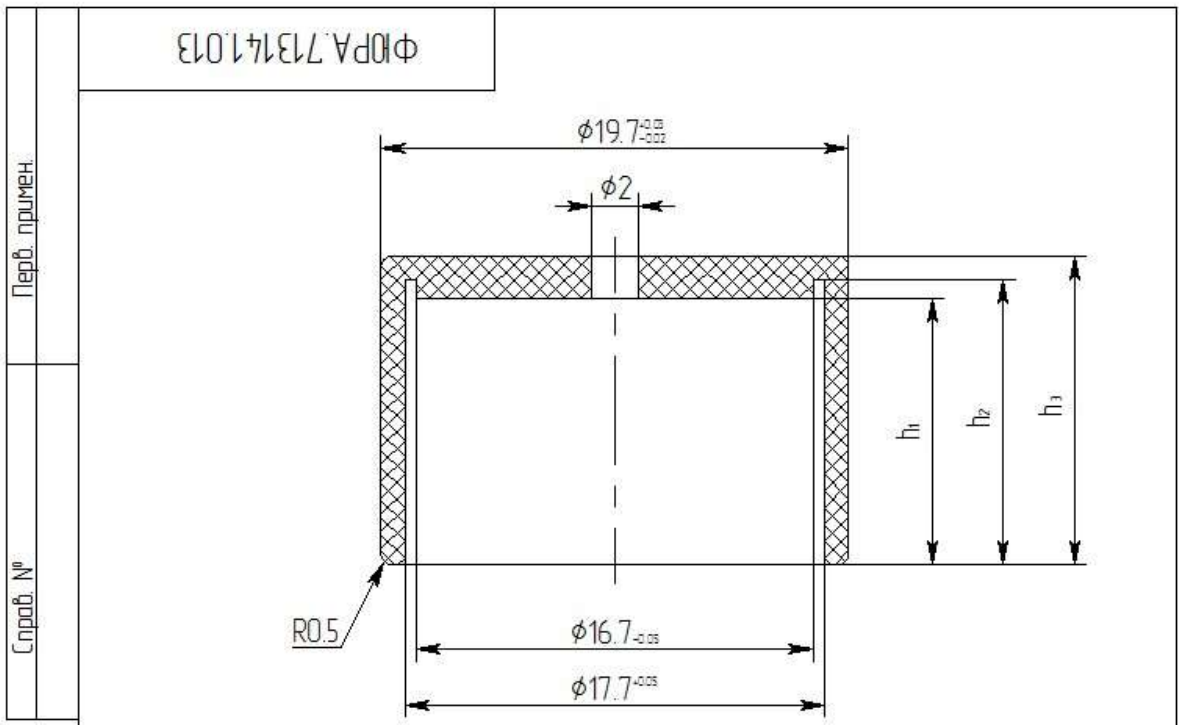
Подп. и дата

Инв.№ дубл.

Взам.инв.№

Подп. и дата

Инв.№ подл.



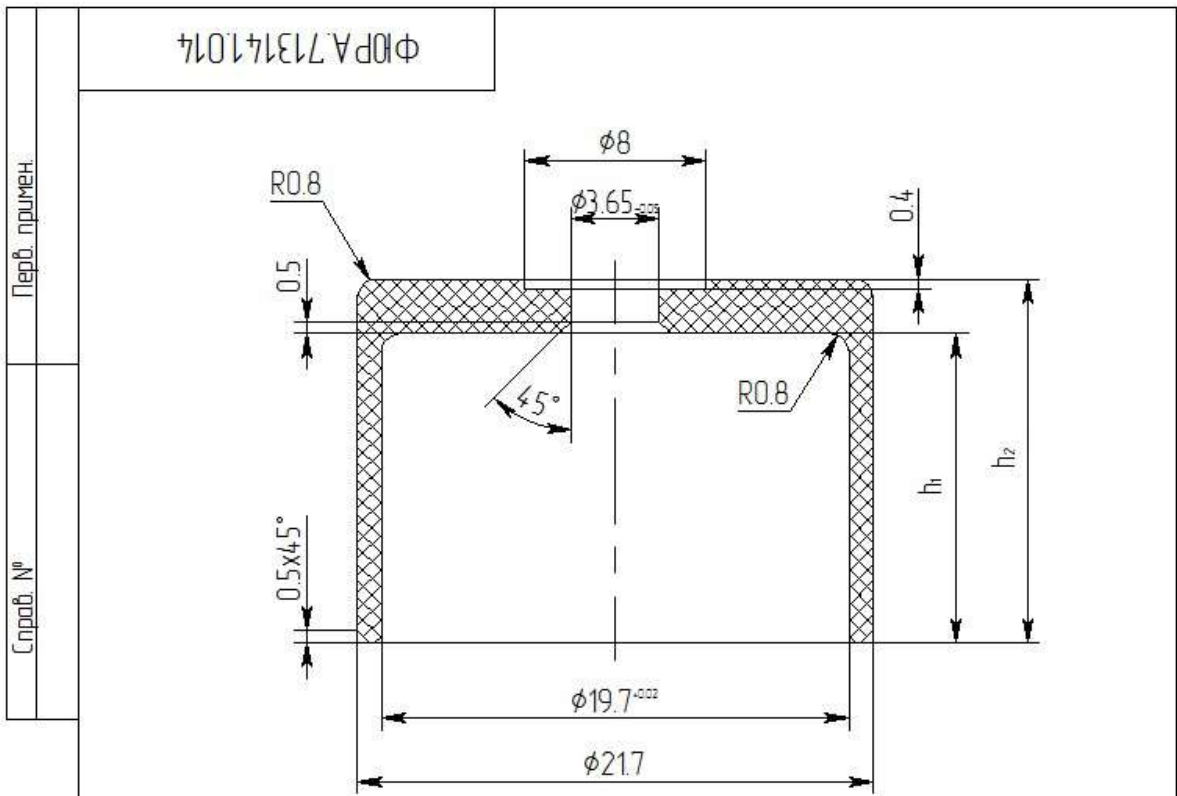
Обозначение	h_1 , мм	h_2 , мм	h_3 , мм
ФЮРА.726804.013	11.2	12	13
-01	3.8	4.6	5.6
-02	5.7	6.5	7.5
-03	6.2	7	8
-04	6.9	7.7	8.7
-05	7.7	8.5	9.5
-06	8.3	9.1	10.1
-07	9.9	10.7	11.7

1. Неуказанные предельные отклонения по Н14, $h14, \pm \frac{IT14}{2}$
2. Неуказанные радиусы скругления 0,2 мм

Подп. и дата				ФЮРА.713141.013			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Жузьма А.А.		5.05.15			4:1
Пров.		Абдиева Д.К.		5.05.15	Лист 1	Листов 1	
Т.контр.							
Н. контр.		Лимарева А.В.		5.05.15	Институт неразрушающего контроля		
Утв.					Капролан-В ТУ 6-05-988-78		

Копиробал

Формат А4



Обозначение	h ₁ , мм	h ₂ , мм
ФЮРА.726804.014	13	15.3
-01	5.6	7.9
-02	7.5	9.8
-03	8	10.3
-04	8.7	11
-05	9.5	11.8
-06	10.1	12.4
-07	11.7	14

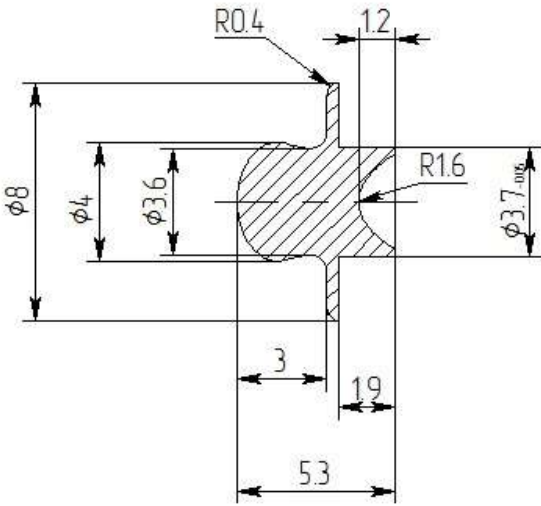
1. Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$

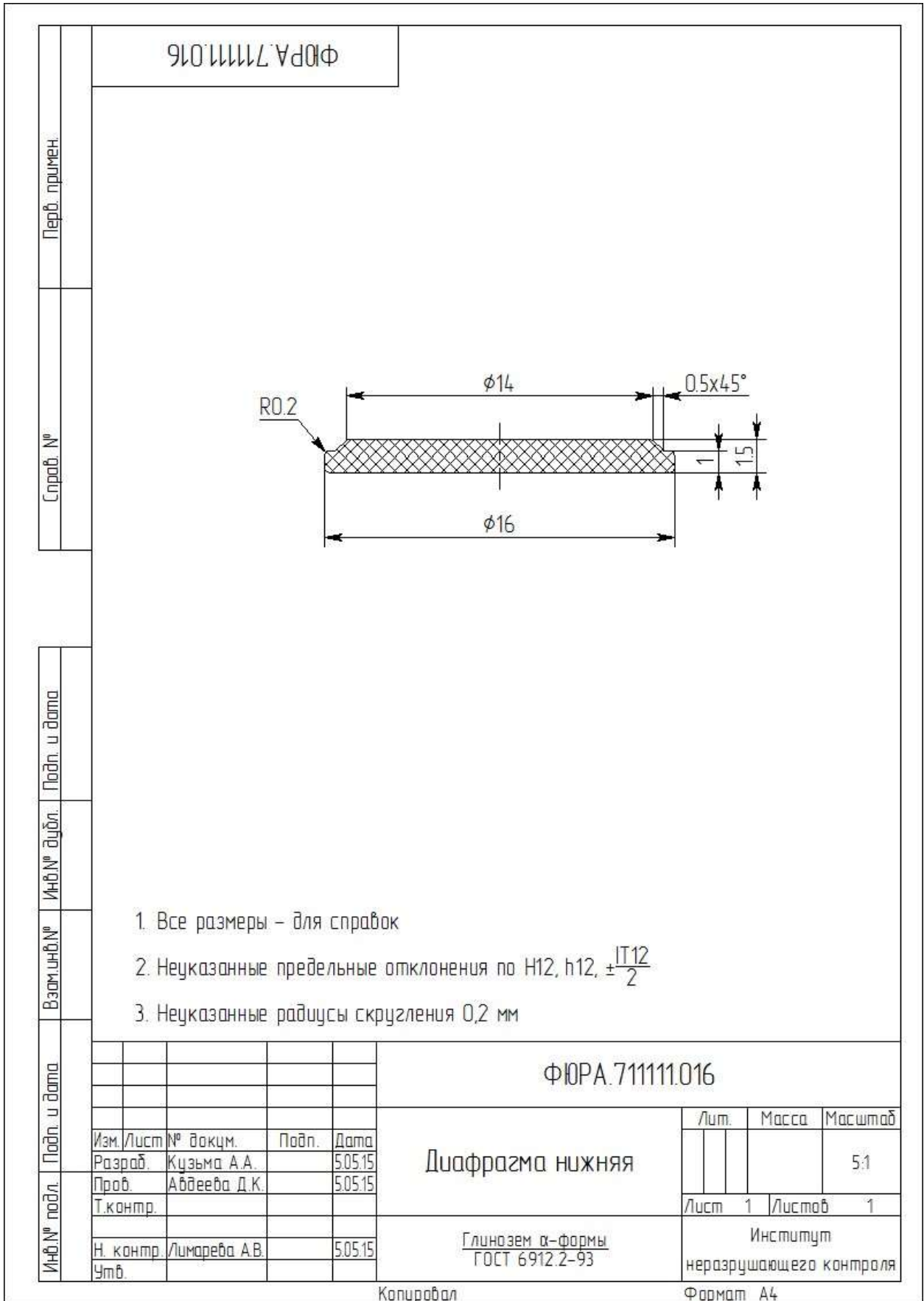
2. Неуказанные радиусы скругления 0,2 мм

Подп. и дата				ФЮРА.71314.1014			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кузьма А.А.		5.05.15			4:1
Проб.		Абдеева Д.К.		5.05.15			
Т.контр.					Лист	1	Листов
							1
Н. контр.		Лимарева А.В.		5.05.15	Институт неразрушающего контроля		
Утв.					Капралан-В ТУ 6-05-988-78		

Копиробал

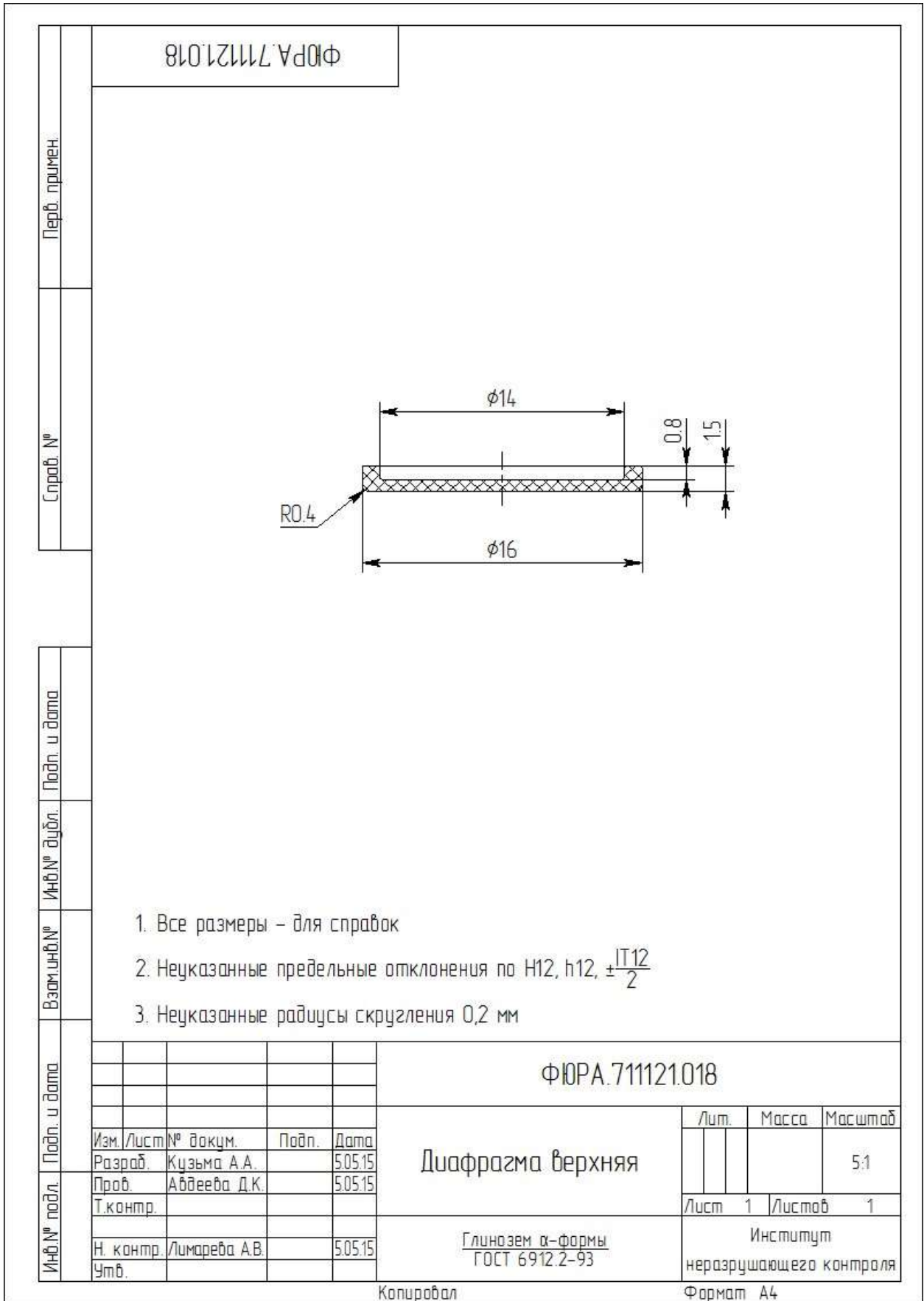
Формат А4

Перв. примен.	ФЮРА.714625.015		
Справ. №			
Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	
<p>1. Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$</p> <p>2. Неуказанные радиусы скругления 0,2 мм</p>			
Подп. и дата	ФЮРА.714625.015		
Инв.№ подл.	Изм.	Лист	№ докум.
Утв.	Н. контр.	Лимарева А.В.	505.15
Кнопка		Лит.	Масса
Латунь ГОСТ 24301-93		Лист 1	Листов 1
Институт неразрушающего контроля		Масштаб 5:1	



Копиробал

Формат А4



**ПРИЛОЖЕНИЕ В.
ТЕКСТ ПРОГРАММЫ ЛДА**

```

function [a]=LDA(ss,n,n1,n2,p,QN,QS,QK)
%LDA
%
disp('Переменные:')
sss=strvcat('deltaU - КТР (мкВ)',...
'изменение ЧСС',...
'Размах импульсов КТР (мкВ)',...
'Размах ЭЭГ (мкВ)',...
'Время реакции КТР (с)',...
'Время до реакции КТР (с)',...
'Длительность импульсов КТР (с)',...
'Время до реакции ЭЭГ (с)',...
'Длительность импульсов КТР (с)');
sss
%
%Dанные
disp('%Данные')
%n=26; %общее число наблюдений
%n1=9; % число наблюдений 1-ой группы
%n2=9; % число наблюдений 2-ой группы
%p=9; % число переменных
fid = fopen(ss, 'r');
fori=1:p
    s = fscanf(fid, '%s', [1]);
X(i,:) = fscanf(fid, '%g', [n]);
end
fclose(fid)
X
X=X';
disp('%Нормировка')
X_min=min(X)';
X_max=max(X)';
XX=(X_max-X_min);
X=X';
fori=1:p
for j=1:n
XN(i,j)=(X(i,j)-X_min(i))/XX(i);
end
end
XN
MX=mean(XN)';
%Матрица измерений для 1-го класса
disp('%нейтральные вопросы')
X1=XN(:,QN(1,1));
fori=2:n1
    X1=[X1,XN(:,QN(i,1))];
end
X1
%Матрица измерений для 2-го класса
disp('%стрессирующие вопросы')
X2=XN(:,QS(1,1));
fori=2:n2
    X2=[X2,XN(:,QS(i,1))];
end
X2

%Матрица измерений для x класса
disp('%неизвестные вопросы')
Xx=XN(:,QK(1,1));
fori=2:3
    Xx=[Xx,XN(:,QK(i,1))];
end
Xx

```

```

disp('% Оценки параметров')
%X1=X1';
MX1=mean(X1,2) %X1 среднее по строкам
CX1=cov(X1') %S1 стандартная оценка ков. матрицы
MX2=mean(X2,2) %X2 среднее по строкам
CX2=cov(X2') %S2 стандартная оценка ков. матрицы
%Объединенная ковариационная матрица
CXS=(n1-1)*CX1+(n2-1)*CX2/(n1+n2-2)
disp('%коэфф. дискриминантной функции')
a=inv(CXS)*(MX1-MX2)
disp('% значения дискриминантных функций для 1-го класса')
z1=(a'*X1)'
disp('% значения средней дискр. функции для 1-го класса')
z1m=a'*MX1
disp('% значения дискриминантных функций для 2-го класса')
z2=(a'*X2)'
disp('% значения средней дискр. функции для 2-го класса')
z2m=a'*MX2
disp('% константа дискриминантности')
C=0.5*(z1m+z2m)
disp('% значения дисперсии дискр. функции')
sz2=a'*CXS*a
disp('% расстояние Махалнобиса')
D2=(z1m-z2m)^2/sz2

title('Диаграмма разброса (нормированная)')
disp('%Классификация для наблюдений')
fori=1:size(QK,1)
zk(i)=a'*XN(:,QK(i));
end
zk=zk'
zk>=C
gX1=QN;
gY1=z1;
gX2=QS;
gY2=z2;
xX1=QK;
xY1=zk;
xC=[0,n+1];
yC=[C,C];
plot(gX1,gY1,'bs',gX2,gY2,'ro',xX1,xY1,'g*');
hold on
lin1=plot(xC,yC,['-','k']);
set(lin1,'linewidth',2);
text(0.5,C+1,'Константа');
hold off
grid on
min1=min([min(z1) min(z2) min(zk)]);
max1=max([max(z1) max(z2) max(zk)]);
min2=min1-abs(0.05*(max1-min1))
max2=max1+abs(0.05*(max1-min1))
axis([0 n+1 min2 max2]);
set(gca,'XTick',0:1:n+1);
ylabel('Значение дискриминантной функции');
xlabel('Номер вопроса');
disp('Вероятности ошибок первого и второго рода одинаковы')
Pr=normcdf(-sqrt(D2)/2)

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Г.
ТЕКСТ ПРОГРАММЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ

```

procedure TForm1.Button8Click(Sender: TObject);
var
  gistAM10000,gistAM5000,gistAM1000,gistAM500,
  gistAV10000,gistAV5000,gistAV1000,gistAV500,
  gistTim10000,gistTim5000,gistTim1000,gistTim500,
  mass_A, mass_T, mass_N
: array of integer;
mikro_detect:boolean; // флаг, 1 - когданайденоМП
AA,BB,CC,DD,AA2,BB2,CC2, // начало, пик, конец флуктуаций
full_time_ST,time_ST_max,time_ST_min,time_ST_aver, //длительность ST
N_MP_10000,N_MP_5000,N_MP_1000,N_MP_500, // количество найденных МП
N_FL_10000,N_FL_5000,N_FL_1000,N_FL_500, // количество найденных флуктуаций
Mikro_Av_Max_Gist_Time,Mikro_Ampl_Max_Gist_Time, // время максимальных значений
ii,i_temp,i_temp2,j_temp,j2, //переменныедляциклов
nachalo,konec
: integer;
Mikro_Av_Summ_10000,Mikro_Av_Summ_5000,Mikro_Av_Summ_1000,Mikro_Av_Summ_500,
//суммасред. значенияпоэтапам
Mikro_AV, Mikro_AV_Max,Mikro_AV_Summ, // среднеезначениеамплитудыМП =
площадь/время
Mikro_Ampl, Mikro_Ampl_Max,
Mikro_Time,
Mikro_AV_Max_Gist,Mikro_Ampl_Max_Gist,Mikro_Tim_Max_Gist, //
построениегистограммпмаксимальнымзначениям
Mikro_AV_Filt_Summ,Mikro_AV_Filt_Summ2, //среднеезначениефильтрованныхМП

Mikro_AV_Detect_Summ,Mikro_AV_Detect_Summ2, //среднеезначениефильтрованныхМПвэтапах
Mikro_AV_Det_Summ,Mikro_AV_Det_Summ2, //среднеезначениефильтрованныхМП
Ampl_MP_if, // значение для минимальной амплитуды МП
Form_MP_if, // значение для отличия формы МП от треугольной формы
Time_MP_if, // значение максимальной длины МП относительноST
Square_MP_if,Square_MP_if2 // для определения знака площади МП относительно основания
треуг. и изолинии
:extended;
f:file;
begin
E_BEGIN_MP.Visible:=false; E_END_MP.Visible:=false;
  button8.Visible:=false;
  Ampl_MP_if:=1; //дляопределенияминимальногоуровняМПвмкВ,
  которыйсохранитсявмассиве (2*Mikro_AV>D_koff)and(Mikro_Ampl>D_koff)
  Form_MP_if:=0.3; // значениеотличиеМПоттреугольнойформы (если 30%, тоif
  (Mikro_AV<1.3*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_AV>0.7*(Mikro_Ampl/2)) then )
  memo1.Clear;
  memo1.Lines.Add('АлгоритмдетектированияМП');
  memo1.Lines.Add('-----');
  Mikro_AV_Max_Gist:=0; Mikro_Ampl_Max_Gist:=0; Mikro_Tim_Max_Gist:=0;
  Mikro_AV_Summ:=0;
  mass_Ampl_Tim_N_500:=nil; mass_Ampl_Tim_N_10000:=nil;
  setLength(mass_Ampl_Tim_N_500,5001,10001);
  setLength(mass_Ampl_Tim_N_10000,10001,10001);
  ///выравниваниебегин

```

```

nachalo:=round(STRtoFLOAT(E_BEGIN_MP.Text)*fr)-sm;
konec:=round(STRtoFLOAT(E_END_MP.Text)*fr)-sm;
sF1:=nil; SetLength(sF1, ot);
chart1.Series[0].Clear;
for i:=nachalo to konec do begin
sF1[i]:=-s1[nachalo]+s1[i]*i*(s1[konec]-s1[nachalo])/(konec-nachalo);
chart1.Series[0].AddXY((i+sm)/fr,sF1[i]);
end;
  ///выравнивание энд
  // exit;
  ////////////детектирование МП с фильтром 10000Гц
setLength(Mikro_massST10000,ot,2); setLength(gistAM10000,25000); setLength(
gistAV10000,20000); setLength( gistTim10000,20000);
Mikro_Av_Summ_10000:=0; N_MP_10000:=0; N_FL_10000:=0;
Filt ('sF1','sF1',0,0,ot,10000,2);
  //test
  //for i:=nachalo to konec do begin
  // chart1.Series[1].AddXY((i+sm)/fr,sF1[i]);
  //end;
  //test
AA:=nachalo; BB:=0; CC:=0; i_temp:=1 ;
for i:=nachalo to konec do begin
  if ((sF1[i]-sF1[i-1])*(sF1[i+1]-sF1[i])<0)or(i=konec) then begin
  if i_temp=2 then begin CC:=i; i_temp:=5; end;
  if i_temp=1 then begin BB:=i; i_temp:=2; end;
  if i_temp=0 then begin AA:=i; i_temp:=1; end;
  if i_temp=5 then begin if abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))<0.1
  then begin i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; end else begin
    Mikro_Ampl:=abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA));
    Mikro_AV:=0; Square_MP_if:=0; Square_MP_if2:=0;
    for ii:=AA to CC do begin
    Mikro_AV:= Mikro_AV+abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA));
    Square_MP_if:=Square_MP_if+sF1[ii];
    Square_MP_if2:=Square_MP_if2+sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA);
    if abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))>Mikro_Ampl then begin
      Mikro_Ampl:=abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA)); BB:=ii;
    end; //if abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))>Mikro_Ampl then begin
    end; //for ii:=AA to CC do begin
    Mikro_AV:= Mikro_AV/(CC-AA);
    Mikro_massST10000[BB,0]:=AA;
    Mikro_massST10000[BB,1]:=BB;
    Mikro_massST10000[BB,2]:=CC;
    N_FL_10000:=N_FL_10000+1;
    i_temp:=1; AA2:=AA; AA:=CC;
    if ((Mikro_AV<(1+Form_MP_if)*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_AV>(1-
    Form_MP_if)*(Mikro_Ampl/2)))and
      ((Square_MP_if>0)and(Square_MP_if2>0)or(Square_MP_if<0)and(Square_MP_if2<0)) then
    begin
    if (2*Mikro_AV>Ampl_MP_if)and(Mikro_Ampl>Ampl_MP_if) then begin
      ////МПопределен////
      Mikro_Time:= (Mikro_massST10000[BB,2]-Mikro_massST10000[BB,0])/fr;
      gistTim10000[round(10000*Mikro_Time)]:=gistTim10000[round(10000*Mikro_Time)]+1;

```

```

if round(10000*Mikro_Time)<10000 then begin
iftrunc(Mikro_Ampl)<1000 then
  mass_Ampl_Tim_N_1000[round(10* Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]:=
  mass_Ampl_Tim_N_1000[round(10* Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]+1 else
  mass_Ampl_Tim_N_10000[round(Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]:=
  mass_Ampl_Tim_N_10000[round(Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]+1 ;
end // if round(10000*Mikro_Time)<10000 then begin
elseshowmessage('MII time > 1 sec');
gistAV10000[round(10*Mikro_AV)]:=gistAV10000[round(10*Mikro_AV)]+1;
gistAM10000[round(10*Mikro_Ampl)]:=gistAM10000[round(10*Mikro_Ampl)]+1;
  N_MP_10000:=N_MP_10000+1;

Mikro_Av_Summ_10000:=Mikro_Av_Summ_10000+Mikro_AV*(Mikro_massST10000[BB,2]-
Mikro_massST10000[BB,0]);
ifMikro_Av_Max_Gist<Mikro_AV then begin Mikro_Av_Max_Gist:=Mikro_AV
;Mikro_Av_Max_Gist_Time:=BB; end;
ifMikro_Ampl_Max_Gist<Mikro_Ampl then begin Mikro_Ampl_Max_Gist:=Mikro_Ampl ;
Mikro_Ampl_Max_Gist_Time:=BB; end;
ifMikro_Tim_Max_Gist<Mikro_Time then Mikro_Tim_Max_Gist:=Mikro_Time;
end; //if (2*Mikro_S>D_koff)and(Mikro_Ampl>D_koff) then begin
for ii:=AA2 to CC do begin
sF1[ii]:=sF1[AA2]+(ii-AA2)*((sF1[CC]-sF1[AA2])/(CC-AA2));
end; //for ii:=AA2 to CC do begin
end else i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; begin end; // if
(Mikro_S<1.3*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_S>0.7*(Mikro_Ampl/2)) then begin
end; // then begin i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; end else begin
end; //if i_temp=5 then begin if abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-
AA))<0.1
end; //if (sF1[i]-sF1[i-1])*(sF1[i+1]-sF1[i])<0 then begin
end; //for i:=nachalo to konec do begin
//////////детектированиеМПсфильтром5000Гц
setLength(Mikro_massST5000,ot,2); setLength(gistAM5000,25000); setLength(
gistAV5000,20000); setLength( gistTim5000,20000);
Filt ('sF1','sF1',0,0,ot,5000,2);
//test
//for i:=nachalo to konec do begin
// chart1.Series[2].AddXY((i+sm)/fr,sF1[i]);
// end;
//test
  Mikro_Av_Summ_5000:=0; N_MP_5000:=0; N_FL_5000:=0;
  AA:=nachalo; BB:=0; CC:=0; i_temp:=1 ;
for i:=nachalo to konec do begin
  if ((sF1[i]-sF1[i-1])*(sF1[i+1]-sF1[i])<0)or(i=konec) then begin
  ifi_temp=2 then begin CC:=i; i_temp:=5; end;
  ifi_temp=1 then begin BB:=i; i_temp:=2; end;
  ifi_temp=0 then begin AA:=i; i_temp:=1; end;
  ifi_temp=5 then begin if abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))<0.1
  then begini_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; end else begin
    Mikro_Ampl:=abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA));
    Mikro_AV:=0; Square_MP_if:=0; Square_MP_if2:=0;
    for ii:=AA to CC do begin
    Mikro_AV:= Mikro_AV+abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA));

```



```

Square_MP_if:=Square_MP_if+sF1[ii];
  Square_MP_if2:=Square_MP_if2+sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA);
if abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))>Mikro_Ampl then begin
  Mikro_Ampl:=abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA)); BB:=ii;
end; //if abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))>Mikro_Ampl then begin
end; //for ii:=AA to CC do begin
Mikro_AV:= Mikro_AV/(CC-AA);
  Mikro_massST5000[BB,0]:=AA;
  Mikro_massST5000[BB,1]:=BB;
  Mikro_massST5000[BB,2]:=CC;
  N_FL_5000:=N_FL_5000+1;
i_temp:=1; AA2:=AA; AA:=CC;
if ((Mikro_AV<(1+Form_MP_if)*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_AV>(1-
Form_MP_if)*(Mikro_Ampl/2)))and
  ((Square_MP_if>0)and(Square_MP_if2>0)or(Square_MP_if<0)and(Square_MP_if2<0)) then
begin
if (2*Mikro_AV>Ampl_MP_if)and(Mikro_Ampl>Ampl_MP_if) then begin
  ////МПопределен////
Mikro_Time:= (Mikro_massST5000[BB,2]-Mikro_massST5000[BB,0])/fr;
gistTim5000[round(10000*Mikro_Time)]:=gistTim5000[round(10000*Mikro_Time)]+1;
if round(10000*Mikro_Time)<10000 then begin
iftrunc(Mikro_Ampl)<1000 then
  mass_Ampl_Tim_N_1000[round(10* Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]:=
  mass_Ampl_Tim_N_1000[round(10* Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]+1 else
  mass_Ampl_Tim_N_10000[round(Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]:=
  mass_Ampl_Tim_N_10000[round(Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]+1 ;
end // if round(10000*Mikro_Time)<10000 then begin
elseshowmessage('МП time > 1 sec');
gistAV5000[round(10*Mikro_AV)]:=gistAV5000[round(10*Mikro_AV)]+1;
gistAM5000[round(10*Mikro_Ampl)]:=gistAM5000[round(10*Mikro_Ampl)]+1;
  N_MP_5000:=N_MP_5000+1;
  Mikro_Av_Summ_5000:=Mikro_Av_Summ_5000+Mikro_AV*(Mikro_massST5000[BB,2]-
Mikro_massST5000[BB,0]);
ifMikro_Av_Max_Gist<Mikro_AV then begin Mikro_Av_Max_Gist:=Mikro_AV
;Mikro_Av_Max_Gist_Time:=BB; end;
ifMikro_Ampl_Max_Gist<Mikro_Ampl then begin Mikro_Ampl_Max_Gist:=Mikro_Ampl ;
Mikro_Ampl_Max_Gist_Time:=BB; end;
ifMikro_Tim_Max_Gist<Mikro_Time then Mikro_Tim_Max_Gist:=Mikro_Time;
end; //if (2*Mikro_S>D_koff)and(Mikro_Ampl>D_koff) then begin
for ii:=AA2 to CC do begin
sF1[ii]:=sF1[AA2]+(ii-AA2)*((sF1[CC]-sF1[AA2]))/(CC-AA2));
end; //for ii:=AA2 to CC do begin
end else i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; begin end; // if
(Mikro_S<1.3*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_S>0.7*(Mikro_Ampl/2)) then begin
end; // then begin i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; end else begin
end; //if i_temp=5 then begin if abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-
AA))<0.1
end; //if (sF1[i]-sF1[i-1])*(sF1[i+1]-sF1[i])<0 then begin
end; // for i:=nachalo to konec do begin
  ////////////детектированиеМПсфильтром 1000 гц
setLength(Mikro_massST1000,ot,2); setLength(gistAM1000,25000); setLength( gistAV500,20000);
setLength( gistTim1000,20000);

```

```

Filt ('sF1','sF1',0,0,ot,1000,2);
//test
// for i:=nachalo to konec do begin
// chart1.Series[11].AddXY((i+sm)/fr,sF1[i]);
//end;
//test
Mikro_Av_Summ_1000:=0; N_MP_1000:=0; N_FL_1000:=0;
AA:=nachalo; BB:=0; CC:=0; i_temp:=1 ;
for i:=nachalo to konec do begin
  if ((sF1[i]-sF1[i-1])*(sF1[i+1]-sF1[i])<0)or(i=konec) then begin
  ifi_temp=2 then begin CC:=i; i_temp:=5; end;
  ifi_temp=1 then begin BB:=i; i_temp:=2; end;
  ifi_temp=0 then begin AA:=i; i_temp:=1; end;
  ifi_temp=5 then begin if abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))<0.1
  then begini_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; end else begin
    Mikro_Ampl:=abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA));
  Mikro_AV:=0; Square_MP_if:=0; Square_MP_if2:=0;
  for ii:=AA to CC do begin
  Mikro_AV:= Mikro_AV+abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA));
  Square_MP_if:=Square_MP_if+sF1[ii];
  Square_MP_if2:=Square_MP_if2+sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA);
  if abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))>Mikro_Ampl then begin
    Mikro_Ampl:=abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA)); BB:=ii;
  end; //if abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))>Mikro_Ampl then begin
  end;//for ii:=AA to CC do begin
  Mikro_AV:= Mikro_AV/(CC-AA);
  Mikro_massST1000[BB,0]:=AA;
  Mikro_massST1000[BB,1]:=BB;
  Mikro_massST1000[BB,2]:=CC;
  N_FL_1000:=N_FL_1000+1;
  i_temp:=1; AA2:=AA; AA:=CC;
  if ((Mikro_AV<(1+Form_MP_if)*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_AV>(1-
  Form_MP_if)*(Mikro_Ampl/2)))and
  ((Square_MP_if>0)and(Square_MP_if2>0)or(Square_MP_if<0)and(Square_MP_if2<0)) then
  begin
  if (2*Mikro_AV>Ampl_MP_if)and(Mikro_Ampl>Ampl_MP_if) then begin
    ////МПопределен////
  Mikro_Time:= (Mikro_massST1000[BB,2]-Mikro_massST1000[BB,0])/fr;
  gistTim1000[round(10000*Mikro_Time)]:=gistTim1000[round(10000*Mikro_Time)]+1;
  if round(10000*Mikro_Time)<10000 then begin
  iftrunc(Mikro_Ampl)<1000 then
    mass_Ampl_Tim_N_1000[round(10* Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]:=
    mass_Ampl_Tim_N_1000[round(10* Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]+1 else
    mass_Ampl_Tim_N_10000[round(Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]:=
    mass_Ampl_Tim_N_10000[round(Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]+1 ;
  end // if round(10000*Mikro_Time)<10000 then begin
  elshowmessage('МП time > 1 sec');
  gistAV500[round(10*Mikro_AV)]:=gistAV500[round(10*Mikro_AV)]+1;
  gistAM500[round(10*Mikro_Ampl)]:=gistAM500[round(10*Mikro_Ampl)]+1;
  N_MP_1000:=N_MP_500+1;
  Mikro_Av_Summ_1000:=Mikro_Av_Summ_1000+Mikro_AV*(Mikro_massST500[BB,2]-
  Mikro_massST500[BB,0]);

```

```

ifMikro_Av_Max_Gist<Mikro_AV then begin Mikro_Av_Max_Gist:=Mikro_AV
;Mikro_Av_Max_Gist_Time:=BB; end;
ifMikro_Ampl_Max_Gist<Mikro_Ampl then begin Mikro_Ampl_Max_Gist:=Mikro_Ampl ;
Mikro_Ampl_Max_Gist_Time:=BB; end;
ifMikro_Tim_Max_Gist<Mikro_Time then Mikro_Tim_Max_Gist:=Mikro_Time;
end; //if (2*Mikro_S>D_koff)and(Mikro_Ampl>D_koff) then begin
for ii:=AA2 to CC do begin
sF1[ii]:=sF1[AA2]+(ii-AA2)*((sF1[CC]-sF1[AA2])/(CC-AA2));
end; //for ii:=AA2 to CC do begin
end else i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; begin end; // if
(Mikro_S<1.3*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_S>0.7*(Mikro_Ampl/2)) then begin
end; // then begin i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; end else begin
end; //if i_temp=5 then begin if abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-
AA))<0.1
end; //if (sF1[i]-sF1[i-1])*(sF1[i+1]-sF1[i])<0 then begin
end; // for i:=nachalo to konec do begin
//////////детектированиеМПсфильтром 500 гц
setLength(Mikro_massST500,ot,2); setLength(gistAM500,25000); setLength( gistAV500,20000);
setLength( gistTim500,20000);
Filt ('sF1','sF1',0,0,ot,500,2);
//test
//for i:=nachalo to konec do begin
// chart1.Series[12].AddXY((i+sm)/fr,sF1[i]);
// end;
//test
Mikro_Av_Summ_500:=0; N_MP_500:=0; N_FL_500:=0;
AA:=nachalo; BB:=0; CC:=0; i_temp:=1 ;
for i:=nachalo to konec do begin
if ((sF1[i]-sF1[i-1])*(sF1[i+1]-sF1[i])<0)or(i=konec) then begin

ifi_temp=2 then begin CC:=i; i_temp:=5; end;
ifi_temp=1 then begin BB:=i; i_temp:=2; end;
ifi_temp=0 then begin AA:=i; i_temp:=1; end;
ifi_temp=5 then begin if abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))<0.1
then begini_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; end else begin
Mikro_Ampl:=abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA));
Mikro_AV:=0; Square_MP_if:=0; Square_MP_if2:=0;
for ii:=AA to CC do begin
Mikro_AV:= Mikro_AV+abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA));
Square_MP_if:=Square_MP_if+sF1[ii];
Square_MP_if2:=Square_MP_if2+sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA);
if abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))>Mikro_Ampl then begin
Mikro_Ampl:=abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA)); BB:=ii;
end; //if abs(sF1[ii]-sF1[AA]-((ii-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-AA))>Mikro_Ampl then begin
end; //for ii:=AA to CC do begin
Mikro_AV:= Mikro_AV/(CC-AA);
Mikro_massST500[BB,0]:=AA;
Mikro_massST500[BB,1]:=BB;
Mikro_massST500[BB,2]:=CC;
N_FL_150:=N_FL_500+1;
i_temp:=1; AA2:=AA; AA:=CC;

```

```

if ((Mikro_AV<(1+Form_MP_if)*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_AV>(1-
Form_MP_if)*(Mikro_Ampl/2)))and
  ((Square_MP_if>0)and(Square_MP_if2>0)or(Square_MP_if<0)and(Square_MP_if2<0)) then
begin
if (2*Mikro_AV>Ampl_MP_if)and(Mikro_Ampl>Ampl_MP_if) then begin
  ////МПопределен////
Mikro_Time:= (Mikro_massST500[BB,2]-Mikro_massST150[BB,0])/fr;
gistTim500[round(10000*Mikro_Time)]:=gistTim500[round(10000*Mikro_Time)]+1;
if round(10000*Mikro_Time)<10000 then begin
iftrunc(Mikro_Ampl)<1000 then
  mass_Ampl_Tim_N_1000[round(10* Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]:=
  mass_Ampl_Tim_N_1000[round(10* Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]+1 else
  mass_Ampl_Tim_N_10000[round(Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]:=
  mass_Ampl_Tim_N_10000[round(Mikro_Ampl),round(10000*Mikro_Time)]+1 ;
end // if round(10000*Mikro_Time)<10000 then begin
elseshowmessage('МПИ time > 1 sec');
gistAV500[round(10*Mikro_AV)]:=gistAV500[round(10*Mikro_AV)]+1;
gistAM500[round(10*Mikro_Ampl)]:=gistAM500[round(10*Mikro_Ampl)]+1;
  N_MP_500:=N_MP_500+1;
  Mikro_Av_Summ_500:=Mikro_Av_Summ_500+Mikro_AV*(Mikro_massST150[BB,2]-
Mikro_massST500[BB,0]);
ifMikro_Av_Max_Gist<Mikro_AV then begin Mikro_Av_Max_Gist:=Mikro_AV
;Mikro_Av_Max_Gist_Time:=BB; end;
ifMikro_Ampl_Max_Gist<Mikro_Ampl then begin Mikro_Ampl_Max_Gist:=Mikro_Ampl ;
Mikro_Ampl_Max_Gist_Time:=BB; end;
ifMikro_Tim_Max_Gist<Mikro_Time then Mikro_Tim_Max_Gist:=Mikro_Time;
end; //if (2*Mikro_S>D_koff)and(Mikro_Ampl>D_koff) then begin
for ii:=AA2 to CC do begin
sF1[ii]:=sF1[AA2]+(ii-AA2)*((sF1[CC]-sF1[AA2])/(CC-AA2));
end; //for ii:=AA2 to CC do begin
end else i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; begin end; // if
(Mikro_S<1.3*(Mikro_Ampl/2))or(Mikro_S>0.7*(Mikro_Ampl/2)) then begin
end; // then begin i_temp:=2; AA:=BB; BB:=CC; end else begin
end; //if i_temp=5 then begin if abs(sF1[BB]-sF1[AA]-((BB-AA)*(sF1[CC]-sF1[AA]))/(CC-
AA))<0.1
end; //if (sF1[i]-sF1[i-1])*(sF1[i+1]-sF1[i])<0 then begin
end; // for i:=nachalo to konec do begin

//test
chart1.Series[1].clear; chart1.Series[2].clear; chart1.Series[9].clear; chart1.Series[11].clear;
chart1.Series[12].clear;
Filt ('sF1','sF1',0,0,ot,500,2);
for i:=nachalo to konec do begin
chart1.Series[9].AddXY((i+sm)/fr,sF1[i]);
end;
//test
full_time_ST:=konec-nachalo;
chart8.Series[0].Clear; chart8.Series[1].Clear; chart8.Title.Text.Clear;
chart8.Title.Text.Add('Распределение амплитуд микропотенциалов '+'
'Максимальная амплитуда МП='+ FLOATtoSTR(0.1*round(10*Mikro_Ampl_Max_Gist))+
' мкВ('+FLOATtoSTR(0.01*round(100*(sm+Mikro_Ampl_Max_Gist_Time)/fr))+'сек)');

```

```

for i:=0 to round(10*Mikro_Ampl_Max_Gist) do begin

chart8.Series[0].AddXY(i/10,(gistAM10000[i]+gistAM5000[i]+gistAM500[i]+gistAM150[i])/(full_time_ST/fr));

chart8.Series[1].AddXY((gistAM10000[i]+gistAM5000[i]+gistAM500[i]+gistAM150[i])/(full_time_ST/fr), i/10);
end;
chart2.Series[0].Clear; chart2.Series[1].Clear; chart2.Title.Text.Clear;
chart2.Title.Text.Add('Распределение времени микропотенциалов '+Общее время ST='+
FLOATtoSTR(0.01*round(100*full_time_ST/fr))+' сек');
for i:=0 to round(10000*Mikro_Tim_Max_Gist) do begin
  chart2.Series[0].AddXY(
i/10,(gistTim10000[i]+gistTim5000[i]+gistTim500[i]+gistTim500[i])/(full_time_ST/fr) );

chart2.Series[1].AddXY((gistTim10000[i]+gistTim5000[i]+gistTim500[i]+gistTim500[i])/(full_time_ST/fr), i/10);
end;
form1.Chart3.Series[0].Clear;
form1.Chart3.Series[1].Clear;
form1.Chart3.Series[2].Clear;
form1.Chart3.Series[3].Clear;
form1.Chart3.Series[4].Clear;
  j2:=0;
for i:=0 to 5000 do
for ii:=0 to 10000 do begin
if mass_Ampl_Tim_N_500[i,ii]>0 then begin
if mass_Ampl_Tim_N_500[i,ii]<3 then form1.Chart3.Series[4].AddXY(i/10,ii/10);
if (mass_Ampl_Tim_N_1000[i,ii]<7)and(mass_Ampl_Tim_N_1000[i,ii]>2) then
form1.Chart3.Series[3].AddXY(i/10,ii/10);
if (mass_Ampl_Tim_N_1000[i,ii]<16)and(mass_Ampl_Tim_N_1000[i,ii]>6) then
form1.Chart3.Series[2].AddXY(i/10,ii/10);
if (mass_Ampl_Tim_N_1000[i,ii]<501)and(mass_Ampl_Tim_N_1000[i,ii]>15) then
form1.Chart3.Series[1].AddXY(i/10,ii/10);
if mass_Ampl_Tim_N_1000[i,ii]>1000 then form1.Chart3.Series[0].AddXY(i/10,ii/10);
j2:=j2+1;
end;
end;
for i:=0 to 10000 do
for ii:=0 to 10000 do begin
if mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]>0 then begin
if mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]<3 then form1.Chart3.Series[4].AddXY(i,ii/10);
if (mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]<7)and(mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]>2) then
form1.Chart3.Series[3].AddXY(i,ii/10);
if (mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]<16)and(mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]>6) then
form1.Chart3.Series[2].AddXY(i,ii/10);
if (mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]<501)and(mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]>15) then
form1.Chart3.Series[1].AddXY(i,ii/10);
if mass_Ampl_Tim_N_10000[i,ii]>1000 then form1.Chart3.Series[0].AddXY(i,ii/10);
j2:=j2+1;
end;
end;

```

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д.
ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ АПК**

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

УТВЕРЖДЕНО
ФЮРА.944110.001ИЭ

АПК

Инструкция по эксплуатации

ВНИМАНИЕ!

- Перед включением аппаратно-программного комплекса (АПК) внимательно ознакомьтесь с настоящей инструкцией.

- Для получения качественной записи следует проинструктировать пациента о необходимости избегать близкого соседства с мощным электрическим оборудованием и другими источниками электромагнитных помех типа электрических одеял, электрогрелок, сотовых телефонов, брелоков автомобильных сигнализаций и т. д.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ!

- Использовать АПК для снятия электрокардиограмм с помощью внутрисердечных электродов при электрофизиологических исследованиях (ЭФИ).

Если АПК переносится из холодного помещения в теплое, его следует включать лишь после того как температура прибора сравняется с температурой окружающей среды. В связи с дальнейшим техническим совершенствованием техники в АПК возможны непринципиальные схемные и конструкторские изменения, не отраженные в техническом описании. В описании не отражается замена комплектующих элементов, если данная замена не влияет на качество и ремонтоспособность изделия.

В инструкции применены следующие сокращения:

АПК – аппаратно-программный комплекс

ЭКГ – электрокардиограмма

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика

ВСС – внезапная сердечная смерть

ИЭ – инструкция по эксплуатации

ОС – операционная система

ПК – персональный компьютер

ПО – программное обеспечение

ЧСС – частота сердечных сокращений

1 Назначение

Настоящая инструкция по эксплуатации (ИЭ) предназначена для изучения устройства, принципа действия, правил использования АПК.

АПК предназначен для регистрации микропотенциалов сердца от 0,3 мкВ в частотном диапазоне (0 – 10000) Гц и в других в соответствии с ТЗ в реальном времени без усреднения и фильтрации с использованием высокочувствительных, малошумящих, высокостабильных,

неполяризующихся, помехоустойчивых медицинских наносенсоров с целью раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти.

Область применения – федеральные и муниципальные образования системы здравоохранения, ведомственные медицинские пункты, частные медицинские клиники, заинтересованные организации.

Габаритные размеры, мм, не более	214×100×40
Срок службы, лет, не менее	5

Рабочие условия эксплуатации АПК:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5;
- относительная влажность при 25°С, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

АПК состоит из наносенсоров, измерительного блока, персонального компьютера либо ноутбука. Это трехканальный аппаратно-программный комплекс с выводом результатов измерения ЭКГ на дисплей ПК, ноутбука (notebook), работающих под управлением ОС Windows XP/Windows 7/Windows 8.

Комплект поставки:

- 1) Измерительный блок – 1 шт.
- 2) Кабель пациента – 1 шт.
- 3) Кабель сопряжения с ПК – 1 шт.
- 4) CD – диск с программным обеспечением – 1 шт.
- 5) Наносенсоры – 7 шт.
- 6) Заглушка на разъем АПК – 1 шт.
- 7) Руководство по эксплуатации – 1 шт.

АПК изготавливаются в климатическом исполнении УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150 и ГОСТ Р 50444.

По электробезопасности АПК соответствует ГОСТ Р МЭК 601-1-1, ГОСТ Р 50276.0-92 (МЭК 601-1-88).

По электромагнитной совместимости АПК должен удовлетворять требованиям ГОСТ Р 50267.0.2 (МЭК 601-1-2).

По электробезопасности ПК или ноутбук должны соответствовать ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 950).

2 Технические характеристики АПК

Технические характеристики АПК представлены в таблице 1

Таблица Д.1 – Технические характеристики АПК

Параметр	Значение
Масса АПК без ПК/ноутбука	не более 0,5 кг
Ток, потребляемый АПК в режиме записи ЭКГ	не более 300 мА
Диапазон входных напряжений при регистрации ЭКГ	от $\pm 1,0$ мкВ до ± 10 мВ
Относительное отклонение в диапазоне от 0,3 мкВ до 5,0 мкВ	± 15 %
Относительное отклонение в диапазоне от 5 мкВ до 10000 мкВ	± 10 %
Время регистрации	30 с
Частотный диапазон	от 0 до 10000 Гц
Чувствительность каналов, мкВ/с	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5; 10; 15; 20; 30; 50; 70; 100; 150; 200; 300; 500; 700; 1000
Относительное отклонение чувствительности	$\pm 5,0$ %
Входной импеданс	не менее 10 Мом
Ослабление синфазных сигналов	не менее 120 дБ
Неравномерность АЧХ в диапазоне от 0 до 10 кГц	от ± 20 % до ± 10 %
Постоянный ток в цепи пациента	не более 0,1 мкА
Абсолютная погрешность измерения ЧСС: - в диапазоне от 30 до 90 1/мин - в диапазоне от 90 до 180 1/мин	не более ± 1 мин ⁻¹ не более ± 4 мин ⁻¹
Абсолютная погрешность измерения длительности R-R интервалов ЭКС в диапазоне от 333 до 2000 мс	не более ± 20 мс

3 Состав АПК

АПК состоит из аппаратной и программной частей. Аппаратная часть обеспечивает обнаружение низкоамплитудных составляющих ЭКГ. Программная часть обеспечивает оценку низкоамплитудных составляющих ЭКГ с целью выявления ранних признаков ВСС.

Аппаратная часть представляет собой непосредственно наносенсоры (медицинские электроды) и схемотехнические решения, реализованные в принципиальных схемах (Приложение Е).

Реализация аппаратной части определяется метрологическими свойствами наносенсоров. Применение высокостабильных малозумящих неполяризуемых помехоустойчивых наносенсоров дает возможность исключить из аппаратной части многие стандартные элементы, в первую очередь, фильтры. Таким образом, аппаратная часть выявления изменений электрокардиографического сигнала нановольтового и микровольтового уровня выглядит следующим образом, см. рисунок Д.1.

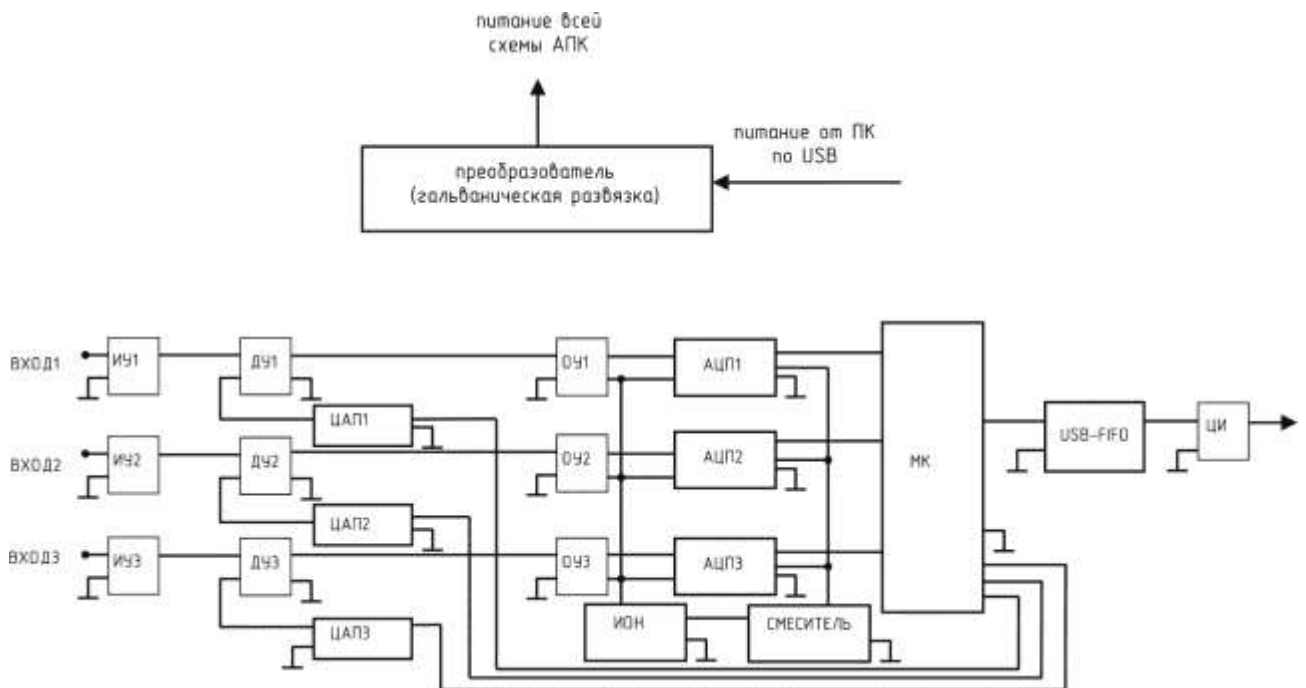


Рисунок Д.1 –Функциональная схема АПК

4 Работа с АПК

4.1 Порядок записи и обработки ЭКГ

АПК предназначен для работы в нормальных условиях.

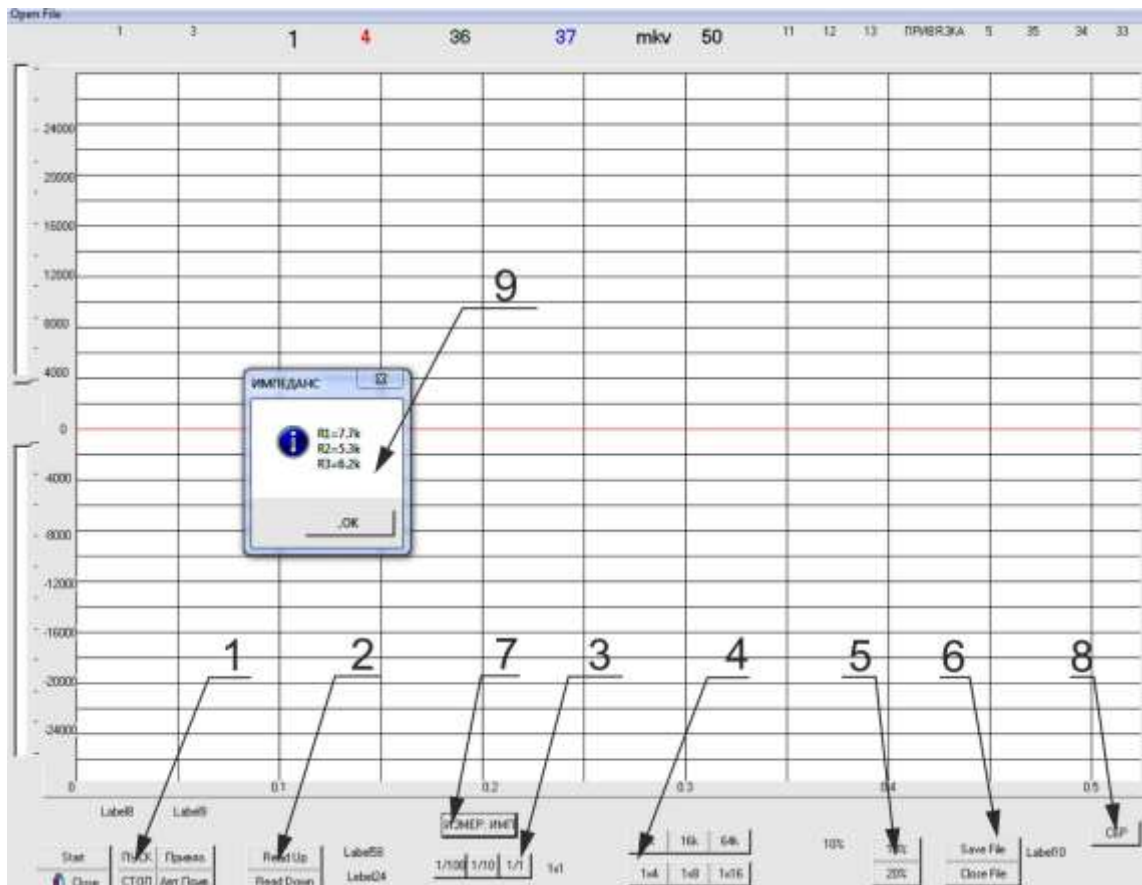
Рабочее положение – горизонтальное.

Внешний вид измерительного устройства представлен на рисунке Д.2.



Рисунок Д.2 – Внешний вид выносного блока АПК

Рабочее окно измерительного устройства представлено на рисунке Д. 3.



1 – кнопки ПУСК/СТОП; 2 – кнопки чтения файла вперед и назад; 3 – кнопка программного масштабирования; 4 – кнопки частоты дискретизации; 5 – кнопки аппаратного усиления; 6 – кнопки записи файла и отключения записи файла; 7 – кнопка измерения межэлектродного сопротивления; 8 – кнопка сброс

Рисунок Д. 3 – Интерфейс пользователя программы регистрации

Порядок записи и обработки ЭКГ:

- 1) Установите АПК в подходящем для этого помещении, с точки зрения электромагнитной помехозащищенности, в удобном для оператора положении;
- 2) Включите компьютер с установленной на нем ОС Windows XP/Windows 7/Windows 8;
- 3) Подключите АПК к компьютеру к разъему «USB»;
- 4) Запустите программу (SignalCrd.exe);
- 5) Наложите наносенсоры на грудную клетку пациента согласно системы 3-канального отведения по Холтеру, I, II и III отведения;
- 6) Соедините штыри кабеля отведений с наносенсорами в соответствии с расцветкой проводов/зажимов;

Провода кабеля отведений подсоединяются к наносенсорам:

- красный – I отведение, плюс;
- зеленый – II отведение, плюс;
- синий – III отведение, плюс;
- черные – I, II, III отведения, минус;
- белый – земля.

- 7) Для получения качественной ЭКГ необходимо, чтобы пациент лежал в удобном положении, был расслаблен и спокоен;
- 8) Запись ЭКГ начинается нажатием кнопки «Start»(ПУСК) в окне интерфейса пользователя программы регистрации (рисунок 4). Запись производится в файл с расширением *.dat;
- 9) Далее пользователь выбирает необходимую частоту дискретизации с помощью кнопки 4 и усиление с помощью кнопки 5;
- 10) Запись файла и отключение записи файла производят с помощью кнопки 6;
- 11) Сброс осуществляют с помощью кнопки 7.

5.2 Обработка файлов записи

Для удобства обработки сигналов предложена блочная структура программы, включающая ряд процедур обработки, рисунок 5. Это позволяет выполнять обработку сигналов, гибко изменяя порядок обработки. Помимо этого программа позволяет модифицировать имеющиеся блоки, минимально затрагивая имеющийся код, а также упрощает процесс дополнения возможностей программы путем разработки новых блоков. Подобная

структура программы схожа с традиционными формами обработки сигналов с помощью электронных приборов, когда для обработки сигнала стандартные или специализированные приборы соединяются в необходимом порядке и каждый из приборов настраивается, как это требуют условия обработки. Для реализации следующей обработки приборы могут устанавливаться в другом порядке и с другими параметрами, если этого требуют условия эксперимента.

5.3 Условия выполнения программы

Требования к аппаратному обеспечению:

- процессор: IntelPentium 4, 2000 МГц или выше (либо эквивалентный);
- ОЗУ: 4096 МБ рекомендуется (2048 МБ минимум);
- 1024 МБ свободного дискового пространства;
- VGA-монитор с разрешением 1024x768 или выше;
- клавиатура;
- манипулятор типа «мышь» или совместимое указывающее устройство;
- интерфейс USB.

Требования к системному программному обеспечению: ОС Windows XP/Windows 7/Windows 8.

5.4 Подготовка к работе

Установить диск с программным обеспечением в привод персонального компьютера (далее – ПК), затем скопировать программу в требуемую папку на рабочем столе ПК или на жестком диске.

5.5 Выполнение программ АПК

5.5.1 Выполнение программы «Обработка оцифрованных сигналов биопотенциалов»

Для начала работы с программой «Обработка оцифрованных сигналов биопотенциалов», запустить приложение Signal.exe.

После запуска откроется главное управляющее окно программы «Фильтрация многоканальных сигналов», приведенная на рисунке Д. 4.

Для завершения работы программы пользователь нажимает кнопку «Закреть панель».

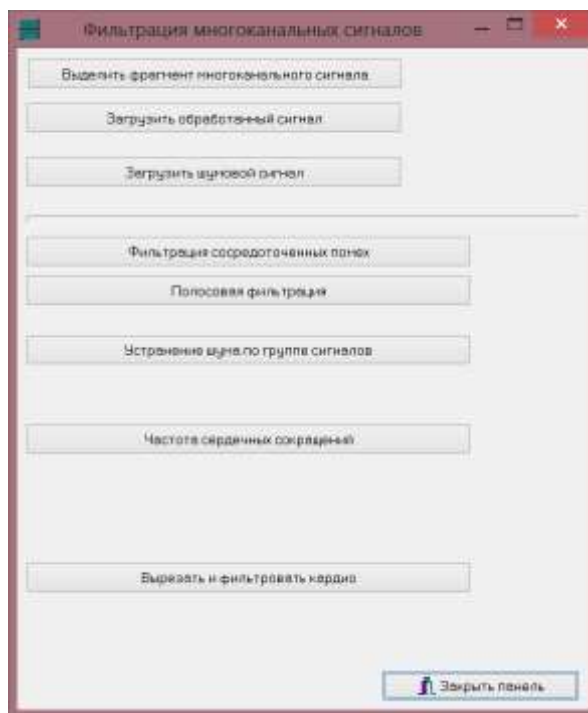


Рисунок Д. 4 – Управляющее окно программы

Для начала работы пользователь должен загрузить требуемые данные в оперативную память компьютера. Для этого он должен:

- по кнопке «Выделить фрагмент многоканального сигнала» открыть окно «Чтение многоканального высокочастотного сигнала» для загрузки данных в исходном формате;
- или по кнопке «Загрузить обработанный сигнал» открыть окно «Загрузка обработанного трехканального сигнала» для загрузки файлов во внутреннем формате программы, подвергнутых обработке ранее.

Если планируемая обработка сигнала потребует использования дополнительного сигнала, представляющего собой шум системы, то пользователь по кнопке «Загрузить шумовой сигнал» открывает окно «Загрузка и суммирование шума».

В окне «Чтение многоканального высокочастотного сигнала» пользователь по кнопке «Открыть файл» открывает стандартное окно для выбора файлов (рисунок Д. 5). Пользователь открывает необходимую папку и выбирает требуемый файл. Окно закрывается по кнопке «Открыть».

Выбранный файл заносится в список «Открываемые файлы». Если необходимо пользователь может дополнить список именем другого файла.

Для удаления имени файла из списка, пользователь должен воспользоваться кнопкой «Удалить файл из списка», которая расположена справа ниже окошка со списком «Открываемые файлы».

При загрузке первого файла программа считывает и отображает основные характеристики сигнала – частоту опроса сигнала, длительность и количество отсчетов. По кнопке «Загрузить файл» пользователь загружает в оперативную память программы фрагмент требуемого файла в исходном формате, длительностью указанной в окошке «Длина считываемого фрагмента».

В дальнейшем пользователь может загрузить произвольный фрагмент файла, указав требуемый временной промежуток (начало и конец) в блоке «Читать фрагмент».

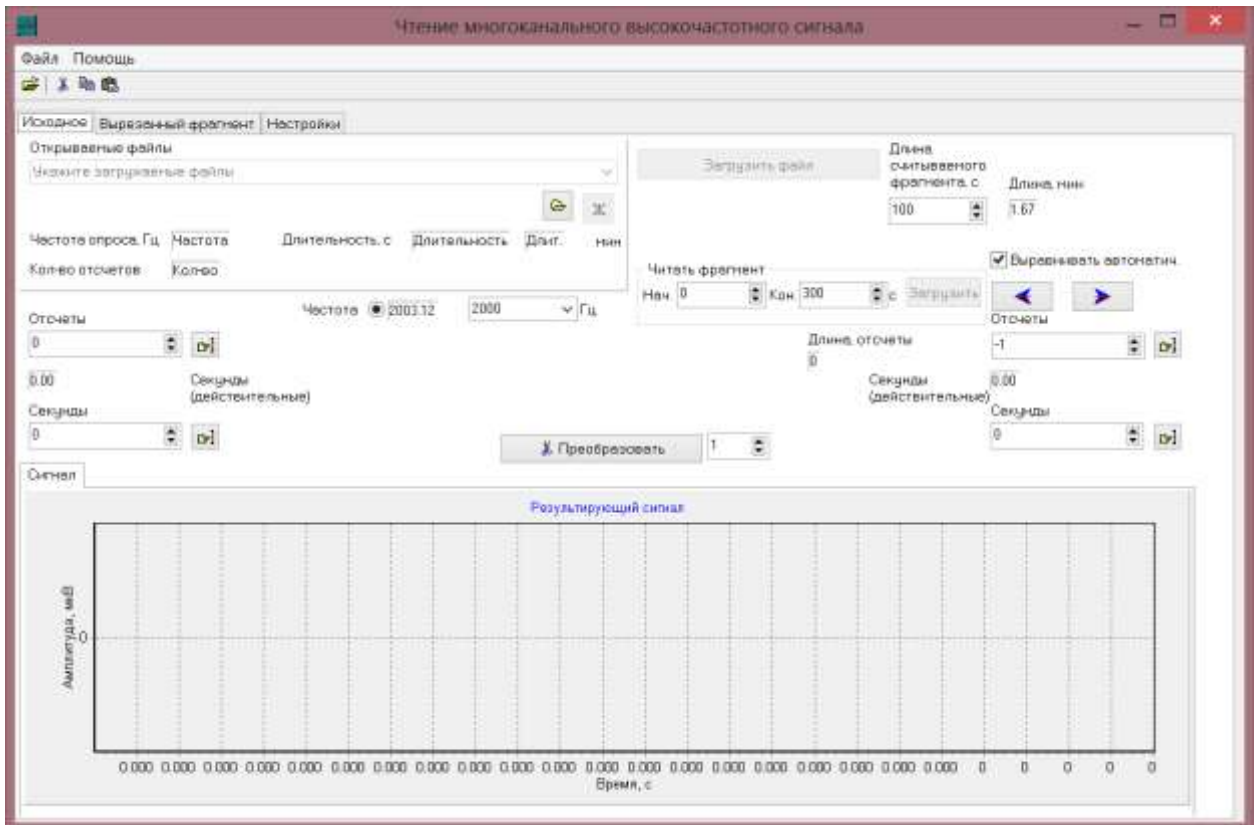


Рисунок Д. 5 – Окно чтения исходных данных. Вкладка «Исходное»

Считанный фрагмент пользователь может просмотреть в целом или детально на графике «Результирующий сигнал».

На графике сигнала пользователь может установить начало и конец фрагмента исходного сигнала, который требует дальнейшей обработки. Начало и конец выставляются в окошках «Секунды» слева и справа от графика. Установленные позиции отображаются вертикальными чертами на графике сигнала.

В диалоговом окне, рисунок Д. 6, можно выбрать необходимый файл.

Выбранный требуемый фрагмент пользователь с помощью программы преобразует во внутренний формат. Просмотреть выделенный фрагмент как самостоятельный сигнал и получить спектр этого фрагмента (кнопка «Спектр») можно на вкладке «Вырезанный фрагмент» (рисунок Д. 7).

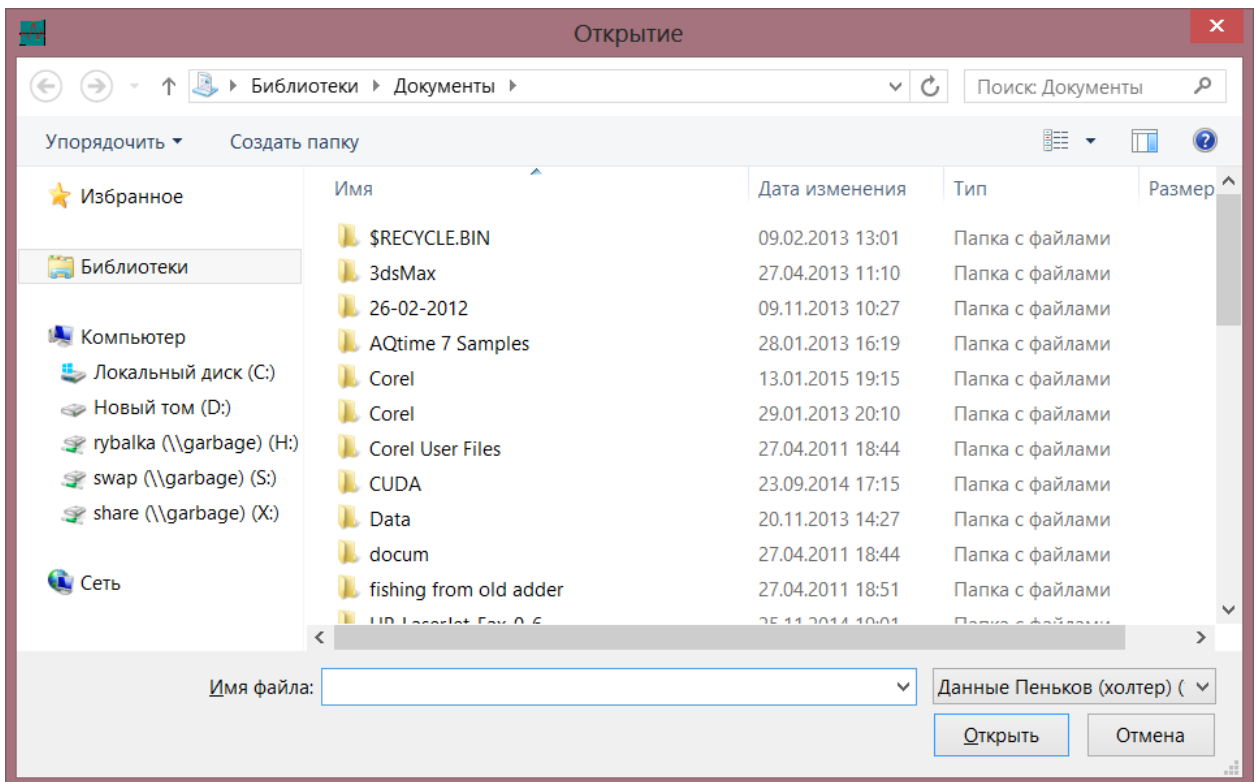


Рисунок Д. 6 – Диалоговое окно выбора файлов



Рисунок Д. 7 – Окно чтения исходных данных. Вкладка «Вырезанный фрагмент»

В окне «Загрузка обработанного сигнала» (рисунок Д. 8) пользователь может загрузить файлы во внутреннем формате программы. Это такие файлы, которые были сформированы в

окне «Чтение многоканального высокочастотного сигнала» или обработаны в других окнах и сохранены на диске.

По кнопке «Загрузить трехканальный сигнал» программа открывает стандартное окно (см. рисунок Д. 6), где пользователь выбирает требуемый файл.

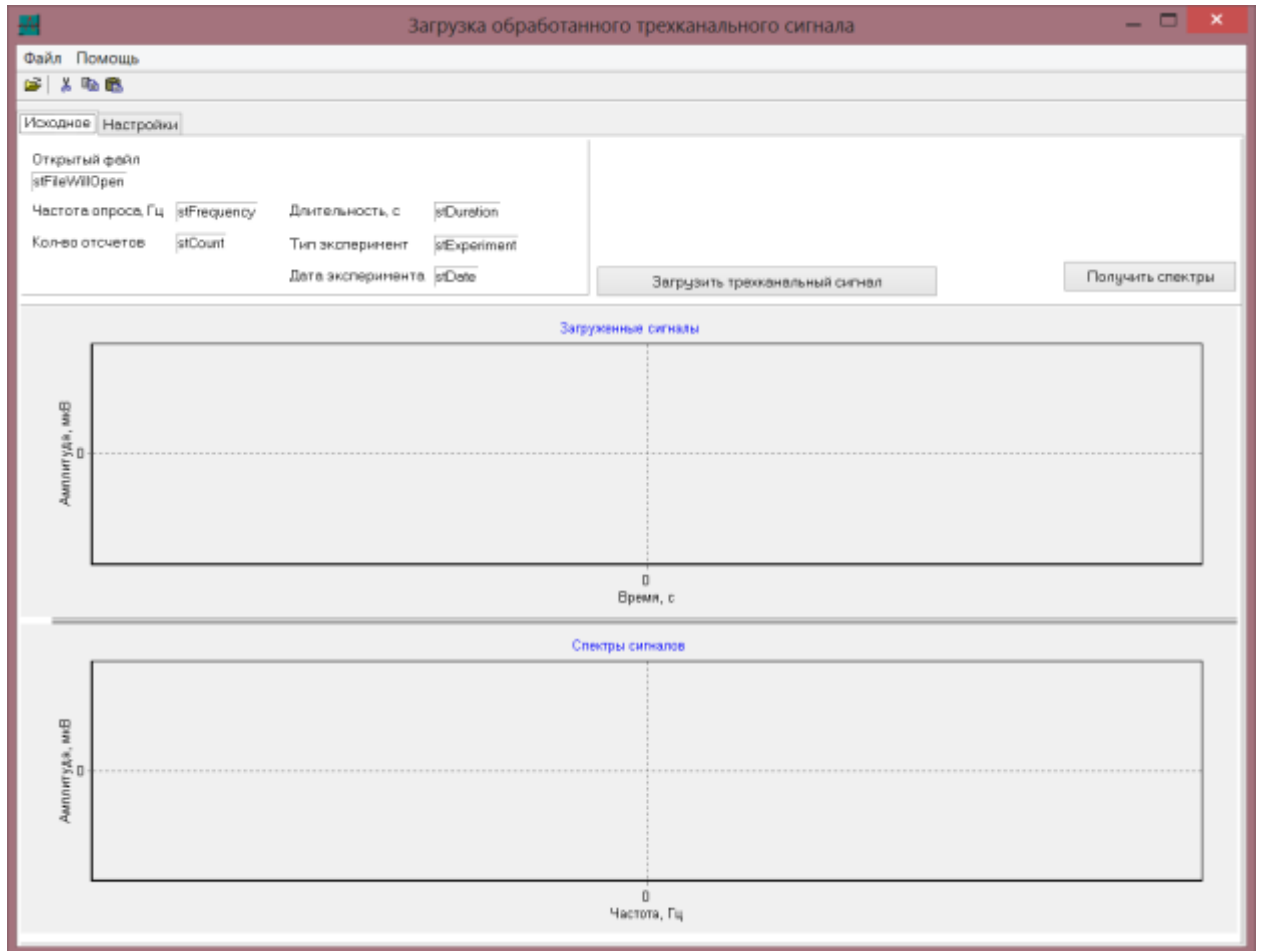


Рисунок Д. 8 – Окно чтения обработанных файлов

Пользователь может прерывать обработку сигналов на любом этапе и продолжать обрабатывать их по потребности по прошествии некоторого времени.

По кнопке «Получить спектры» пользователь может получить спектр сигнала, если он не был сохранен на предыдущем этапе.

Теперь сигнал и спектр находится в оперативной памяти компьютера и пользователь может обрабатывать его, открывая другие окна.

В окне «Загрузки и суммирования шумов» (рисунок Д. 9) пользователь по кнопке «Загрузить шум» открывает стандартное диалоговое окно (см. рисунок Д. 6), выбирает файлы, содержащие сигналы, представляющие собой шум системы, зарегистрированный при коротком замыкании входа измерительного канала АПК.

По кнопке «Добавить файл в список» пользователь аналогичным образом может пополнять список файлов, требующих суммирования в единый файл.

По кнопке «Удалить файл из списка» удаляют файл из списка при необходимости.

По кнопке «Суммировать шумы из списка» пользователь выполняет суммирование сигналов для улучшения их статистических характеристик.

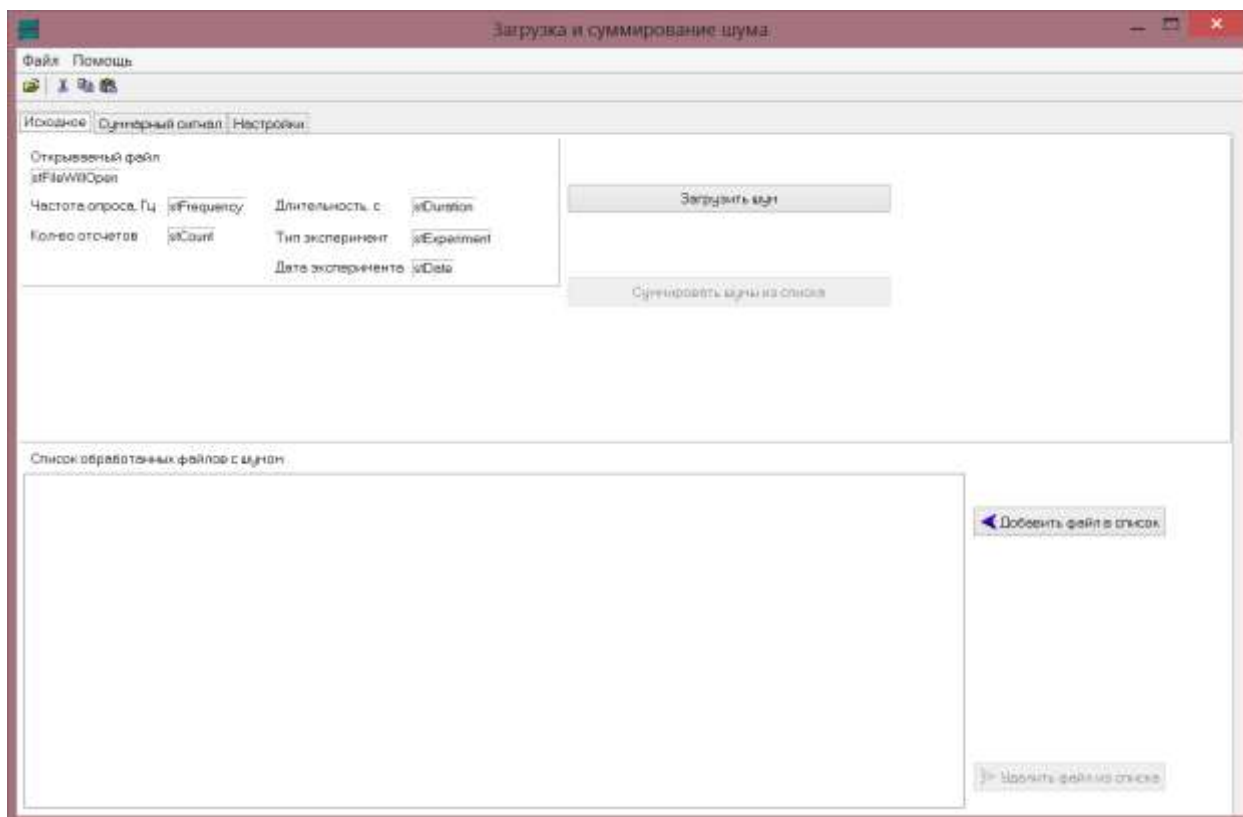


Рисунок Д. 9 – Окно чтения шумовых сигналов

На второй вкладке «Суммарный сигнал» пользователь может посмотреть сигнал-сумму и получить его спектр.

После этого шумовой сигнал находится в оперативной памяти и готов к использованию в других окнах программы, рисунок Д. 10.

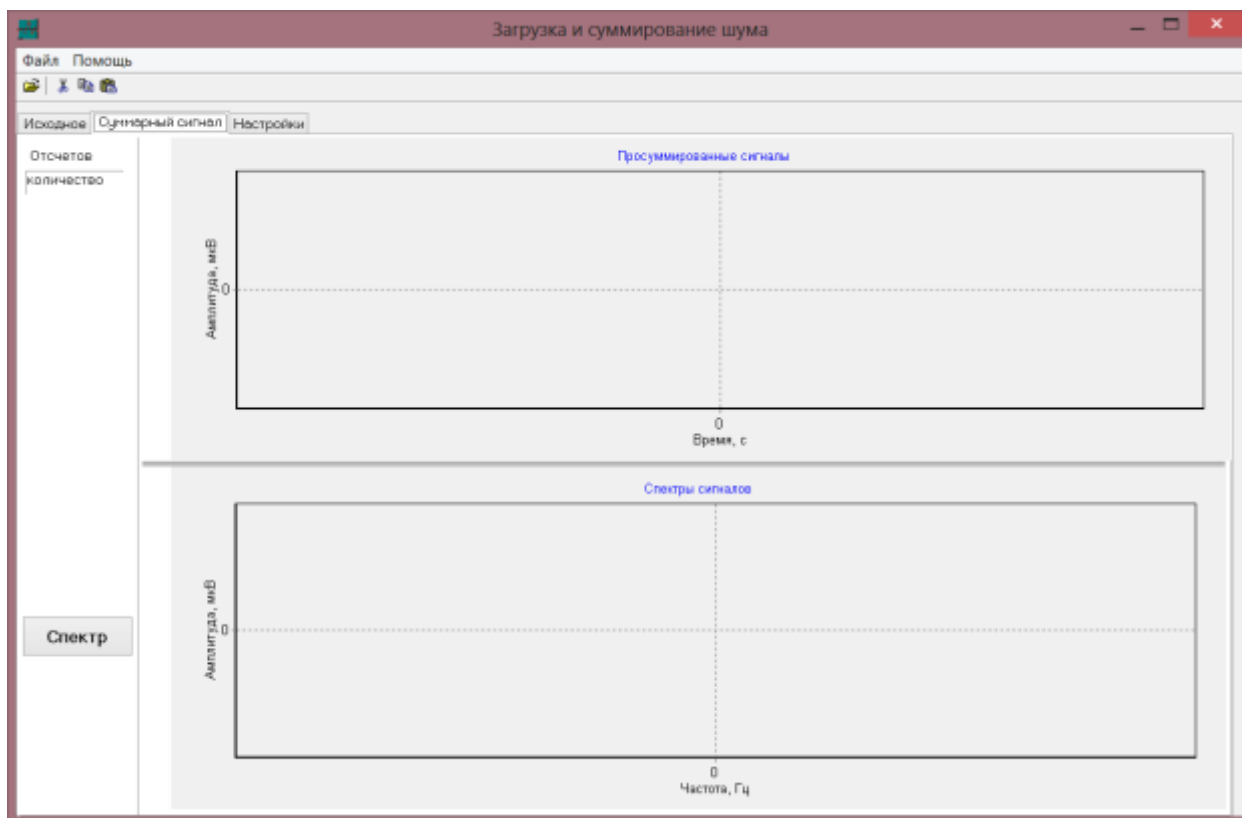


Рисунок Д. 10 – Окно чтения сигналов шума. Вкладка «Суммарный сигнал»

Обработка сигнала, загруженного в оперативную память, осуществляется пользователем в произвольном порядке. Для этого вызываются соответствующие окна программы по кнопкам в нижней части головного окна программы (рисунок Д. 1).

Пользователь по кнопке «Фильтрация сосредоточенных помех» головного окна программы (рисунок Д. 4), вызывает окно «Фильтрация сосредоточенных помех» (рисунок Д. 11) для устранения шумов сигнала, имеющих фиксированную частоту и, как правило, вызванных внешними источниками электроэнергии.

На вкладке «Энергия по интервалам» пользователь может отфильтровать, в частности, шумы, наводимые на сигнал внешними источниками, такие как 50 Гц и кратные ей.

Пользователь открывает всплывающую панель и составляет список тех интервалов, в частотной области которых требуется фильтрация (рисунок Д. 11).

На этой панели можно указать требуемые параметры и добавить этот интервал фильтрации по кнопке «Добавить интервал». Пользователь указывает базовую частоту и шаг повторения, если требуется фильтровать частоты, кратные базовой. Так же настраиваются условия сравнения и принятия решения программой о необходимости фильтрации в указанном частотном интервале.

Если требуется исправить настройки отдельного фильтра, пользователь выделяет его в списке, корректирует значения и нажимает кнопку «Обновить интервал».

Если есть ошибочный интервал, его можно выделить и удалить (удалять можно только тогда, когда в списке имеется более одной строки).

Если необходимо посмотреть все частоты указанной строки (с учетом повторов, то есть значение 'Количество частот' больше 1) можно включить галочку 'Показать интервалы подробно'.

На вкладке «Вырезанный фрагмент» пользователь может посмотреть состояние сигнала и его спектра на входе в окне фильтрации.

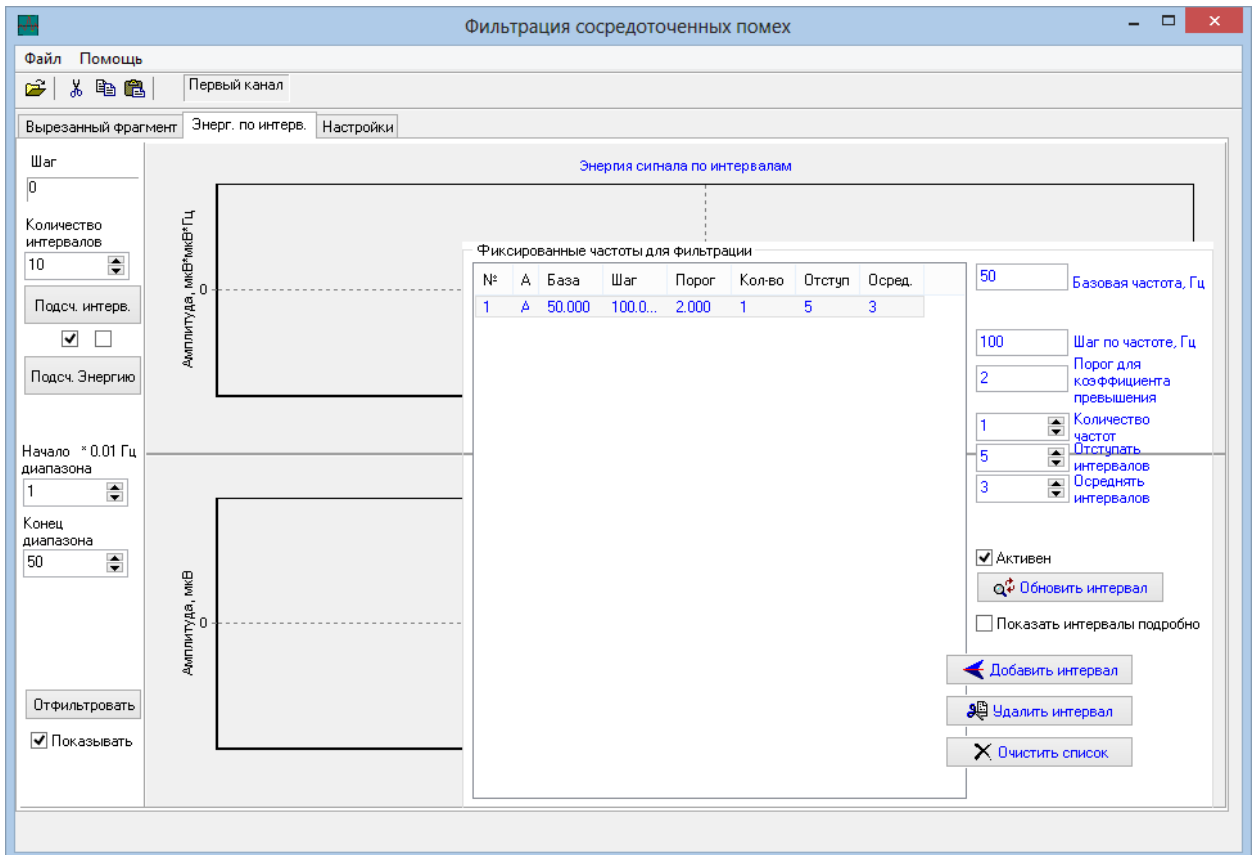


Рисунок Д. 11 – Окно фильтрации сигнала от сосредоточенных помех.

Вкладка «Энергия по интервалам»

По кнопке «Полосовая фильтрация» на головном окне (рисунок Д. 4) пользователь вызывает окно «Полосовая фильтрация» (рисунок Д. 12).

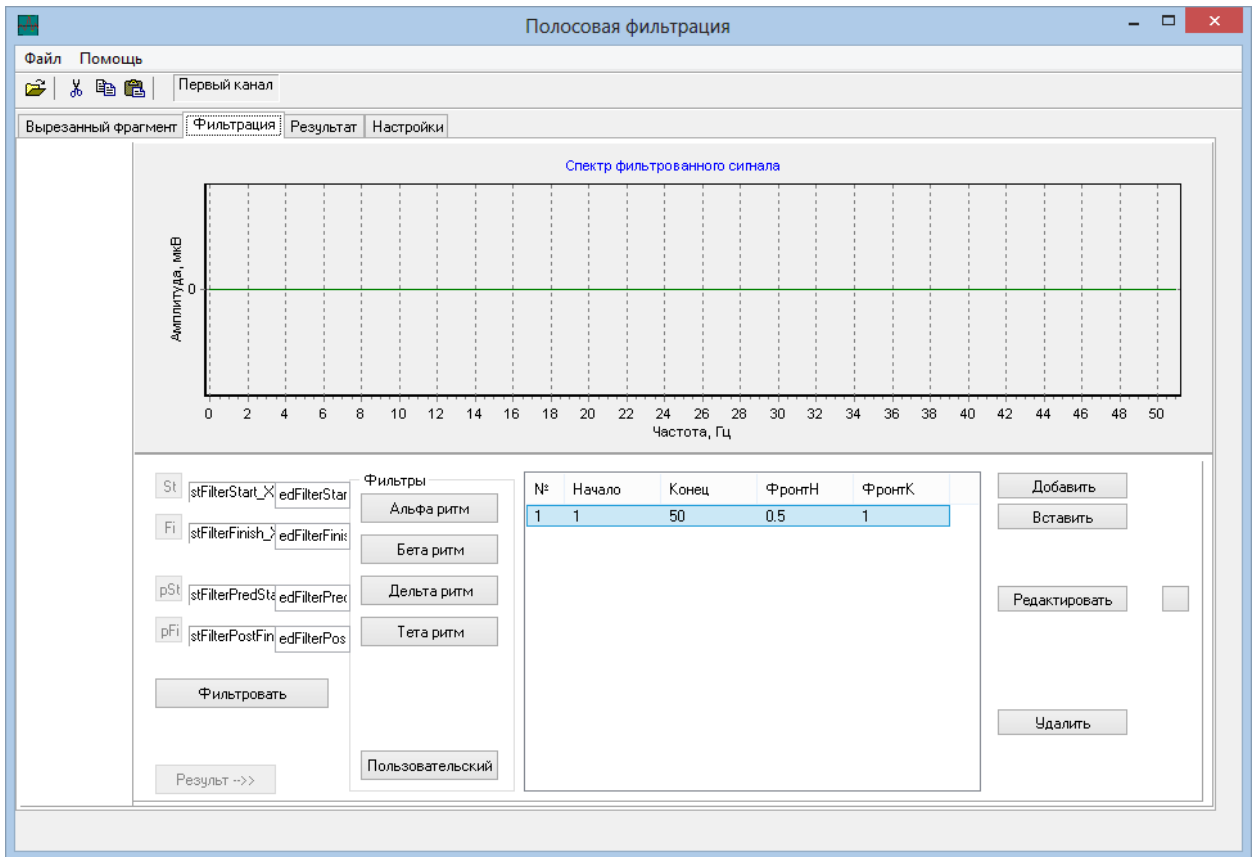


Рисунок Д. 12 – Окно полосовой фильтрации сигнала. Вкладка «Фильтрация»

Чтобы задать произвольный полосовой фильтр, пользователь нажимает кнопку «Пользовательский». Чтобы настроить полосовой фильтр, состоящий из серии полос фильтрации, пользователь кнопками (справа от списка) добавляет, вставляет или удаляет строки в таблице. Для точной настройки параметров одной полосы фильтрации пользователь в таблице выбирает одну строку и нажимает кнопку «Редактировать». По окончании настроек полосы фильтра в окошках на левой стороне формы, пользователь отжимает кнопку «Редактировать». Новые значения отображаются в строке таблицы.

Для просмотра результатов выполнения фильтрации пользователь должен перейти на вкладку «Результат» (рисунок Д. 13). Здесь он может просмотреть и проанализировать как сам сигнал, так и его спектр.

На вкладке «Вырезанный фрагмент» пользователь может просмотреть состояние сигнала и его спектра на входе в окне полосовой фильтрации.

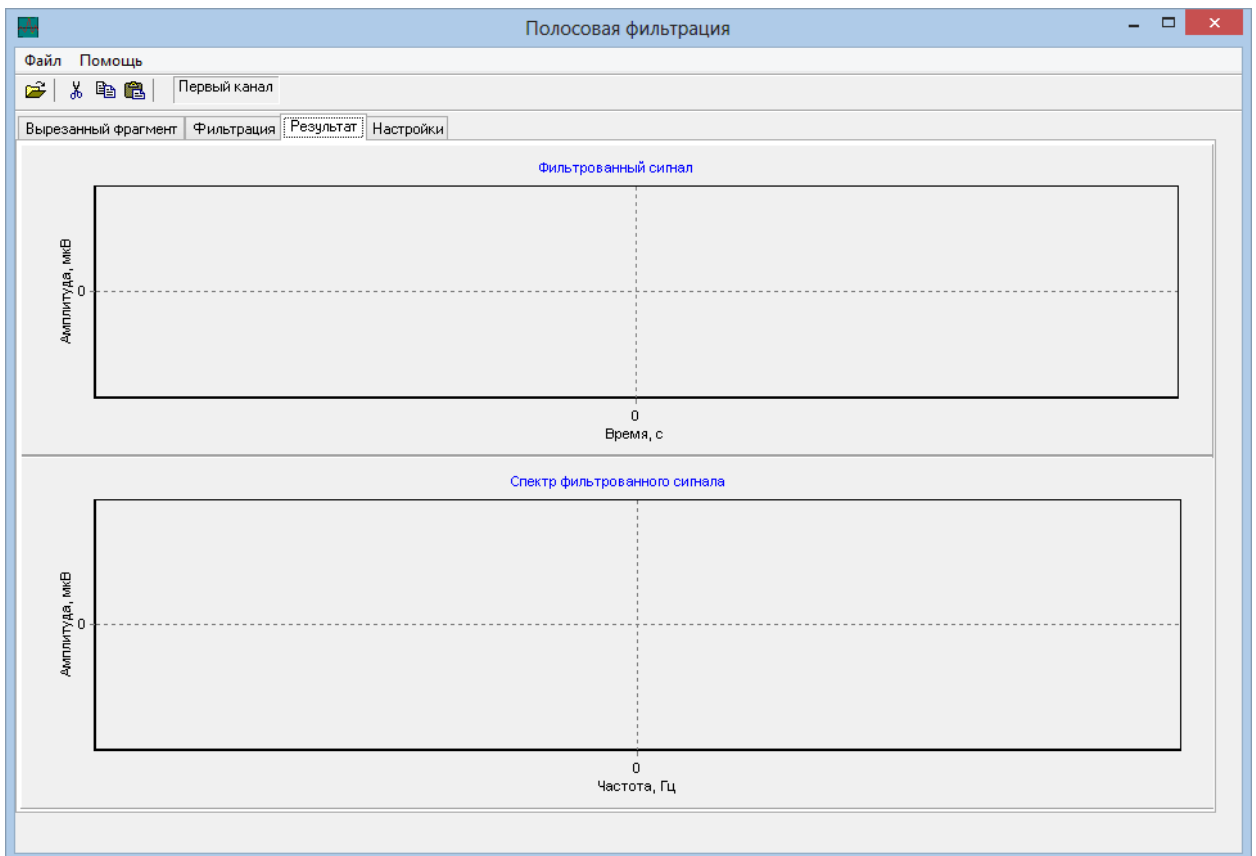


Рисунок Д. 13 – Окно полосовой фильтрации сигнала. Вкладка «Результат»

По кнопке «Устранение шума по группе сигналов» главного окна (рисунок Д. 4) вызывается окно «Устранение шума многоканального сигнала по группе» (рисунок Д. 14).

На вкладке «Разность сигналов» пользователь может задать количество интервалов, на которое необходимо разбить весь частотный диапазон сигнала. По кнопке «Энергии» программа выполняет вычисление заданных интервалов, подсчитывает энергии сигнала и сгруппированного сигнала шума. По кнопке «Устранить шум» программа выполняет фильтрацию сигнала по шумам и отображает результирующий сигнал на графике «Сигнал после фильтрации».

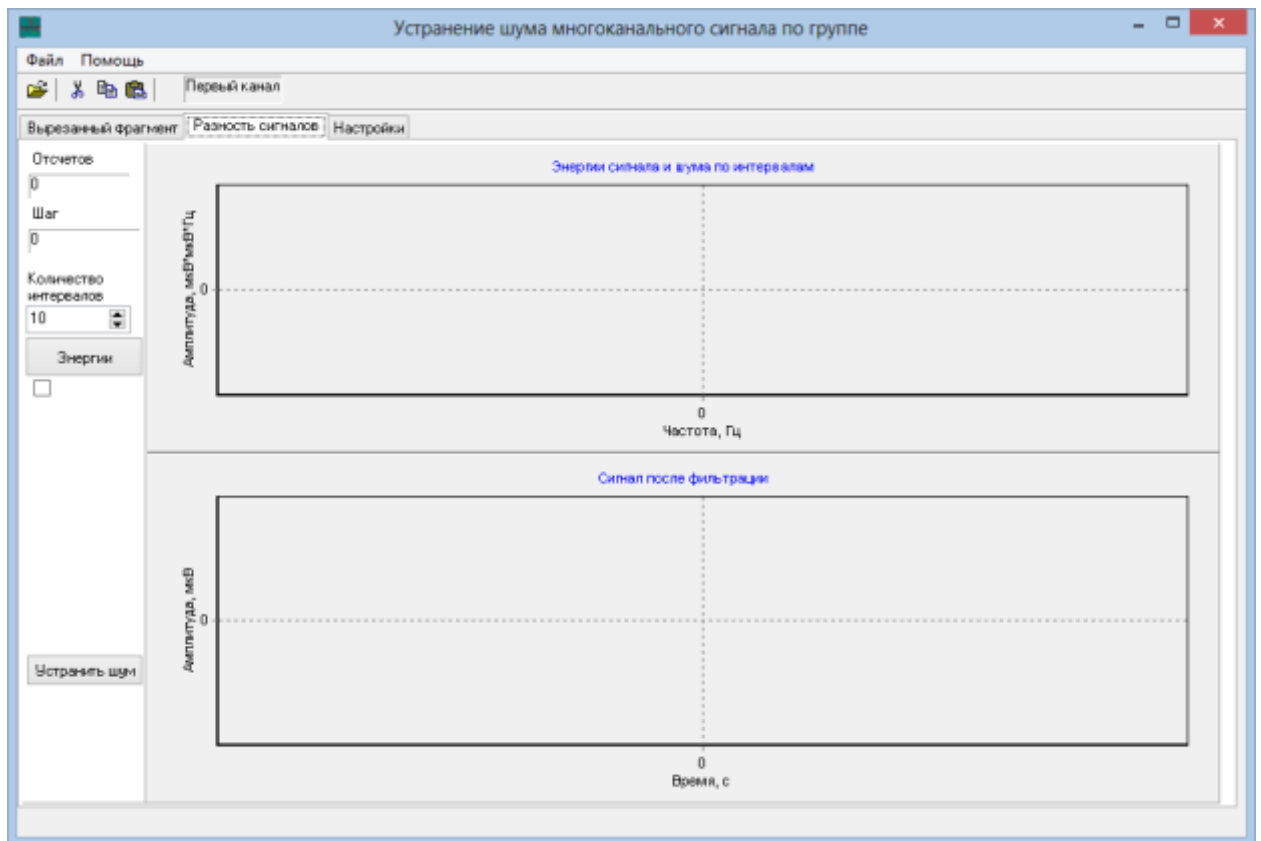


Рисунок Д. 14 – Окно фильтрации сигналов по группе шумов.

На вкладке «Вырезанный фрагмент» пользователь может просмотреть состояние сигнала и его спектра на входе в окне фильтрации.

По кнопке «Частота сердечных сокращений» главного окна (рисунок Д. 4) пользователь может открыть окно «Частота сердечных сокращений» (рисунок Д. 15).

На вкладке «ЧСС» по кнопке «Подсчет ЧСС» пользователь инициирует анализ кардиосигнала с целью выявления пиков R-зубцов на каждом из кардиоимпульсов. Полученные результаты сохраняются в оперативной памяти для дальнейшего использования и отображаются в виде маркеров на графике «Сигнал».

При неудовлетворительном результате работы алгоритма пользователь может выделить фрагмент сигнала, длительностью примерно равной длине одиночного кардиоимпульса и нажать кнопку «Пробный макс». Настройка длины фрагмента осуществляется в окошках «Начало, отсч.» и «Длина, отсч.», а его отображение по кнопке «Подобрать интервал».

По результатам вычислений программа строит график «Частота сердечных сокращений», где видны изменения пульса на исследуемом временном интервале.

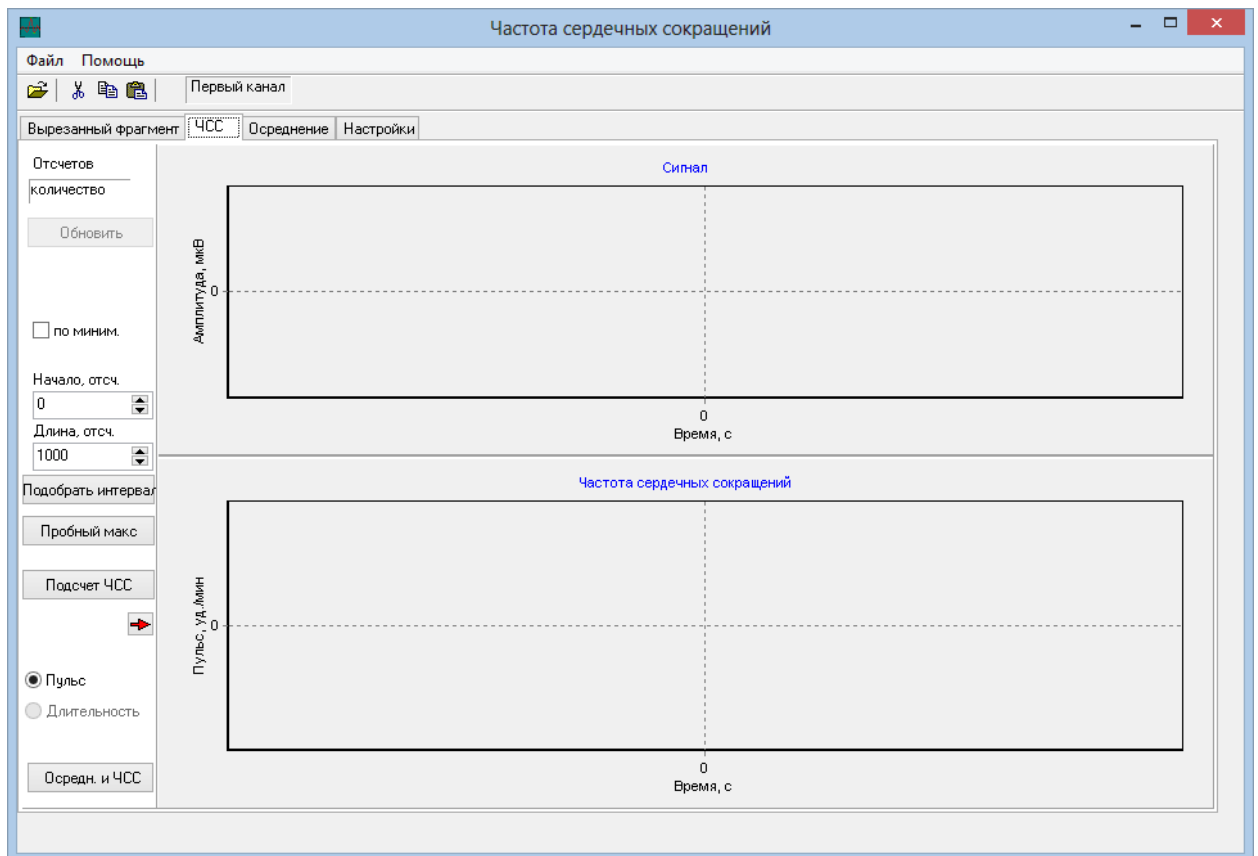


Рисунок Д. 15 – Окно подсчета частоты сердечных сокращений. Вкладка «ЧСС»

При необходимости, пользователь может выполнить альтернативный алгоритм определения. Для этого на вкладке «Осреднение», рисунок Д. 16, пользователь может настроить длительность интервала осреднения, затем по кнопке «Осредн. и ЧСС» выполнить процедуру и посмотреть результат.

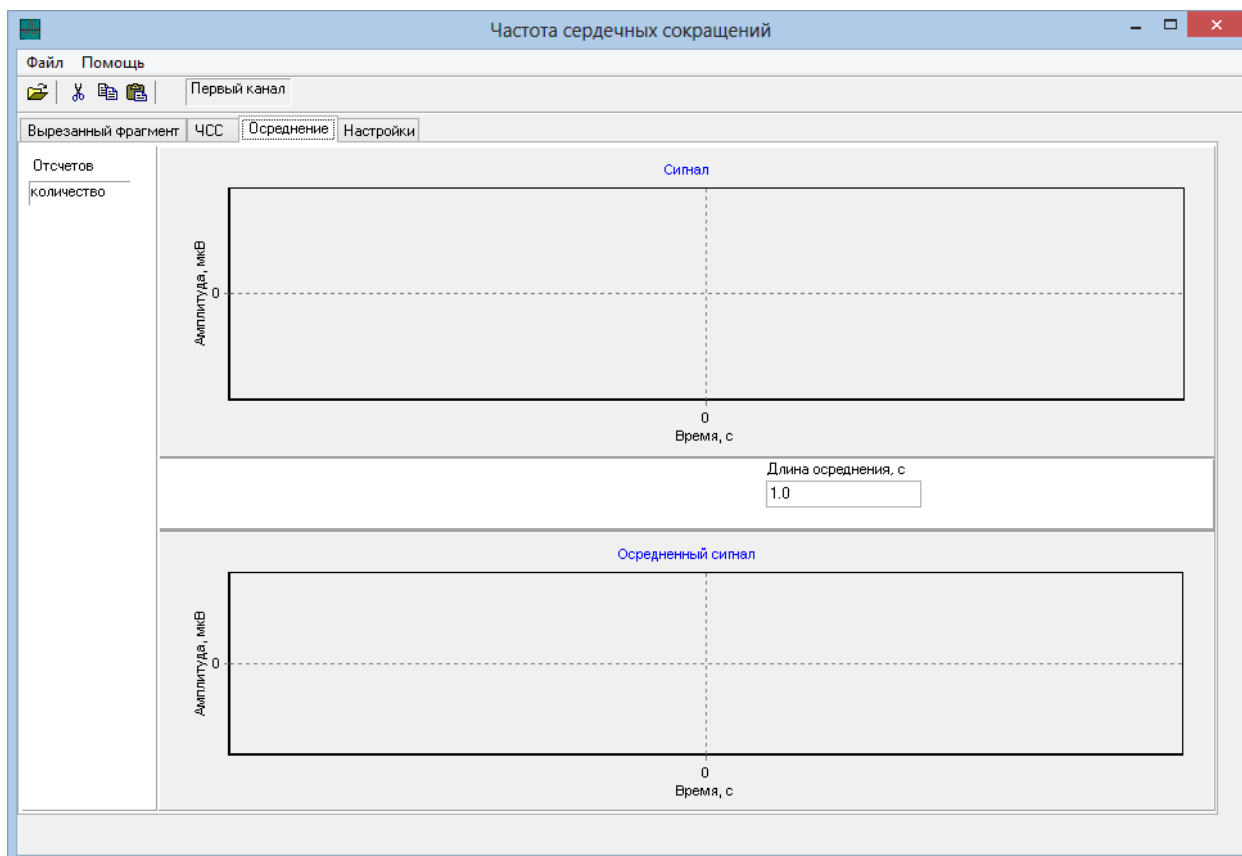


Рисунок Д. 16 – Окно подсчета частоты сердечных сокращений.

Вкладка «Осреднение»

5.5.2. Выполнение программы «Детектирование импульсов»

Для начала работы с программой «Детектирование импульсов», запустить приложение *ДИ.exe*.

После запуска файла откроется первая вкладка программы «Сигнал» (рис. Д. 17). Для начала обработки сигнала пользователь должен открыть файл, в котором находится записанный сигнал. Открытие файла производится кнопкой 1. После нажатия на эту кнопку данные загружаются в оперативную память и отображаются на верхнем графике на первой вкладке программы. В строке статуса 2 отображается информация для оператора: «Загрузить файл», путь загруженного файла, «Детектирование в 1 (2,3) канале». Дальнейшая обработка данных производится кнопкой 3, при нажатии на которую производится поиск импульсов в одном из каналов. Рядом с кнопкой 3 находятся поля для ввода начала и конца временного отрезка, на котором будет производиться поиск импульсов.

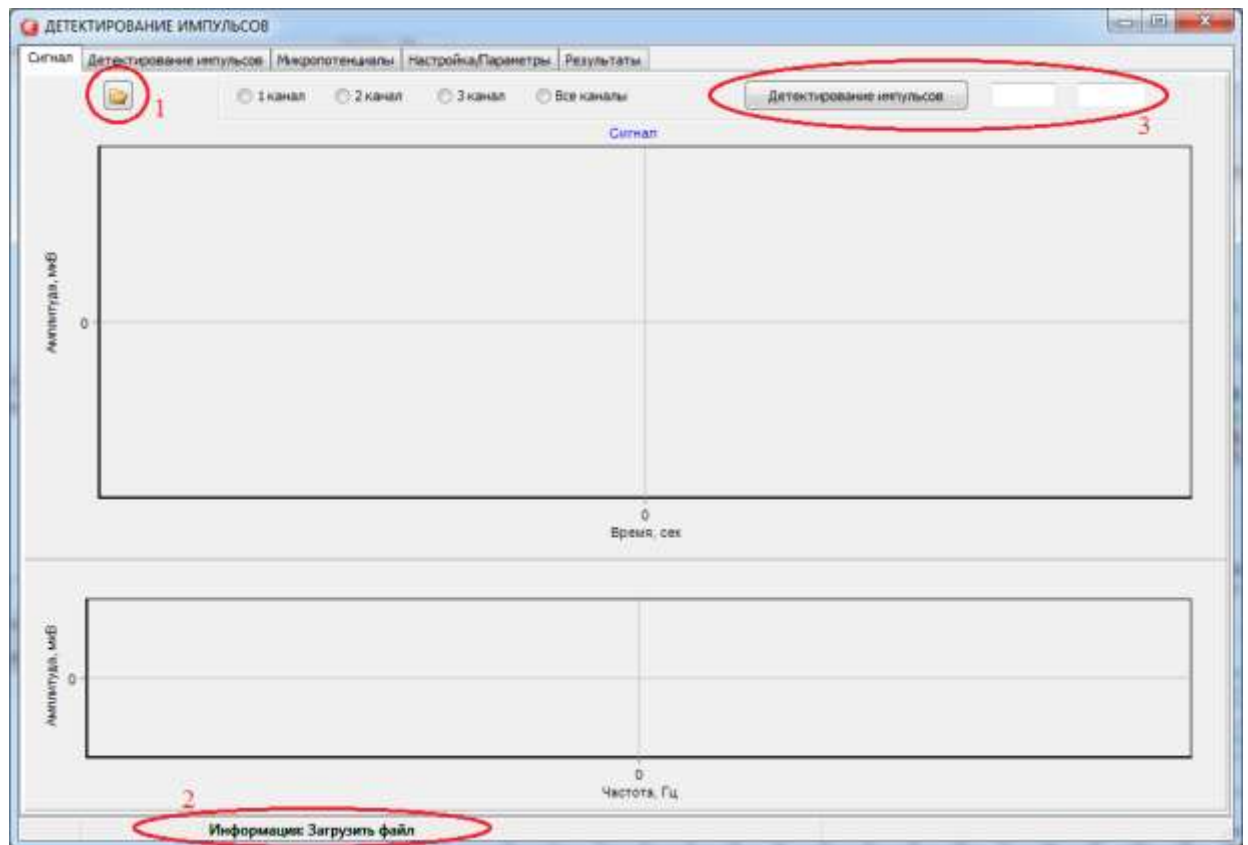


Рисунок Д. 17 – Элементы управления на вкладке «Сигнал»

После завершения детектирования, программа автоматически переходит на вкладку «Детектирование импульсов» (рис. Д 18). На графике отобразится сигнал и результирующая линия после удаления флуктуаций, определенных алгоритмом.



Рисунок Д. 18 – Вкладка «Детектирование импульсов»

Найденные импульсы отображаются в программе в виде гистограмм на трех графиках (рис. Д. 19). На первом графике ось Oy отображает среднее количество импульсов в секунду, ось Ox отображает значение амплитуд, на втором среднее значение амплитуды и на третьем по оси Oy отображается длительность импульсов, ось Ox амплитуда и цветовая закрашка элементов зависит от их количества (символ «?»). Среднее значение импульсов определяется суммированием дискретных значений за время существования импульса и делением на количество дискретных значений. Длительность каждого импульса рассчитывается после определения его начала и конца и сохраняется в массив.

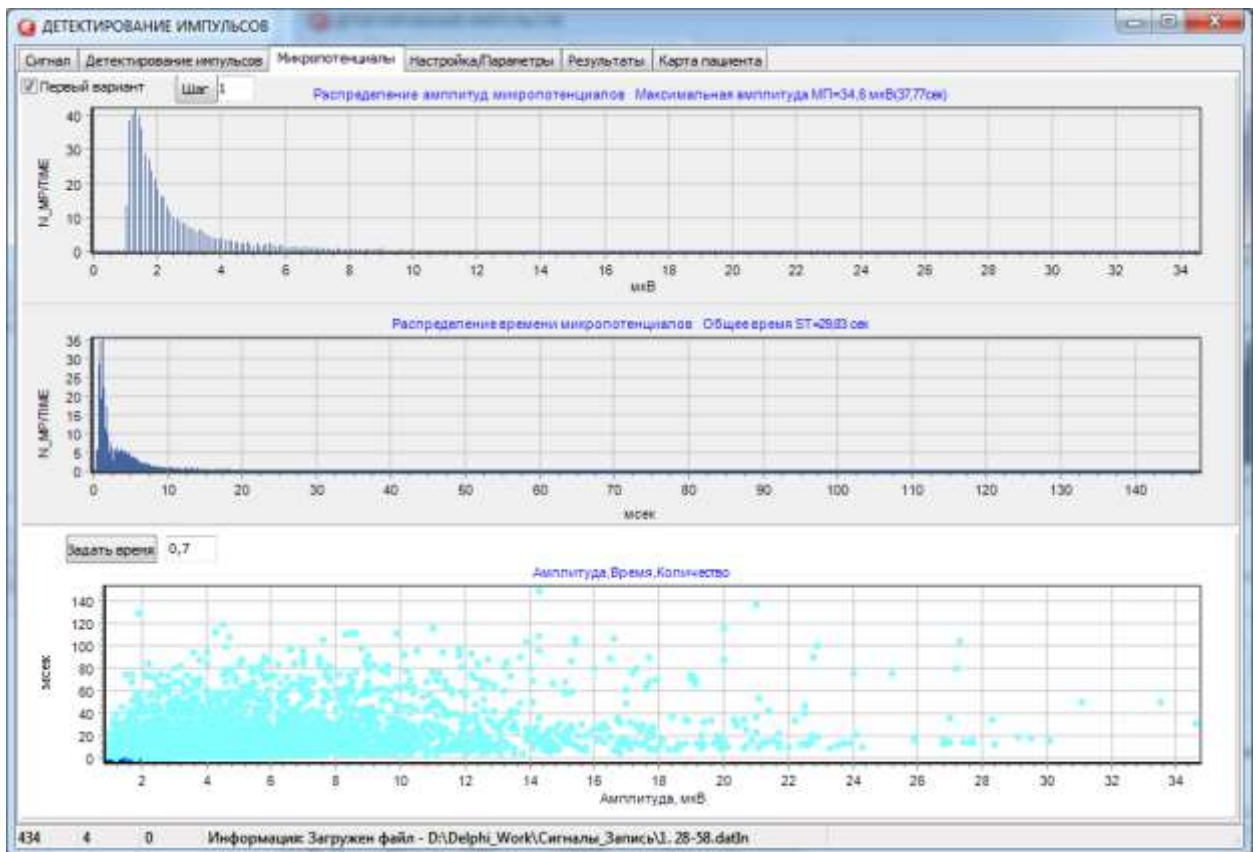


Рисунок Д. 19 – Построение гистограмм по найденным импульсам

Если в процессе обработки возникают неточности в работе алгоритма, то оператор может корректировать настройки программы. На вкладке «Настройка/Параметры» оператору представлена информация о сигнале: частота дискретизации, время сигнала, количество отсчетов, сдвиг времени – это информация не меняется в процессе обработки сигнала. К изменяемой информации относится: количество итераций поиска импульсов на отрезке, ограничение амплитуды и времени отдельно найденных импульсов, отображение результатов детектирования импульсов.

6 Техническое обслуживание АПК

6.1 Общие указания

Техническое обслуживание АПК производится разработчиками или ремонтными органами с периодичностью, приуроченной к моменту периодической поверки АПК.

К техническому обслуживанию допускаются лица, прошедшие обучение для работы с АПК и инструктаж по технике безопасности, имеющие удостоверение на право работы на электроустановках напряжением до 1000 В и группу по электробезопасности не ниже III.

6.2 Меры безопасности

При проведении технического обслуживания соблюдают:

- требования ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.3.019, ГОСТ 22261;

- правила эксплуатации электроустановок потребителем;
- межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Правила безопасности) (ПОТ Р М–016–2001, РД 153-34.0-03.150-00);
- требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на средства технического обслуживания.

6.3 Порядок технического обслуживания

Порядок технического обслуживания приведен в таблице Д. 2

Таблица Д. 2

Наименование работы	Виды ТО	Примечание
Внешний осмотр	Один раз в год	Выполняет пользователь
Внутренний осмотр	Один раз в два года	Выполняет разработчик или ремонтный орган

При проведении внешнего осмотра проверяется целостность корпуса, кабеля *USB*, органов управления и индикации.

При внутреннем осмотре необходимо снять верхнюю крышку прибора, удалить пыль пылесосом, промыть спиртом контакты всех разъемов, подсоединить кабель *USB*, закрыть верхнюю крышку.

Чистка. Смочите мягкую ткань в растворе мягкого моющего средства и протрите корпус АПК, провода отведений.

6.4 Проверка работоспособности

Работы по проверке работоспособности установки приведены в таблице Д. 3.

Таблица Д. 3

Наименование работы	Кто выполняет	Контрольные значения параметров
Измерение шума при закороченном входе	Пользователь	Значение шума не более $\pm 1,5$ мкВ

7 Текущий ремонт стенда

Ремонт стенда проводится в специализированных ремонтных органах.

Замену деталей производят только при обесточенном приборе.

При возникновении неисправности АПК найдите его описание и рекомендуемые действия в таблице Д. 4 «Поиск и устранение неисправностей». Если потребуется

дополнительная помощь, свяжитесь со службой технической поддержки по телефону или факсу (соответствующие номера указаны ниже).

634028 г. Томск, ул. Савиных, 7

тел. +7 (382-2) 41-91-48.

Перед возвратом прибора обратитесь в службу технической поддержки для решения вопросов по доставке.

Перечень наиболее возможных неисправностей и указания по их устранению приведены в таблице Д. 4.

Таблица Д. 4 – Поиск и устранение неисправностей

Описание отказов и повреждений	Описание последствий отказов и повреждений	Возможные причины отказов и повреждений	Указания по способам обнаружения отказов и повреждений сборочной единицы (детали) и их последствий	Указания по способам устранения отказов, повреждений и их последствий
1 На мониторе компьютера нет интерфейса пользователя	Прибор не работоспособен	Сбой в программном обеспечении,	Перезагрузить ПО, проверить надежность контактных соединений	Перезагрузить ПО
2 Наличие помех в сигнале ЭКГ	Ошибки в сигнале ЭКГ	Ненадежные контакты. Поврежден кабель пациента (отведения)		Проверьте надежность фиксации всех электродов на пациенте. Замените комплект отведений.

Продолжение таблицы Д. 4

Описание отказов и повреждений	Описание последствий отказов и повреждений	Возможные причины отказов и повреждений	Указания по способам обнаружения отказов и повреждений сборочной единицы (детали) и их последствий	Указания по способам устранения отказов, повреждений и их последствий
3. В режиме измерения шума при коротком замыкании на входе прибора на мониторе не наблюдается шумовая полоса с среднеквадратическим значением шума не более $\pm 1,5$ мкВ	Прибор не работоспособен	Сбой в программном обеспечении, неисправна ЦПС, неисправен входной инструментальный усилитель AD8422	Перезагрузить ПО, измерить постоянную составляющую напряжения на выходе AD 8422	Перезагрузить ПО, заменить, AD8422

Перечень нормативных документов, на которые даны ссылки:

- ГОСТ 19.101-77 ЕСПД. Виды программ и программных документов;
- ГОСТ 19.104-78 ЕСПД. Основные надписи;
- ГОСТ 19.105 ЕСПД. Общие требования к программным документам;
- ГОСТ 19.401-78 ЕСПД. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.

Требования безопасности, установленные ГОСТ 12.2.007.0-75 – ГОСТ 12.2.007.3-75, ГОСТ 24855, действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М–016–2001, РД 153-34.0-03.150 00, «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Госэнергонадзором.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е.
РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследуемому 2 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 1.

Таблица Е. 1 – Таблица вопросов, исследуемый 2

Номер вопроса		да/нет	Начало,мин, с	Конец,мин, с	Начало, с	Конец, с
1	Вас зовут Роман?	да	00:15	00:17	15	17
2	Вы любите своих родителей?	да	00:48	00:49	48	49
3	Вы любите получать подарки?	да	01:19	01:22	79	82
4	Хотите получить шоколад после тестирования?	да	01:48	01:50	108	110
5	Сегодня воскресенье?	нет	02:18	02:22	138	142
6	Вы сможете убить людей по приказу?	да	02:51	03:00	171	180
7	Вы нажмете на ядерную кнопку и тем самым убьете миллионы людей?	нет	03:24	03:30	204	210
8	Вы сможете совершить самоубийство ради любимого человека?	нет	03:54	04:00	234	240
9	Вы признаетесь в измене возлюбленному?	нет	04:27	04:32	267	272
10	Вам нравится погода сегодня?	нет	04:57	05:00	297	300
11	Вы в курсе, что мусульмане принимают писание Библии и Торы?	да	05:29	05:35	329	335
12	Вы знали что в Антарктиде есть банкомат?	нет	06:01	06:05	361	365
13	Вы хотите узнать что будет после смерти?	да	06:29	06:33	389	393
14	Вы хотели бы отправиться в будущее?	да	07:00	07:03	420	423
15	Вы хотели бы знать дату вашей смерти?	нет	07:32	07:34	452	454
16	Вы учились в университете?	да	08:03	08:05	483	485
17	Ваши друзья избегают вас, не зовут вас на мероприятия, вы будете обижены на них?	да	08:34	08:42	514	522
18	Они не берут вас с собой, потому что не считают вас своим другом, вас это расстроит?	да	09:08	09:13	548	553
19	Вам нужны такие друзья?	нет	09:36	09:39	576	579
20	Им потребуется ваша помощь, но после этого вы им снова будете не нужны, вы поможете им?	да	10:07	10:12	607	612
21	Вы не получите шоколадку после тестирования. Вы согласны с этим?	да	10:42	10:46	642	646

В таблице Е. 2 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 2, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица Е. 2 – Параметры зарегистрированных сигналов, исследуемый 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	200	1000	500	1200	1050	650	850	950	1000	450	700	700	900	450	500	330	350	600	400	400	600
<i>Изменение ЧСС</i>	15	14	+11	+22	-20	+13	-16	-12	14	0	9	5	+20	-15	+22	20	-13	-8	18	-4	-12
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	330	180	0	190	200	160	150	250	150	50	380	0	230	160	100	70	150	200	250	300	200
<i>Количество импульсов на КГР</i>	5	7	0	5	4	4	3	6	5	5	6	0	1	1	100	110	105	95	100	103	90
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	150	200	60	260	350	150	100	70	75	50	0	63	74	0	110	110	110	350	150	90	80
<i>Время реакции КГР, с</i>	10	22,5	10	17	23	14	15	13	14	18	20	13	13	13	9	15	9	12	15	17	14
<i>Время до реакции импульсов на КГР, с</i>	0,06	0,78	0	1	0,55	4,6	1,5	0,7	0,75	1,2	0,64	0	0,38	11	4,6	7	4,2	2,05	3,1	2,2	0,26
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	9	20,5	7	17	23,5	24	1,0	0	0,1	19,5	19	0	1,0	0	1,7	14	0	12	15,5	17	0,2
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	0,2	1,5	2,0	0,5	0,2	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	1,0	3	0	8,5	2,2	25,0	2,2	2,5	3,0	2,0

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 2.

Таблица Е. 3 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 deltaU – КГР (мкВ)	-17.1130
2 Изменение ЧСС	-5.9621
3 Размах импульсов КГР (мкВ)	-2.3993
4 Количество импульсов на КГР	-21.2903
5 Размах ЭЭГ (мкВ)	-11.7709
6 Время реакции КГР (с)	25.4098
7 Время до реакции импульсов на КГР (с)	-11.8349
8 Время до реакции ЭЭГ (с)	-28.5256
9 Длительность импульсов ЭЭГ (с)	-9.2576

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 2 являются:

- время до реакции ЭЭГ (с): **-28.5256**
- время реакции КГР (с): **25.4098**
- количество импульсов на КГР: **-21.2903**
- deltaU – КГР (мкВ): **-17.1130**

В таблице Е. 4 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Выбираются параметры по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице 5 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 4 наиболее значимые параметра: время до реакции ЭЭГ (с); время реакции КГР (с); количество импульсов на КГР; deltaU – КГР (мкВ).

Таблица Е. 4 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх	9x9				3x9				4x9				5x9				6x9				
	C=-29.7704				C=-4.6822				C=-21.3074				C=-23.2447				C=-26.0145				
	Pr=0.004				Pr=0.0971				Pr=0.0143				Pr=0.0115				Pr=0.0065				
	D2=28.2072				D2= 6.7429				D2=19.1587				D2= 20.7021				D2= 24.6667				
	QN(+)=[2;3;7;8;9;10;12;13;14]; QS(x)=[4;5;6;15;16;17;18;19;20]; QK(k)=[1;11;21];				QN(+)=[1;2;3;7;8;9;10;11;12]; QS(x)=[4;5;6;15;16;17;18;19;20]; QK(k)=[13;14;21];				QN(+)=[1;2;3;7;8;9;10;11;12]; QS(x)=[4;5;6;15;16;17;18;19;20]; QK(k)=[13;14;21];				QN(+)=[1;2;3;7;8;9;10;11;12]; QS(x)=[4;5;6;15;16;17;18;19;20]; QK(k)=[13;14;21];				QN(+)=[1;2;3;7;8;9;10;11;12]; QS(x)=[4;5;6;15;16;17;18;19;20]; QK(k)=[13;14;21];				
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS			
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.		
1		1k			1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+			
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			
4			4x	4x		24x	4x				4x	4x			4x	4x			4x	4x	
5			5x	5x		25x	5x				5x	5x			5x	5x			5x	5x	
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x	
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+			
11		11k			11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+			
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+			
13	13+	13+				13k				13k				13k				13k			
14	14+	14+				14k				14k				14k				14k			
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x	
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x	
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x	
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x	
19			19x	19x			19x	19x			19x	19x			19x	19x			19x	19x	
20			20x	20x			20x	20x			20x	20x			20x	20x			20x	20x	
21		21k						21k						21k					21k		

Продолжение таблицы Е. 4

		9x9		7x9		8x9						
		C=-29.7704		C=-29.1106		C=-31.1396						
		Pr=0.004		Pr=0.0049		Pr=0.0044						
		D2=28.2072		D2=26.6389		D2=27.4471						
		QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;12;13;14]$; QS(x)= $[4;5;6;15;16;17;18;19;20]$; QK(k)= $[1;11;21]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[4;5;6;15;16;17;18;19;20]$; QK(k)= $[13;14;21]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[4;5;6;15;16;17;18;19;20]$; QK(k)= $[13;14;21]$;						
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1		1k			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11		11k			11+	11+			11+	11+		
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13	13+	13+				13k				13k		
14	14+	14+				14k				14k		
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x
19			19x	19x			19x	19x			19x	19x
20			20x	20x			20x	20x			20x	20x
21		21k				21k				21k		

Таблица Е. 5 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

Исх	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
	9x9		4x8		4x7		4x6									
	C=-29.7704		C=-21.6038		C=-19.1151		C=-21.5906									
	Pr=0.004		Pr=0.0168		Pr=0.0227		Pr=0.0179									
	D2=28.2072		D2=18.0514		D2=16.0108		D2= 17.6414									
	QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;12;13;14]$; QS(x)= $[4;5;6;15;16;17;18;19;20]$; QK(k)= $[1;11;21]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11]$; QS(x)= $[4;5;6;15;16;17;18;19]$; QK(k)= $[12;13;14;20;21]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10]$; QS(x)= $[4;5;6;15;16;17;18]$; QK(k)= $[11;12;13;14;19;20;21]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9]$; QS(x)= $[4;5;6;15;16;17]$; QK(k)= $[10;11;12;13;14;18;19;20;21]$;									
1		1k			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+				10k		
11		11k			11+	11+				11k				11k		
12	12+	12+				12k				12k				12k		
13	13+	13+				13k				13k				13k		
14	14+	14+				14k				14k				14k		
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x				18k
19			19x	19x			19x	19x				19k				19k
20			20x	20x				20k				20k				20k
21		21k				21k				21k				21k		

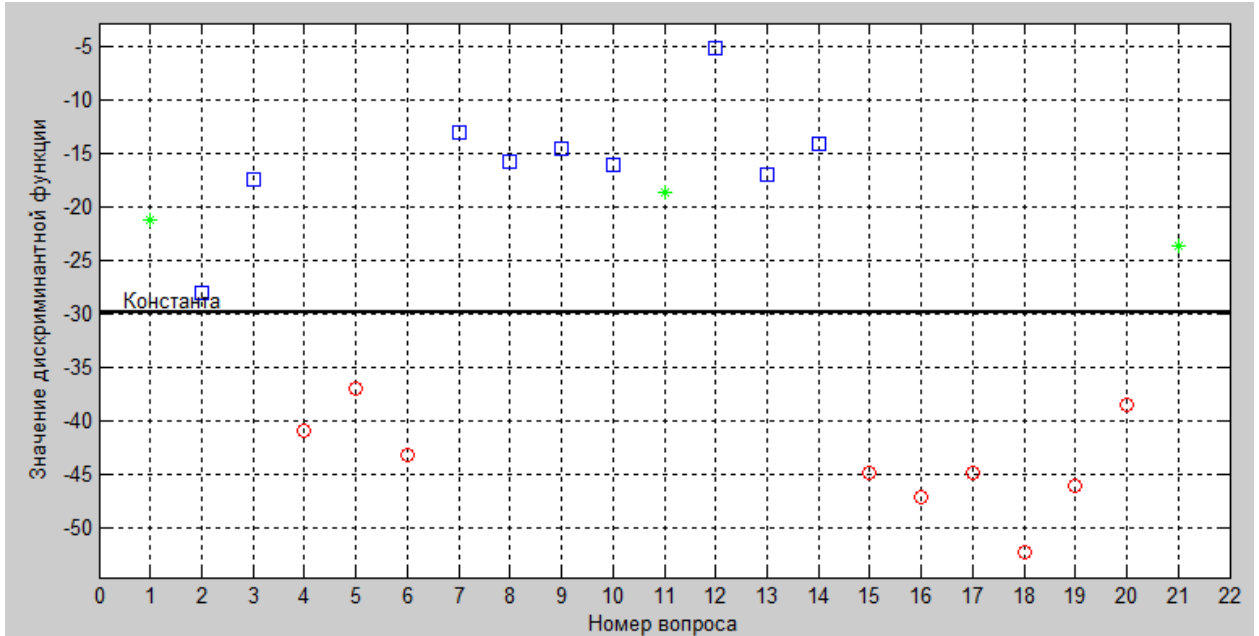
Продолжение таблицы Е. 5.

	9x9			4x5				4x4				
	C=-29.7704			C=-19.3546				C=-14.6549				
	Pr=0.004			Pr=0.0249				Pr=0.0456				
	D2=28.2072			D2=15.3984				D2=11.4082				
	QN(+)=[2;3;7;8;9;10;12;13;14]; QS(x)=[4;5;6;15;16;17;18;19;20]; QK(k)=[1;11;21];			QN(+)=[1;2;3;7;8]; QS(x)=[4;5;6;15;16]; QK(k)=[9;10;11;12;13;14;17;18;19;20;21];				QN(+)=[1;2;3;7]; QS(x)=[4;5;6;15]; QK(k)=[8;9;10;11;12;13;14;16;17;18;19;20;21];				
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1		1k			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+				8k		
9	9+	9+				9k				9k		
10	10+	10+				10k				10k		
11		11k				11k				11k		
12	12+	12+				12k				12k		
13	13+	13+				13k				13k		
14	14+	14+				14k				14k		
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x				16k
17			17x	17x				17k				17k
18			18x	18x				18k				18k
19			19x	19x				19k				19k
20			20x	20x				20k				20k
21		21k				21k				21k		

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 1а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 1, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

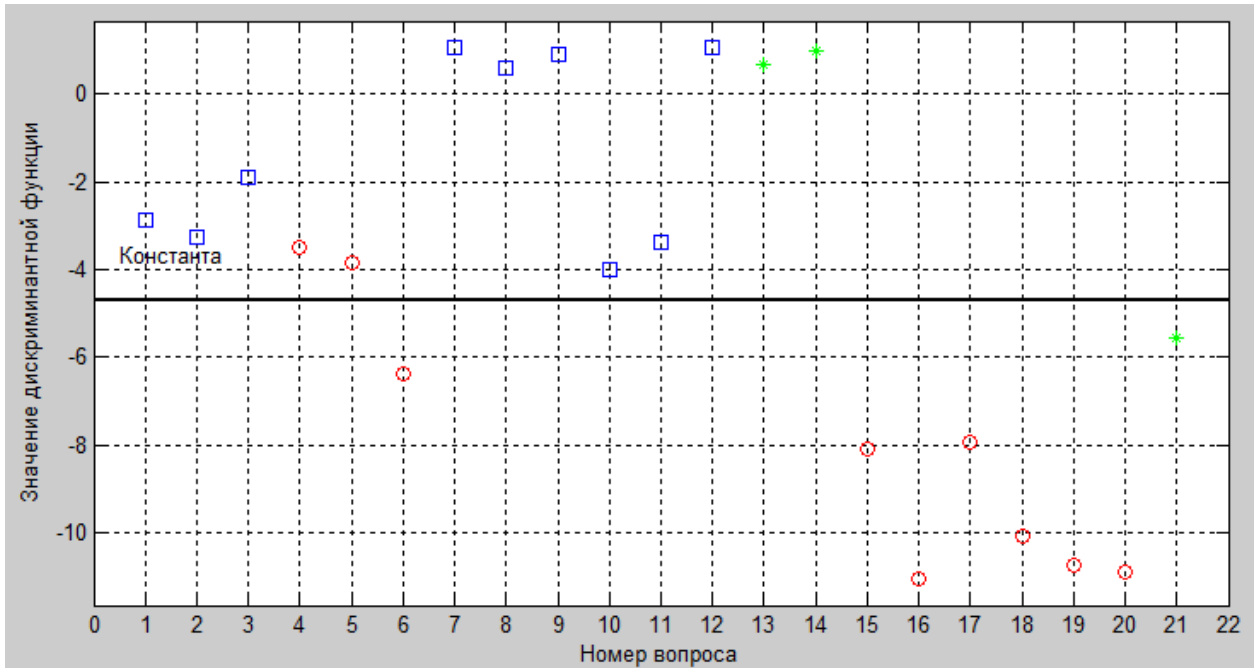
а)

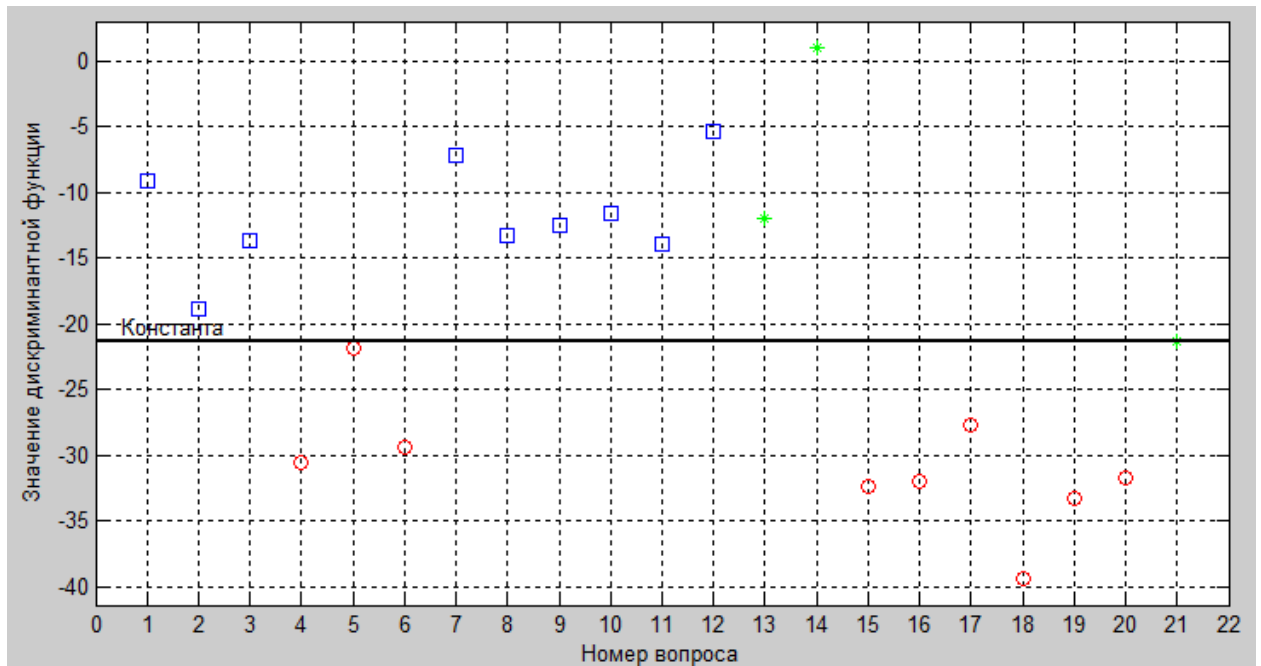
9x9



б)

3x9





□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

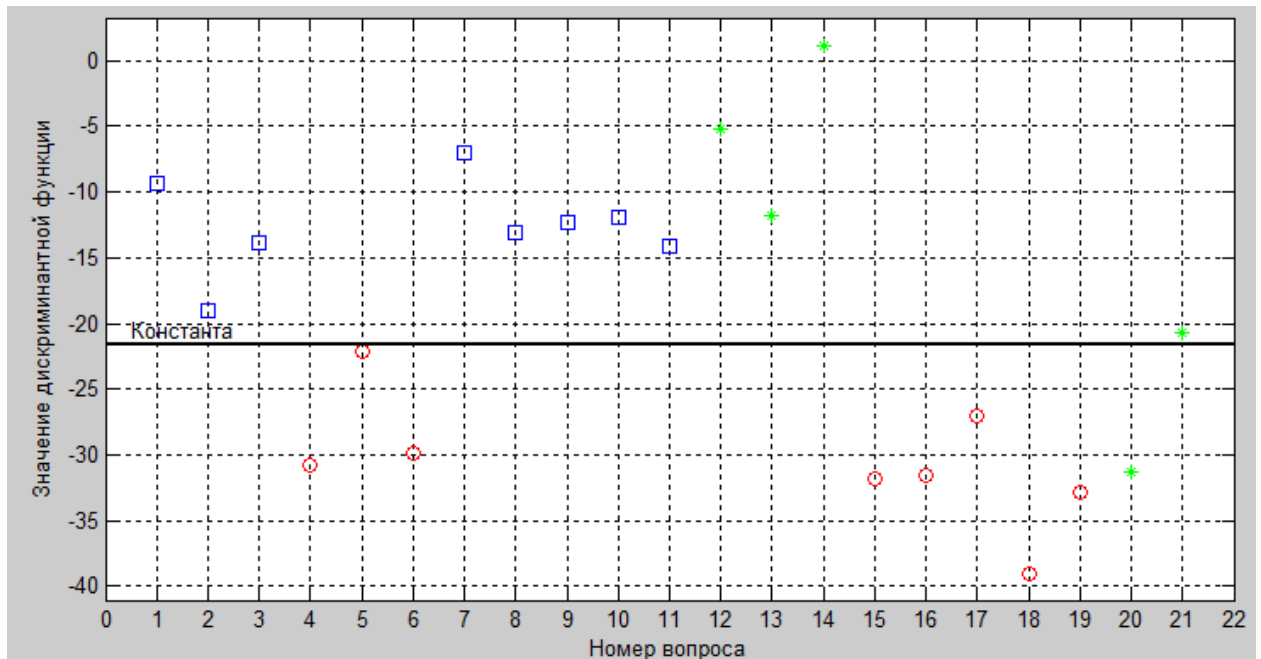
Рисунок Е. 1 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 2

Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 9 до 4 при постоянном числе вопросов, равном 9.

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 2 а, б. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 1, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

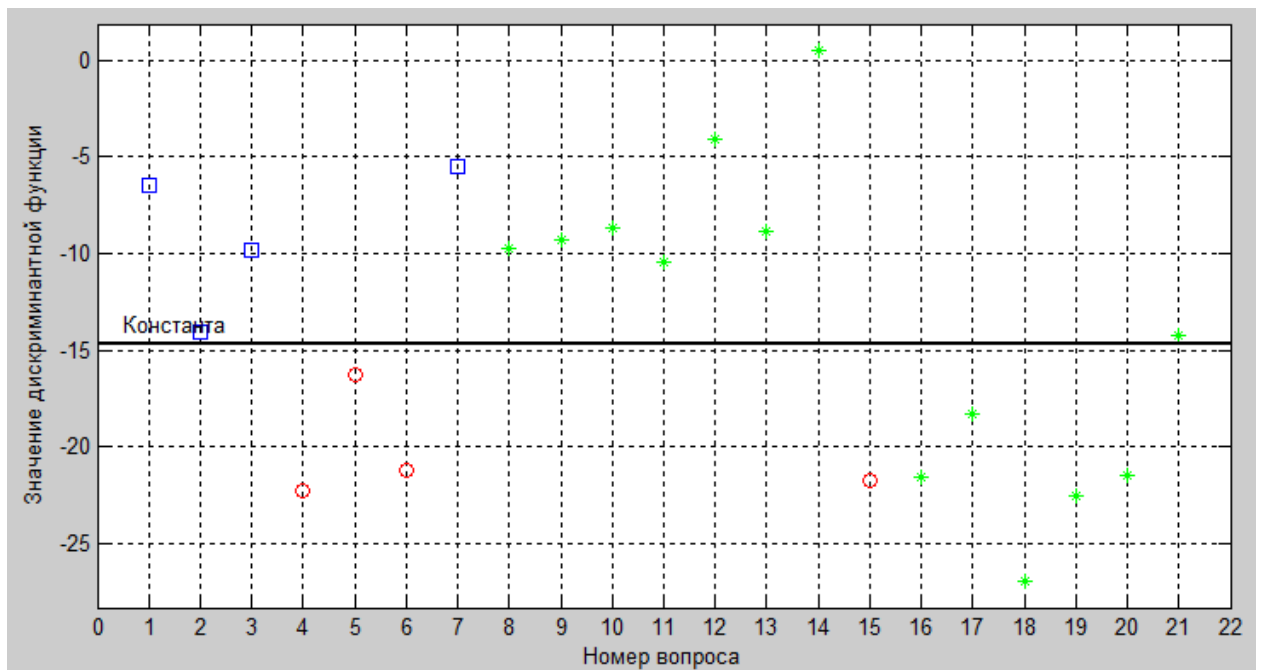
a)

4x8



б)

4x4



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 2 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 2.

Данный анализ показывает, что разделение на группы вопросов исследуемого 2 не зависит от количества вопросов при использовании для классификации 4 наиболее значимых параметров.

Исследуемому 3 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 6.

Таблица Е. 6 – Таблица вопросов, исследуемый 3

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин, с	Конец, мин, с	Начало, с	Конец, с
1	Вас зовут Саша?	Да	00:10	00:12	10	12
2	Вам 26?	Да	00:40	00:42	40	42
3	У вас есть хобби?	Да	01:12	01:14	72	74
4	У вас есть секреты?	Да	01:44	01:48	104	108
5	Вы смотрите эротические фильмы?	Нет	02:18	02:21	138	141
6	Вы крали деньги у родителей?	Нет	02:51	02:57	171	177
7	Вы мучили животных?	Нет	03:24	03:28	204	208
8	Вы видели как убивают животных?	Нет	03:55	03:59	235	239
9	Вы много читаете?	Да	04:32	04:34	272	274
10	Вас кто-нибудь бросал?	Нет	05:05	05:08	305	308
11	Вы счастливы?	Нет	05:38	05:42	338	342
12	Кто-нибудь из ваших близких умер?	Да	06:08	06:16	368	376
13	Вас били в детстве?	Нет	06:46	06:48	406	408
14	Вы проголодались?	Да	07:26	07:30	446	450
15	Вам изменила девушка?	Нет	08:05	08:07	485	487
16	Есть ли у вас настоящий враг?	Да	08:29	08:30	509	510
17	Вас часто унижают?	Нет	08:50	08:53	530	533
18	С вами поступали несправедливо?	Да	09:27	09:30	567	570
19	Вы готовы продолжать?	Да	09:59	10:01	599	601
20	Вы совершали мерзкие поступки?	Нет	10:24	10:31	624	631
21	Вас радуют неудачи соперников?	Нет	11:01	11:05	661	665
22	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	Нет	11:42	11:45	702	705
23	Вы хоронили близких людей?	Да	12:09	12:12	729	732
24	Есть ли среди ваших знакомых мерзкий человек?	Нет	12:38	12:42	758	762
25	Вы принимали запрещенные вещества?	Нет	13:24	13:26	804	806

В таблице Е. 7 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 3, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

Таблица Е. 7 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	-500	1350	1200	-200	-40	-180	-800	175	-470	-640	-570	120	-100	-380	125	150	120	-600	-560	190	160	-700	30	-890	-640	
<i>Изменение ЧСС</i>	8	4	5	7	-14	-10,5	-7	7	5	-5,5	+8	3	+11	-4	+15,8	-9	4	4	-11,6	4	5	-12,9	-7	-12,7	-8	
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	520	0	820	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	70
<i>Размах скачка ЭЭГ, мкВ</i>	0	0	0	0	600	0	80	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	
<i>Время реакции КГР, с</i>	12	3,5	1,4	4	1,5	0,5	10	2,8	10	9	5	8	4	7	4,5	4	3,5	7	5	4,2	5,1	5	2,5	12	7	
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,07
<i>Длительность скачка ЭЭГ, с</i>	0	0	0	0	4	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	
<i>Изменение микропотенциалов</i>	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 3.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 8, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 8 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 ΔU – КГР (мкВ)	-6.4001
2 Изменение ЧСС	-25.3970
3 Размах ЭЭГ (мкВ)	8.5695
4 Размах скачка ЭЭГ (мкВ)	0.3357
5 Время реакции КГР (с)	-22.5227
6 Длительность импульсов ЭЭГ (с)	-25.5982
7 Длительность скачка ЭЭГ (с)	-19.3550
8 Изменение микропотенциалов	-6.8528

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 3 являются:

- Длительность импульсов ЭЭГ (с): **-25.5982**
- Изменение ЧСС: **-25.3970**
- Время реакции КГР (с): **-22.5227**
- Длительность скачка ЭЭГ (с): **-19.3550**

В таблице Е. 9 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются параметров по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице Е. 10 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 6 наиболее значимые параметра: длительность импульсов ЭЭГ (с); изменение ЧСС; время реакции КГР (с); длительность скачка ЭЭГ (с); размах ЭЭГ(мкВ); изменение микропотенциалов.

Таблица Е. 9 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	8x8				3x8				4x8				5x8			
	C=-33.7985				C= -10.2041				C=-26.4972				C=-28.3479			
	Pr=0.0039				Pr= 0.0818				Pr= 0.0062				Pr= 0.0051			
	D2=28.2934				D2=7.7655				D2= 25.0295				D2=26.3757			
	QN(+)= [2;3;4;8;11;12;19;20]; QS(x)= [1;5;7;9;13;15;22;24]; QK(k)= [6;10;14;16;17;18;21;23;25];				QN(+)= [2;3;4;6;8;10;11;12]; QS(x)= [1;5;7;9;13;15;22;24]; QK(k)= [14;16;17;18;19;20;21;23;25];				QN(+)= [2;3;4;6;8;10;11;12]; QS(x)= [1;5;7;9;13;15;22;24]; QK(k)= [14;16;17;18;19;20;21;23;25];				QN(+)= [2;3;4;6;8;10;11;12]; QS(x)= [1;5;7;9;13;15;22;24]; QK(k)= [14;16;17;18;19;20;21;23;25];			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6		6k			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7			7x	7x			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9			9x	9x		?9x	9x				9x	9x			9x	9x
10		10k			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14		14k				14k				14k				14k		
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16		16k				16k				16k				16k		
17		17k				17k				17k				17k		
18		18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+						?19k				?19k				?19k
20	20+	20+				20k				20k				20k		
21		21k				21k				21k				21k		
22			22x	22x			22x	22x			22x	22x			22x	22x
23		23k				23k				23k				23k		
24			24x	24x			24x	24x			24x	24x			24x	24x
25		25k					?25k			25k				25k		

Продолжение таблицы Е. 9

Исх.	8x8				6x8				7x8			
	C=-33.7985				C=-29.4463				C=-38.6170			
	Pr=0.0039				Pr=0.0047				Pr=0.0022			
	D2=28.2934				D2=27.0562				D2=32.4944			
	QN(+)= $[2;3;4;8;11;12;19;20]$; QS(x)= $[1;5;7;9;13;15;22;24]$; QK(k)= $[6;10;14;16;17;18;21;23;25]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;7;9;13;15;22;24]$; QK(k)= $[14;16;17;18;19;20;21;23;25]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;7;9;13;15;22;24]$; QK(k)= $[14;16;17;18;19;20;21;23;25]$;			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6		6k			6+	6+			6+	6+		
7			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9			9x	9x			9x	9x			9x	9x
10		10k			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14		14k					14k			14k		
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16		16k					16k			16k		
17		17k					17k			17k		
18		18k					18k			18k		
19	19+	19+					19k			19k		
20	20+	20+					20k			20k		
21		21k					21k			21k		
22			22x	22x			22x	22x			22x	22x
23		23k					23k			23k		
24			24x	24x			24x	24x			24x	24x
25		25k					25k			25k		

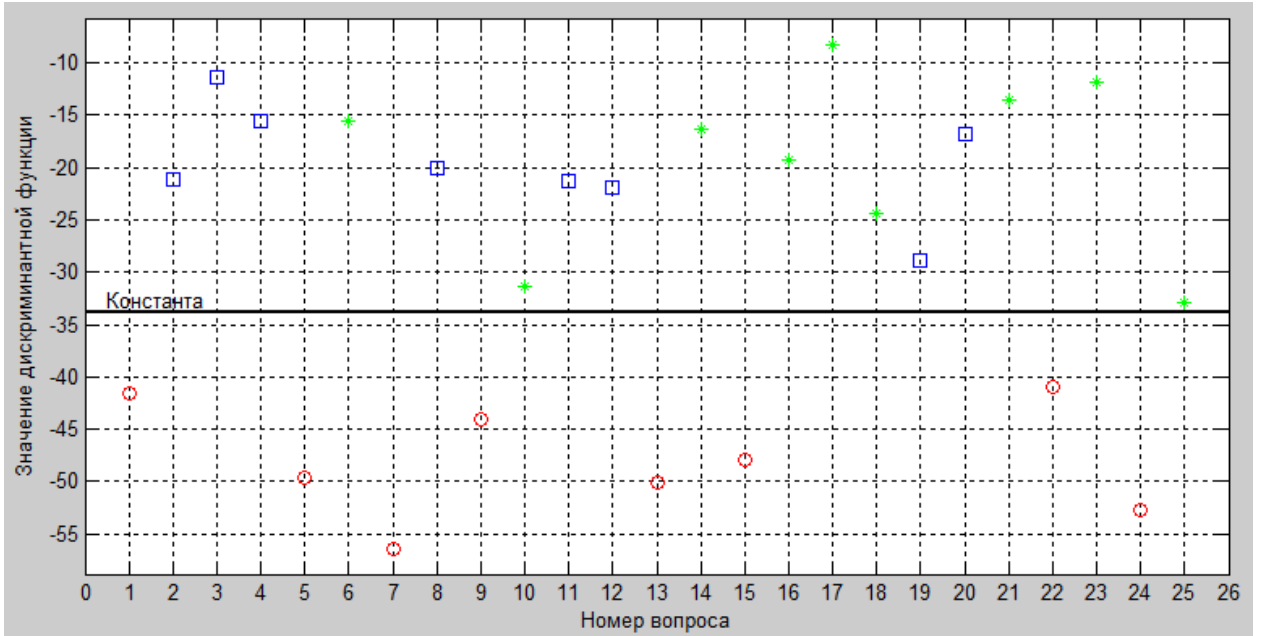
Таблица Е. 10 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

Исх.	8x8				6x7				6x6				
	C=-33.7985				C=-27.0520				C=-30.2258				
	Pr=0.0039				Pr=0.0072				Pr=0.0026				
	D2=28.2934				D2=23.9240				D2=31.2577				
	QN(+)= $[2;3;4;8;11;12;19;20]$; QS(x)= $[1;5;7;9;13;15;22;24]$; QK(k)= $[6;10;14;16;17;18;21;23;25]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;10;11]$; QS(x)= $[1;5;7;9;13;15;22]$; QK(k)= $[12;14;16;17;18;19;20;21;23;24;25]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;10]$; QS(x)= $[1;5;7;9;13;15]$; QK(k)= $[11;12;14;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25]$;				
QN		QS		QN		QS		QN		QS			
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.		
1			1x		1x				1x		1x		1x
2	2+	2+				2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+					3+	3+			3+	3+	
4	4+	4+					4+	4+			4+	4+	
5			5x		5x				5x		5x		5x
6		6k				6+	6+			6+	6+		
7			7x		7x				7x		7x		7x
8	8+	8+				8+	8+			8+	8+		
9			9x		9x				9x		9x		9x
10		10k				10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+				11+	11+				11k		
12	12+	12+					12k				12k		
13			13x		13x				13x		13x		13x
14		14k					14k				14k		
15			15x		15x				15x		15x		15x
16		16k					16k				16k		
17		17k					17k				17k		
18		18k					18k				18k		
19	19+	19+								19k			19k
20	20+	20+					20k				20k		
21		21k					21k				21k		
22			22x		22x				22x		22x		22k
23		23k					23k				23k		
24			24x		24x					24k			24k
25		25k					25k				25k		

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 3 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 6, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

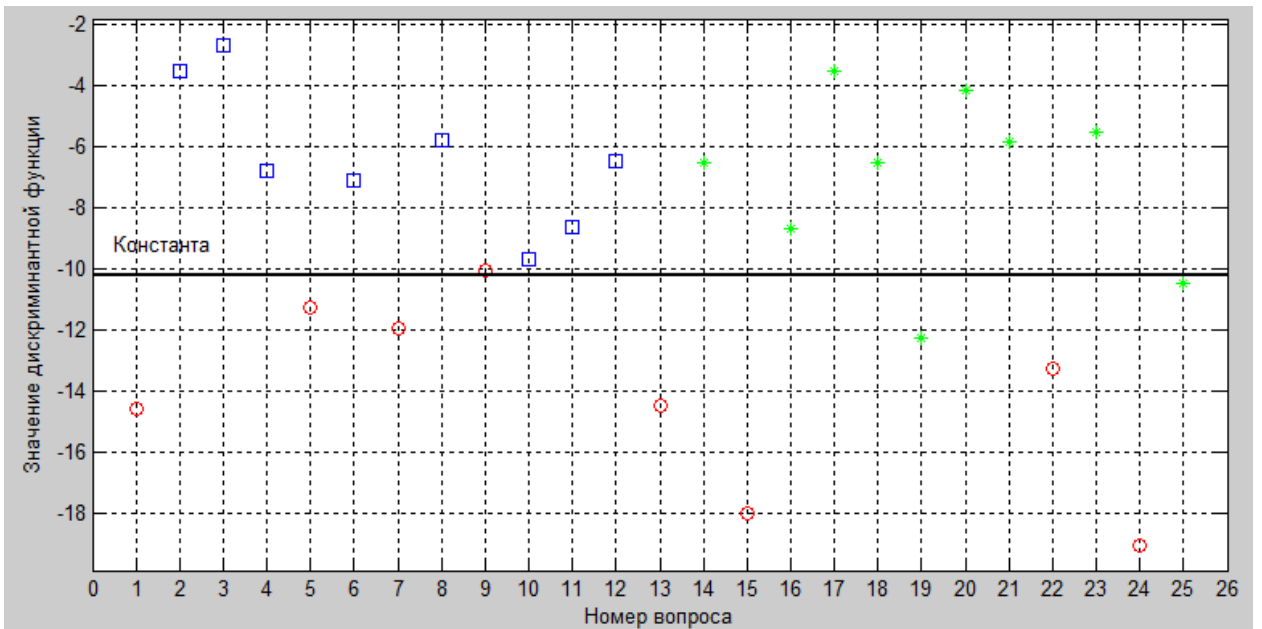
а)

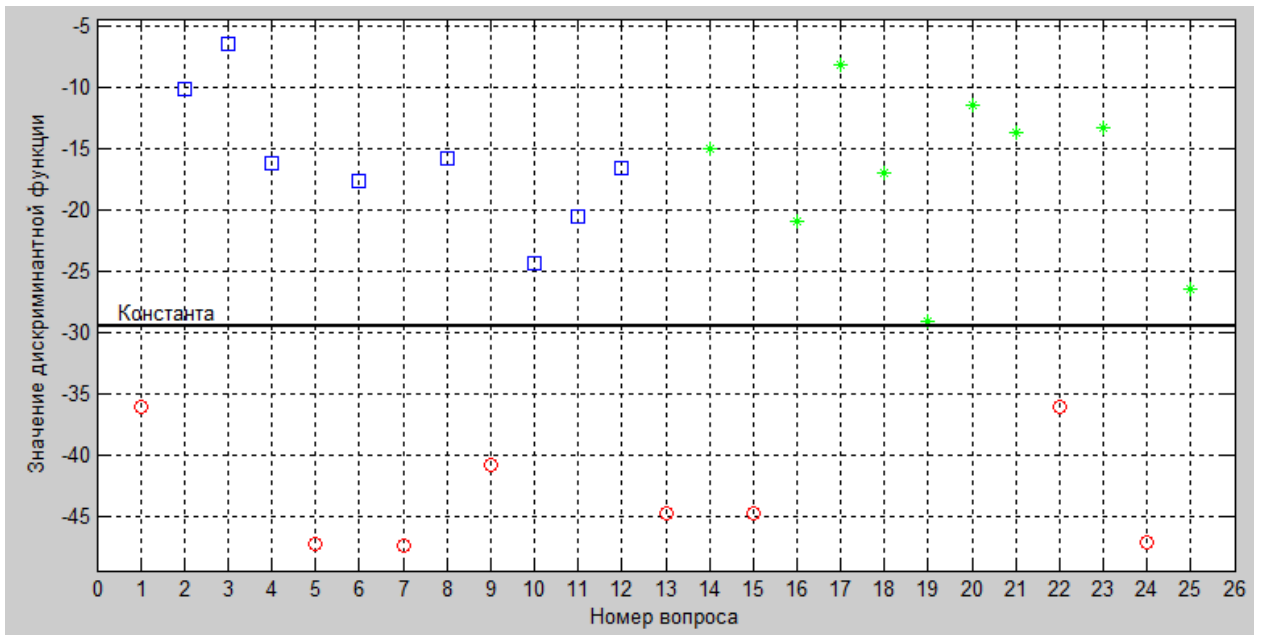
8x8



б)

3x8

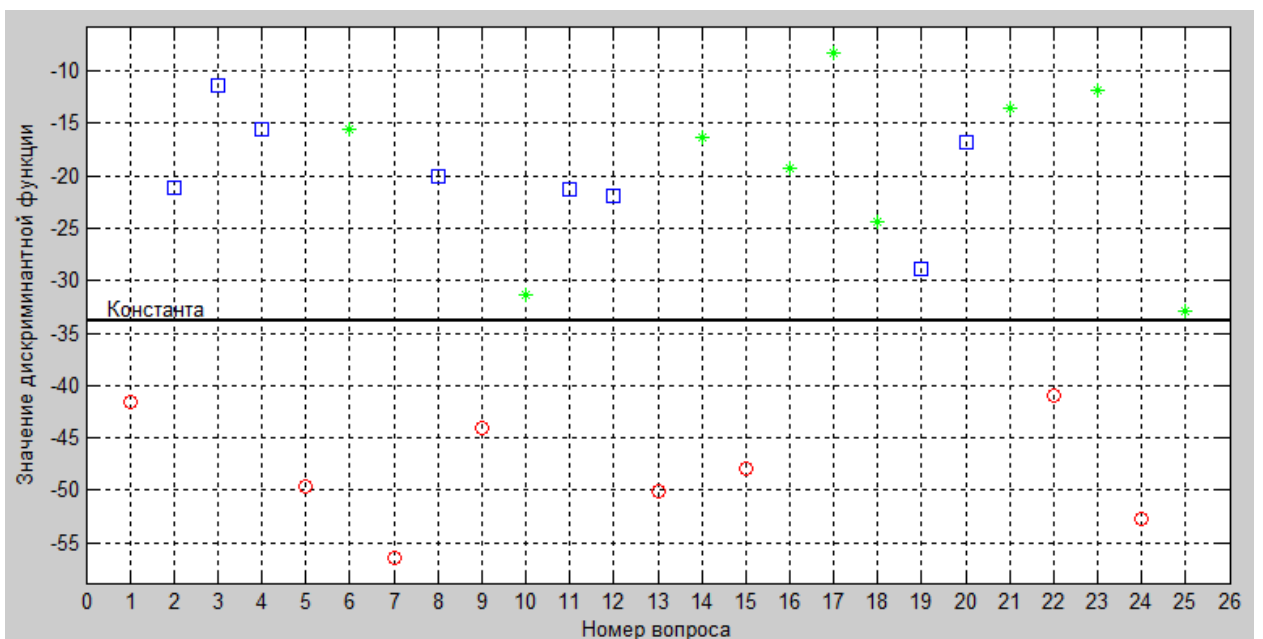


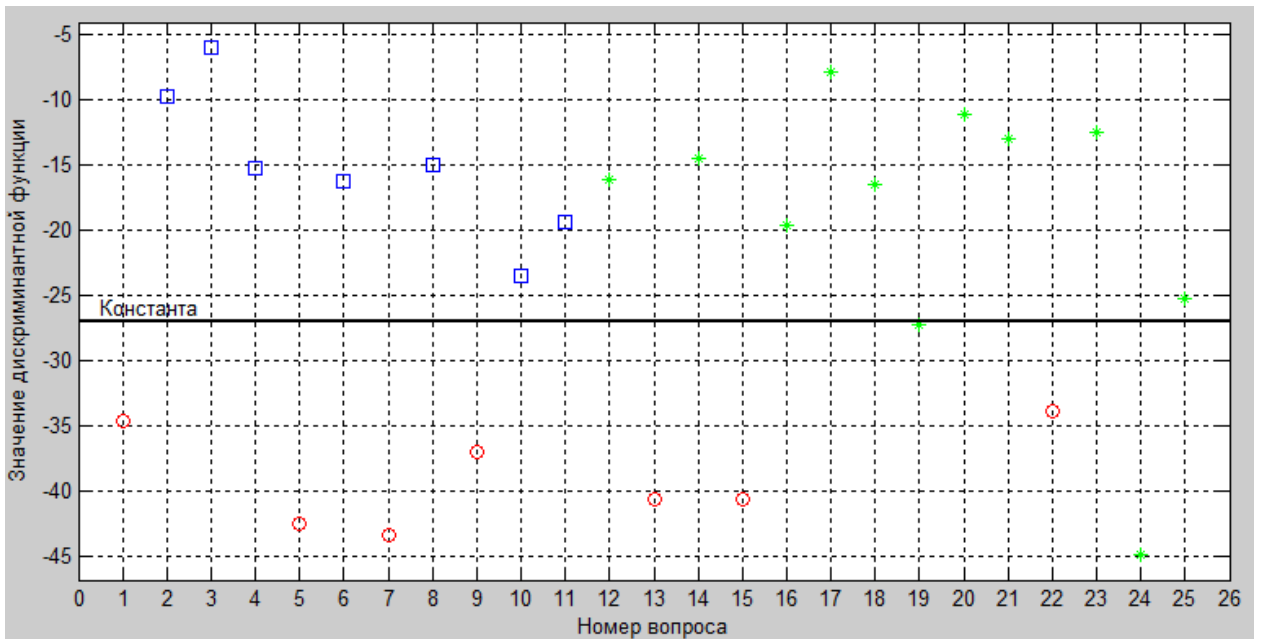


□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 3 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 3

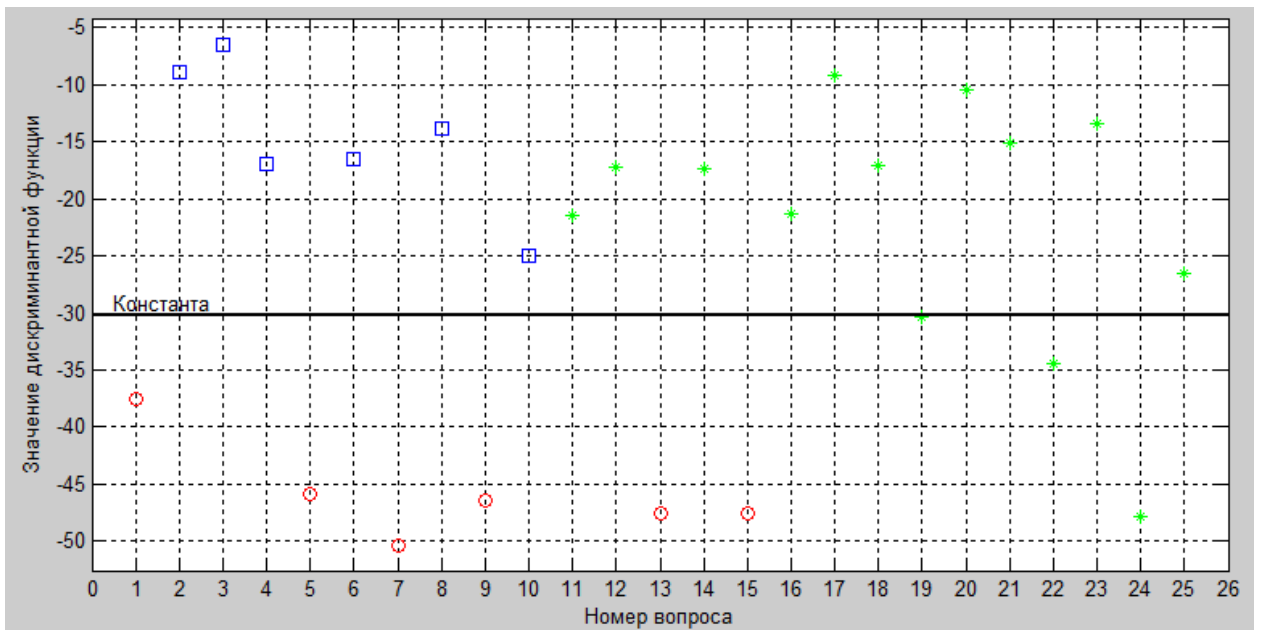
Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 4 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 6, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.





в)

6x6



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 4 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 3.

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 3 возможно при использовании 6-и наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 8. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

Исследуемому 4 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 11

Таблица Е. 11 – Таблица вопросов, исследуемый 4

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало,с	Конец,с
1	Вас зовут Наиля?	да	00:06	00:08	6	8
2	Вам 23?	да	00:38	00:44	38	44
3	У вас есть хобби?	да	01:14	01:17	74	77
4	У вас есть секреты?	да	01:47	01:50	107	110
5	Вы смотрите эротические фильмы?	нет	02:18	02:20	138	140
6	Вы крали деньги у родителей?	нет	02:52	02:56	172	176
7	Вы мучили животных?	нет	03:26	03:29	206	209
8	Вы видели как убивают животных?	да	03:58	04:04	238	244
9	Вы много читаете?	нет	04:34	04:38	274	278
10	Вас кто-нибудь бросал?	да	05:08	05:10	308	310
11	Вы счастливы?	нет	05:40	05:45	340	345
12	Кто-нибудь из ваших близких умер?	нет	06:15	06:18	375	378
13	Вас дразнили в детстве?	да	06:49	06:52	409	412
14	Вы проголодались?	да	07:20	07:25	440	445
15	Вам изменил парень?	да	07:54	07:58	474	478
16	Есть ли знакомые которые вас раздражают?	да	08:27	08:32	507	512
17	Вам указывают как жить?	да	09:02	09:05	542	545
18	С вами поступали несправедливо?	да	09:35	09:38	575	578
19	Вы готовы продолжать?	да	10:08	10:13	608	613
20	Вы принимали запрещенные вещества?	нет	10:43	10:47	643	647
21	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	нет	11:17	11:21	677	681
22	Вы хоронили близких людей?	да	11:44	11:49	704	709
23	Вы хотите получить шоколадку после тестирования?	да	12:25	12:29	745	749
24	Вы не получите шоколадку после тестирования. вы согласны с этим?	нет	13:01	13:05	781	785

В таблице Е. 12 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 4, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

Таблица Е. 12 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	300	200	350	820	480	430	0	110	-	-	0	50	-	-	-170	-	-	-	500	900	-	760	-	450
<i>Изменение ЧСС</i>	-13	-	-11	-13	+9	7	4	+	+10	-8	+7	-8	-14	7,7	-	6,8	-8	-5,5	-14	+11	6	-21	-12	-5
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	0	0	0	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	60	0	280	0	0	0
<i>Количество импульсов на КГР</i>	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	30	0	0	0
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	250	0	230	210	300	0	0	320	280	0	0	125	290	75	85	0	0	0	0	300	0	0	325	320
<i>Размах скачка ЭЭГ, мкВ</i>	300	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	450	0	0	0	0
<i>Время реакции КГР, с</i>	2,5	1,4	5	7	11	5,5	0	1,2	4,5	70	0	2,5	3,0	4	3,0	3	3	3	4,5	6,2	13,5	4	4	9
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	17,5	0	1,5	21,6	9	0	0	6	1,5	0	0	0,2	15	0,7	2,2	0	0	0	0	17	0	0	21	24,5
<i>Длительность скачка ЭЭГ, с</i>	2	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	3,5	0	0	0	0

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 4.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 13, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 13 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 ΔU – КГР (мкВ)	-2.1913
2 Изменение ЧСС	-30.5626
3 Размах импульсов КГР (мкВ)	12.1784
4 Количество импульсов на КГР	-57.9466
5 Размах ЭЭГ (мкВ)	-35.1431
6 Размах скачка ЭЭГ (мкВ)	14.8796
7 Время реакции КГР (с)	0.5139
8 Длительность импульсов ЭЭГ (с)	-3.2472
9 Длительность скачки ЭЭГ (с)	-46.2419

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 4 являются:

- Количество импульсов на КГР: **-57.9466**
- Длительность скачки ЭЭГ (с): **-46.2419**
- Размах ЭЭГ (мкВ): **-35.1431**
- Изменение ЧСС: **-30.5626**

В таблице Е. 14 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице Е. 15 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров. В данном исследовании используются для анализа 6 наиболее значимых параметра: количество импульсов на КГР; длительность скачки ЭЭГ (с); размах ЭЭГ (мкВ); изменение ЧСС; размах скачка ЭЭГ (мкВ); размах импульсов КГР (мкВ).

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 4 возможно при использовании 6-х наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 9. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

Таблица Е. 14 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	9x9				3x9				4x9				5x9			
	C=-27.4384				C=-8.7641				C=-24.1061				C=-26.5415			
	Pr=0.0013				Pr=0.0277				Pr=0.0023				Pr=0.0015			
	D2=36.4560				D2=14.6908				D2=31.9671				D2=35.0835			
	QN(+)= $[2;7;10;11;12;14;16;17;18]$; QS(x)= $[1;4;5;6;8;13;15;20;23]$; QK(k)= $[3;9;19;21;22;24]$;				QN(+)= $[2;7;10;11;12;14;16;17;18]$; QS(x)= $[1;3;4;5;6;8;9;13;15]$; QK(k)= $[19;20;21;22;23;24]$;				QN(+)= $[2;7;10;11;12;14;16;17;18]$; QS(x)= $[1;3;4;5;6;8;9;13;15]$; QK(k)= $[19;20;21;22;23;24]$;				QN(+)= $[2;7;10;11;12;14;16;17;18]$; QS(x)= $[1;3;4;5;6;8;9;13;15]$; QK(k)= $[19;20;21;22;23;24]$;			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3				3k			3x	3x			3x	3x			3x	3x
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x
9				9k			9x	9x			9x	9x			9x	9x
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14	14+	14+			14+	14+			14+	14+			14+	14+		
15			15x	15x		?15x	15x				15x	15x			15x	15x
16	16+	16+			16+	16+			16+	16+			16+	16+		
17	17+	17+			17+	17+			17+	17+			17+	17+		
18	18+	18+			18+	18+			18+	18+			18+	18+		
19		19k				19k				19k				19k		
20			20x	20x				20k				20k				20k
21				21k		?21k				?21k				?21k		
22				22k		?22k						?22k				22k
23			23x	23x				23k				23k				23k
24				24k				24k				24k				24k

Продолжение таблицы Е. 14

Исх.	9x9				6x9				7x9				8x9			
	C=-27.4384				C=-27.8742				C=-27.7876				C=-29.3118			
	Pr=0.0013				Pr=0.0013				Pr=0.0013				Pr=0.0012			
	D2=36.4560				D2=36.0869				D2=36.1534				D2=37.1632			
	QN(+)= $[2;7;10;11;12;14;16;17;18]$; QS(x)= $[1;4;5;6;8;13;15;20;23]$; QK(k)= $[3;9;19;21;22;24]$;				QN(+)= $[2;7;10;11;12;14;16;17;18]$; QS(x)= $[1;3;4;5;6;8;9;13;15]$; QK(k)= $[19;20;21;22;23;24]$;				QN(+)= $[2;7;10;11;12;14;16;17;18]$; QS(x)= $[1;3;4;5;6;8;9;13;15]$; QK(k)= $[19;20;21;22;23;24]$;				QN(+)= $[2;7;10;11;12;14;16;17;18]$; QS(x)= $[1;3;4;5;6;8;9;13;15]$; QK(k)= $[19;20;21;22;23;24]$;			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3				3k			3x	3x			3x	3x			3x	3x
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x
9				9k			9x	9x			9x	9x			9x	9x
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14	14+	14+			14+	14+			14+	14+			14+	14+		
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16	16+	16+			16+	16+			16+	16+			16+	16+		
17	17+	17+			17+	17+			17+	17+			17+	17+		
18	18+	18+			18+	18+			18+	18+			18+	18+		
19		19k				19k				19k				19k		
20			20x	20x				20k				20k				20k
21				21k				21k				21k				21k
22				22k				22k				22k				22k
23			23x	23x				23k				23k				23k
24				24k				24k				24k				24k

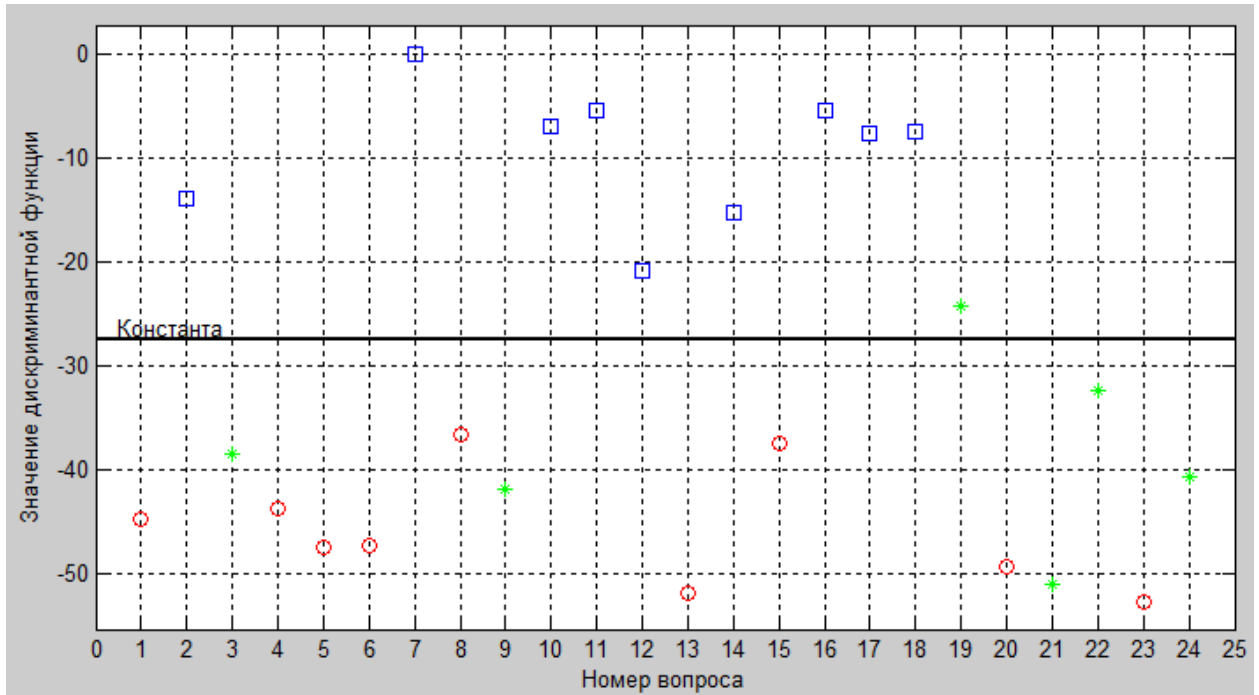
Таблица Е. 15 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

		9x9				6x8				6x7				6x6			
		C=-27.4384				C=4.2936e+14				C=-26.9813				C=-22.5087			
		Pr=0.0013				Pr=0.3895				Pr=0.0013				Pr=0.0071			
		D2=36.4560				D2=0.3152				D2=36.2421				D2=24.0606			
		QN(+)=[2;7;10;11;12;14;16;17;18]; QS(x)=[1;4;5;6;8;13;15;20;23]; QK(k)=[3;9;19;21;22;24];				QN(+)=[2;7;10;11;12;14;16;17]; QS(x)=[1;3;4;5;6;8;9;13]; QK(k)=[15;18;19;20;21;22;23;24];				QN(+)=[2;7;10;11;12;14;16]; QS(x)=[1;3;4;5;6;8;9]; QK(k)=[13;15;17;18;19;20;21;22;23;24];				QN(+)=[2;7;10;11;12;14]; QS(x)=[1;3;4;5;6;8]; QK(k)=[9;13;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24];			
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x	
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			
3				3k			3x	3x			3x	3x			3x	3x	
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x	
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x	
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x	
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x	
9				9k			9x	9x			9x	9x				9k	
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+			
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+			
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+			
13			13x	13x			13x	13x				13k				13k	
14	14+	14+			14+	14+			14+	14+			14+	14+			
15			15x	15x		?15k						15k				15k	
16	16+	16+			16+	16+			16+	16+				16k			
17	17+	17+			17+	17+				17k				17k			
18	18+	18+						?18k		18k				18k			
19		19k						?19k		19k				19k			
20			20x	20x				20k				20k				20k	
21				21k				21k		?21k				?21k			
22				22k		?22k				?22k				?22k			
23			23x	23x				23k				23k				23k	
24				24k				24k				24k				24k	

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 5 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 11, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

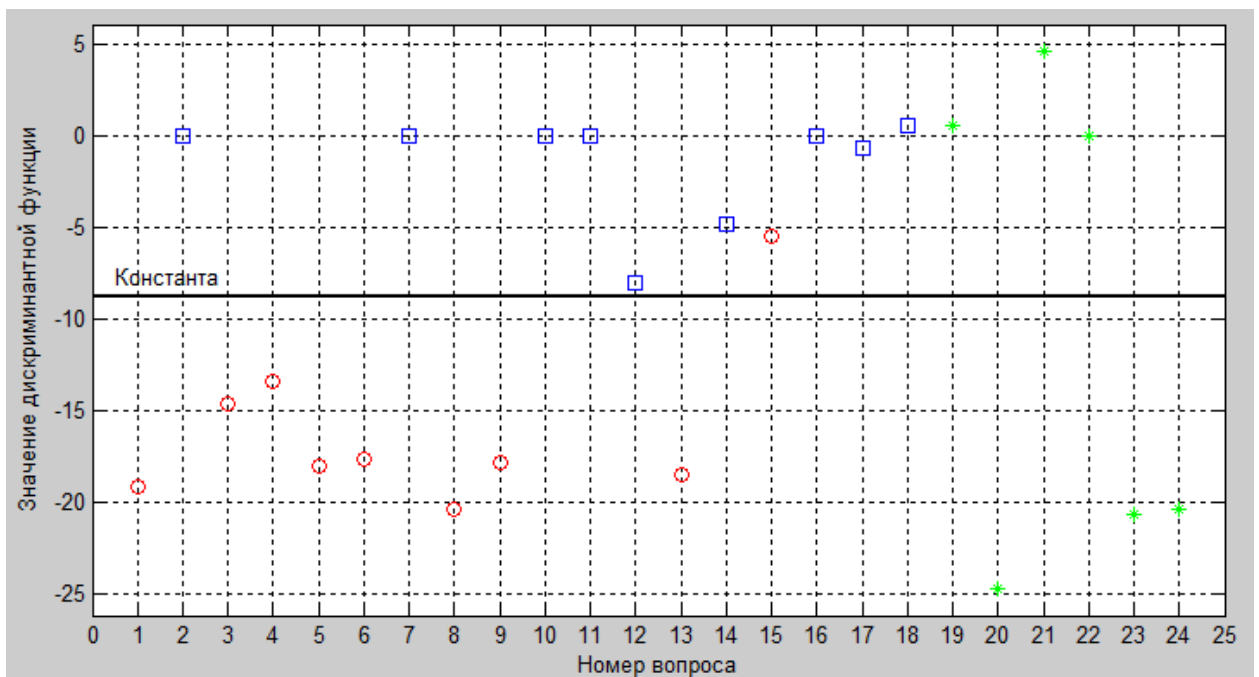
а)

9x9



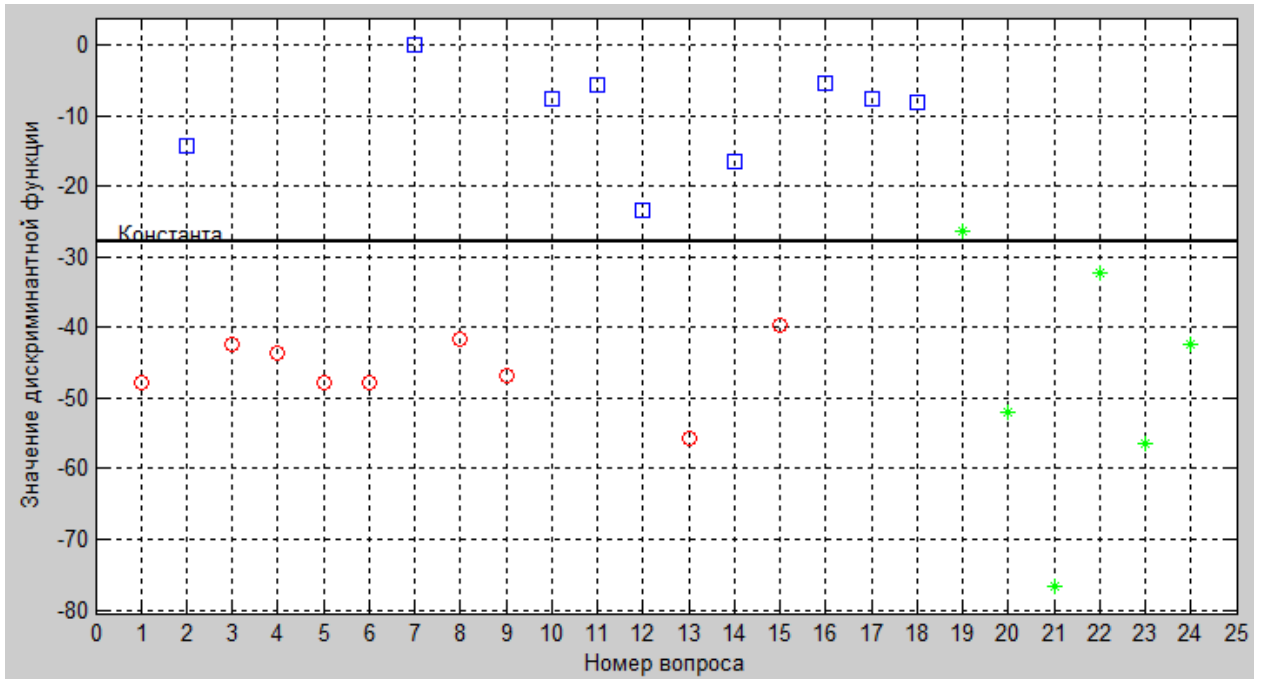
б)

3x9



в)

6x9



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

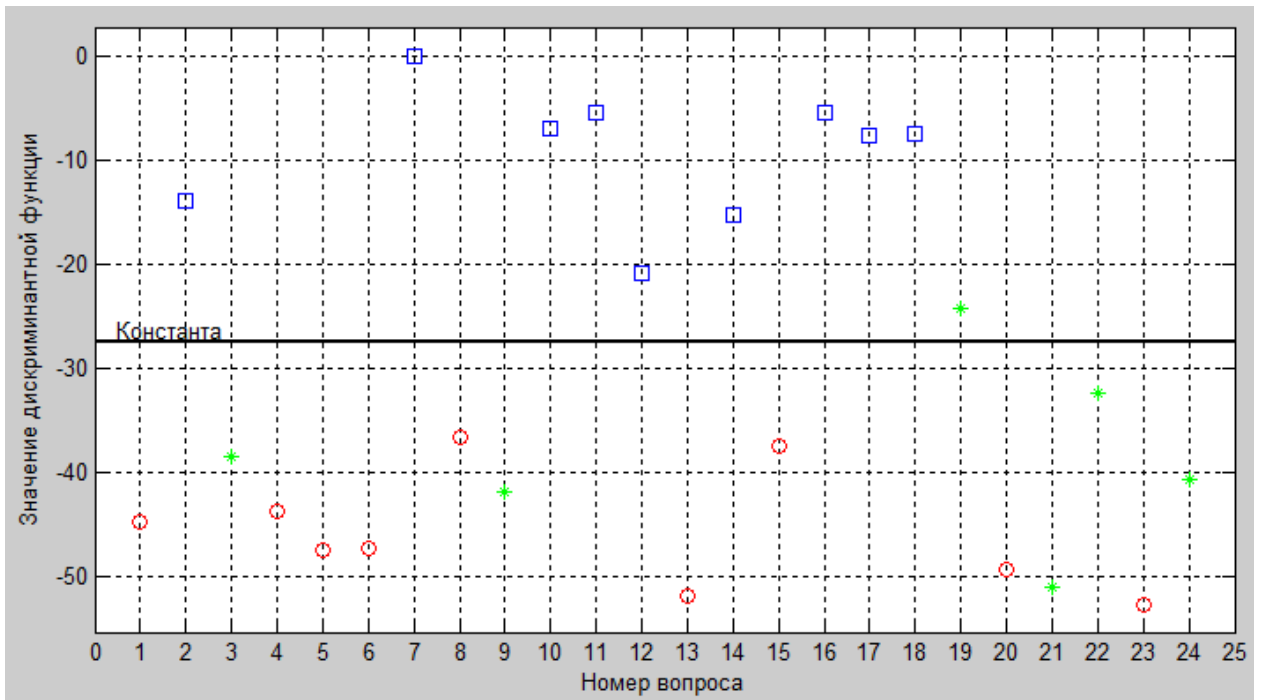
Рисунок Е. 5 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 4

Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 9 до 6 при постоянном числе вопросов, равном 9.

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 6 а, б, в, г. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 11, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

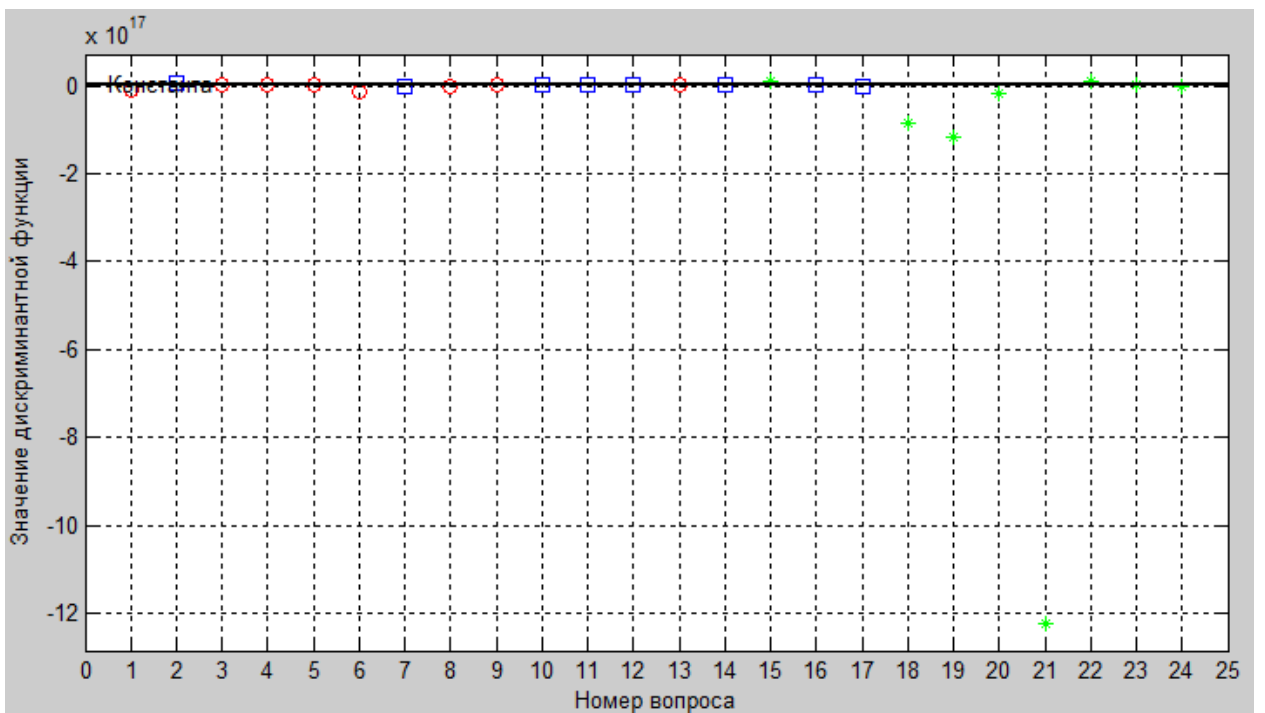
a)

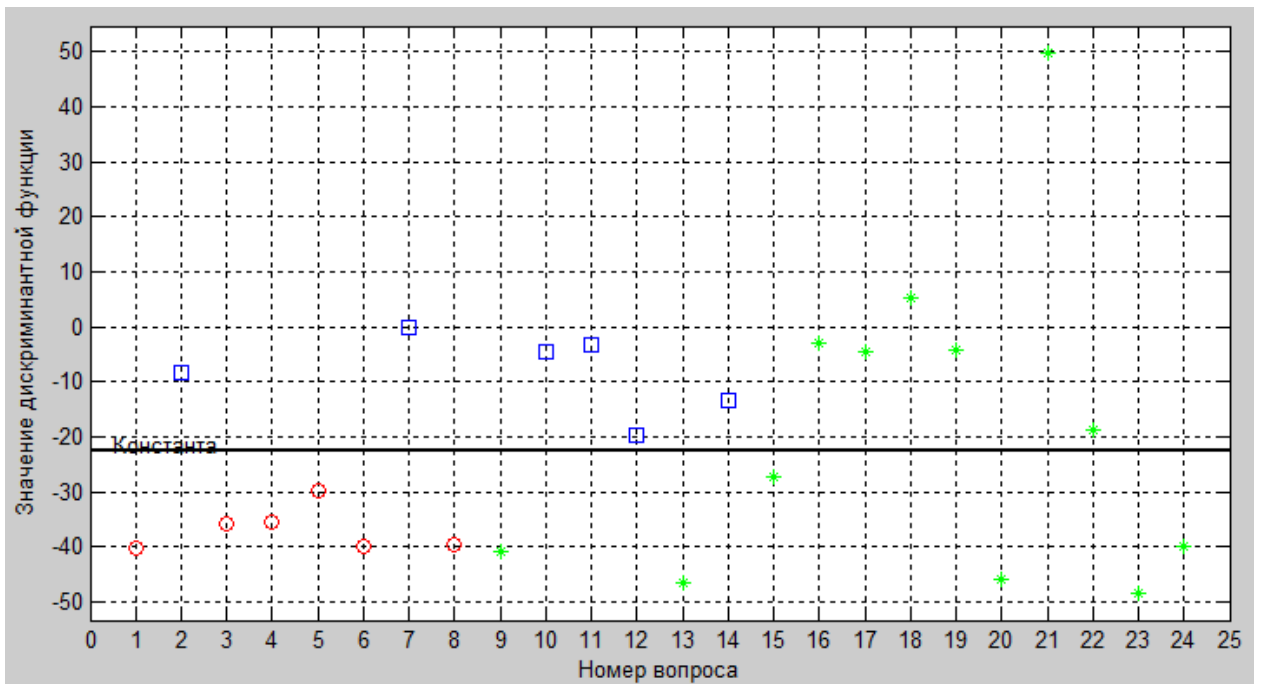
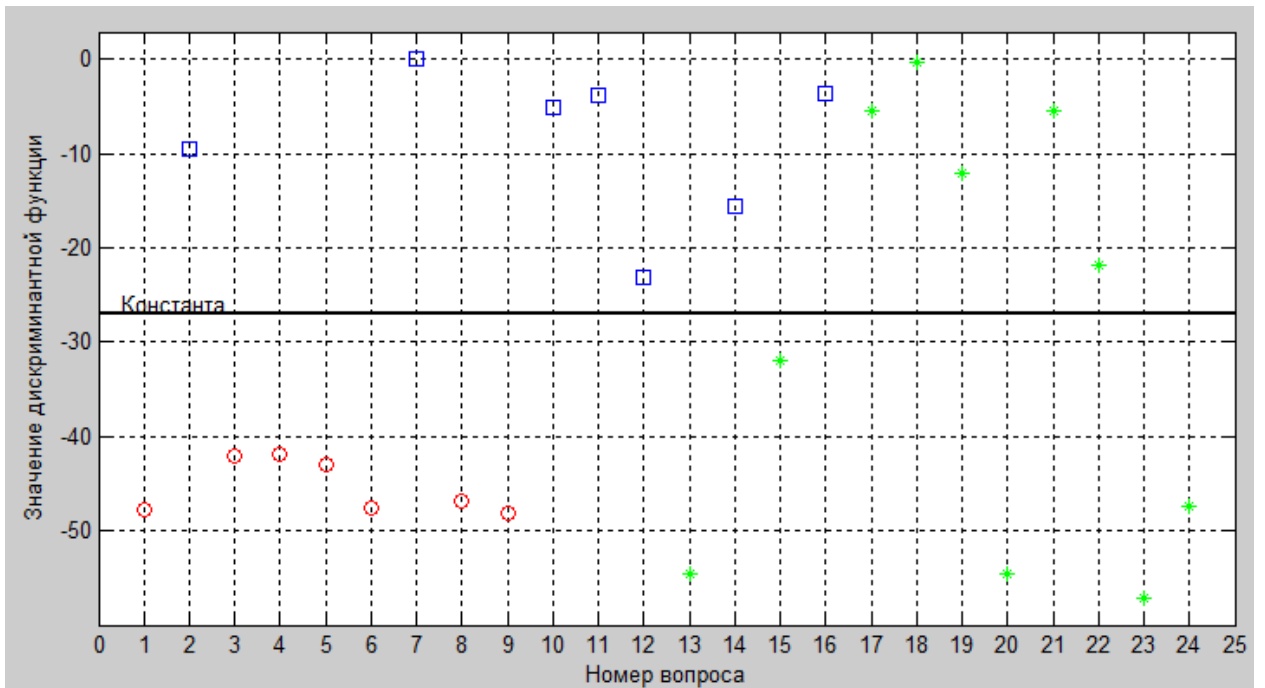
9x9



б)

6x8





□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 6 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 4

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 4 возможно при использовании 6-х наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 9.

Исследуемому 5 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 16.

Таблица Е. 16 – Таблица вопросов, исследуемый 5

Номер вопроса	Вопрос	да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало,с	Конец,с
1	Вас зовут Санжар?	да	00:07	00:09	7	9
2	Вам 23?	да	00:35	00:38	35	38
3	У вас есть хобби?	да	01:08	01:10	68	70
4	У вас есть секреты?	да	01:39	01:42	99	102
5	Вы смотрите эротические фильмы?	нет	02:08	02:10	128	130
6	Вы крали деньги у родителей?	да	02:39	02:41	159	161
7	Вы мучили животных?	да	03:10	03:14	190	194
8	Вы видели как убивают животных?	да	03:39	03:42	219	222
9	Вы много читаете?	да	04:03	04:04	243	244
10	Вас кто-нибудь бросал?	нет	04:30	04:35	270	275
11	Вы счастливы?	да	05:14	05:18	314	318
12	Кто-нибудь из ваших близких умер?	нет	05:33	05:35	333	335
13	Вас били в детстве?	да	06:00	06:03	360	363
14	Вы проголодались?	да	06:42	06:44	402	404
15	Вам изменила девушка?	нет	07:14	07:18	434	438
16	Есть ли знакомые которые вас раздражают?	да	07:48	07:52	468	472
17	Вам указывают как жить?	да	08:10	08:14	490	494
18	С вами поступали несправедливо?	да	08:50	08:56	530	536
19	Вы готовы продолжать?	да	09:20	09:21	560	561
20	Вы совершали мерзкие поступки?	нет	09:44	09:45	584	585
21	Вас радуют неудачи соперников?	нет	10:12	10:17	612	617
22	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	да	10:45	10:48	645	648
23	Вы хоронили близких людей?	нет	11:18	11:20	678	680
24	Вы хотите получить шоколадку после тестирования?	да	11:48	11:54	708	714
25	Вы не получите шоколадку после тестирования. вы согласны с этим?	да	12:23	12:29	743	749

В таблице Е. 17 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 5, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

Таблица Е. 17 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>ΔUKГР, мкВ</i>	2200	200	300	2400	2000	-200	700	700	0	500	600	0	450	450	-200	750	0	800	-125	0	2450	0	0	400	950
<i>Изменение ЧСС</i>	-2	+5,5	2	7	-8,7	6	-5	-8,5	-3	4	4,5	5	+6	-2,5	-3	-16	-4,7	15	4	-2,5	4	-2	-15	-8	3
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	0	0	0	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220	200	250	300	0	0	0	0	0	0	0
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	80	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	30	0	50	110	0	35	0	0	60	0
<i>Размах скачка ЭЭГ, мкВ</i>	150	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	150	250	100	250	220	400	0	0	70	0	210	270	225
<i>Время реакции КГР, с</i>	3	6	4	6	3,5	2,5	5	4	0	5	4	0	9	2,5	4	3	0	8	6	0	4	0	0	2	3
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	3	0	6,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,6	0	19,50	0	0	0	0
<i>Время до скачки ЭЭГ, с</i>	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	21,5	0	0	0	19,50	0	0	0	3,3
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	3	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	3	0	2	0,2	0	3	0	0	1,5	0
<i>Длительность скачки ЭЭГ, с</i>	0,5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,5	2,0	1,5	0,5	2	0	0	2,5	0	0,7	6	0,5

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 5.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 18, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 18 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 ΔU – КГР (мкВ)	2.2006
2 Изменение ЧСС	8.1357
3 Размах импульсов КГР (мкВ)	-5.1154
4 Размах ЭЭГ (мкВ)	4.7558
5 Размах скачка ЭЭГ (мкВ)	-50.1881
6 Время реакции КГР (с)	11.5023
7 Время до реакции ЭЭГ (с)	-9.3878
8 Время до скачка ЭЭГ (с)	-24.8103
9 Длительность импульсов ЭЭГ (с)	-1.1928
10 Длительность скачка ЭЭГ (с)	-7.4293

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 5 являются:

- Размах скачка ЭЭГ (мкВ): **-50.1881**
- Время до скачка ЭЭГ (с): **-24.8103**
- Время реакции КГР (с): **11.5023**
- Время до реакции ЭЭГ (с): **-9.3878**

В таблице Е. 19 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице Е. 20 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 6 наиболее значимых параметра: размах скачка ЭЭГ (мкВ); время до скачка ЭЭГ (с); время реакции КГР (с); время до реакции ЭЭГ (с); изменение ЧСС; длительность скачка ЭЭГ (с).

Таблица Е. 19 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Ис х.	10x10				3x10				4x10				5x10				6x10			
	C=-10.5119				C=-8.0421				C=-9.4347				C=-9.0041				C=-14.7717			
	Pr=0.0022				Pr=0.0179				Pr=0.0123				Pr=0.0103				Pr=7.2494e-04			
	D2=32.2832				D2=17.6430				D2=20.2071				D2=21.4617				D2=40.5650			
	QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;11;19;20]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;18;23;24;25]$ QK(k)= $[10;12;17;21;22]$;				QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;10;11;12]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;17;18;21;23]$ QK(k)= $[19;20;22;24;25]$;				QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;10;11;12]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;17;18;21;23]$ QK(k)= $[19;20;22;24;25]$;				QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;10;11;12]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;17;18;21;23]$ QK(k)= $[19;20;22;24;25]$;				QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;10;11;12]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;17;18;21;23]$ QK(k)= $[19;20;22;24;25]$;			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5	5+	5+			5+	5+			5+	5+			5+	5+			5+	5+		
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10		10k			10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x		?15x	15x		?15x	15x			?15x	15x					15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17				17k			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x
19	19+	19+				19k				19k				19k					19k	
20	20+	20+				20k				20k				20k					20k	
21				21k			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	21x
22		22k				22k				22k				22k					22k	
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x
24			24x	24x				24k				24k				24k				24k
25			25x	25x				25k				25k				25k				25k

Продолжение таблицы Е. 19

Исх.	10x10		7x10		8x10		9x10									
	C=-10.5119		C=-16.1525		C=-22.4835		C= -23.4609									
	Pr=0.0022		Pr=3.7945e-04		Pr=8.7435e-05		Pr=7.0279e-05									
	D2=32.2832		D2=45.3565		D2=56.3340		D2=57.9786									
	QN(+)=[2;3;5;6;7;8;9;11;19;20]; ; QS(x)=[1;4;13;14;15;16;18;23;24;25]; QK(k)=[10;12;17;21;22];		QN(+)=[2;3;5;6;7;8;9;10;11;12]; QS(x)=[1;4;13;14;15;16;17;18;21;23]; QK(k)=[19;20;22;24;25];		QN(+)=[2;3;5;6;7;8;9;10;11;12]; QS(x)=[1;4;13;14;15;16;17;18;21;23]; ; QK(k)=[19;20;22;24;25];		QN(+)=[2;3;5;6;7;8;9;10;11;12]; QS(x)=[1;4;13;14;15;16;17;18;21;23]; QK(k)=[19;20;22;24;25];									
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5	5+	5+			5+	5+			5+	5+			5+	5+		
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10		10k			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17				17k			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20	20+	20+				20k				20k				20k		
21				21k			21x	21x			21x	21x			21x	21x
22		22k								22k				22k		
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x
24			24x	24x				24k				24k				24k
25			25x	25x				25k				25k				25k

Таблица Е. 20 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

Ис х.	10x10		6x9		6x8		6x7		6x6							
	C=-10.5119		C=-21.3278		C=-27.4098		C=-35.0288		C=-26.6402							
	Pr=0.0022		Pr=5.9020e-05		Pr=1.5814e-05		Pr=6.0619e-06		Pr=7.7548e-09							
	D2=32.2832		D2=59.2950		D2=69.2697		D2=76.5747		D2=127.9536							
QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;11;19;20]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;18;23;24;25]$ QK(k)= $[10;12;17;21;22]$;		QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;10;11]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;17;18;21]$ QK(k)= $[12;19;20;22;23;24;25]$;		QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;10]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;17;18]$ QK(k)= $[11;12;19;20;21;22;23;24;25]$;		QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;17]$ QK(k)= $[10;11;12;18;19;20;21;22;23;24;25]$;		QN(+)= $[2;3;5;6;7;8;9;10;11;12]$ QS(x)= $[1;4;13;14;15;16;17;18;21;23]$ QK(k)= $[19;20;22;24;25]$;								
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5	5+	5+			5+	5+			5+	5+			5+	5+		
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		9k
10		10k			10+	10+			10+	10+			10k			10k
11	11+	11+			11+	11+			11k				11k			11k
12		12k				12k			12k				12k			12k
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17				17k			17x	17x			17x	17x				17k
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18k	
19	19+	19+				19k			19k				19k			19k
20	20+	20+				20k			20k				20k			20k
21				21k			21x	21x			21k			21k		21k
22		22k					22k			22k			22k			22k
23			23x	23x				23k			23k			23k		23k
24			24x	24x				24k			24k			24k		24k
25			25x	25x				25k			25k			25k		25k

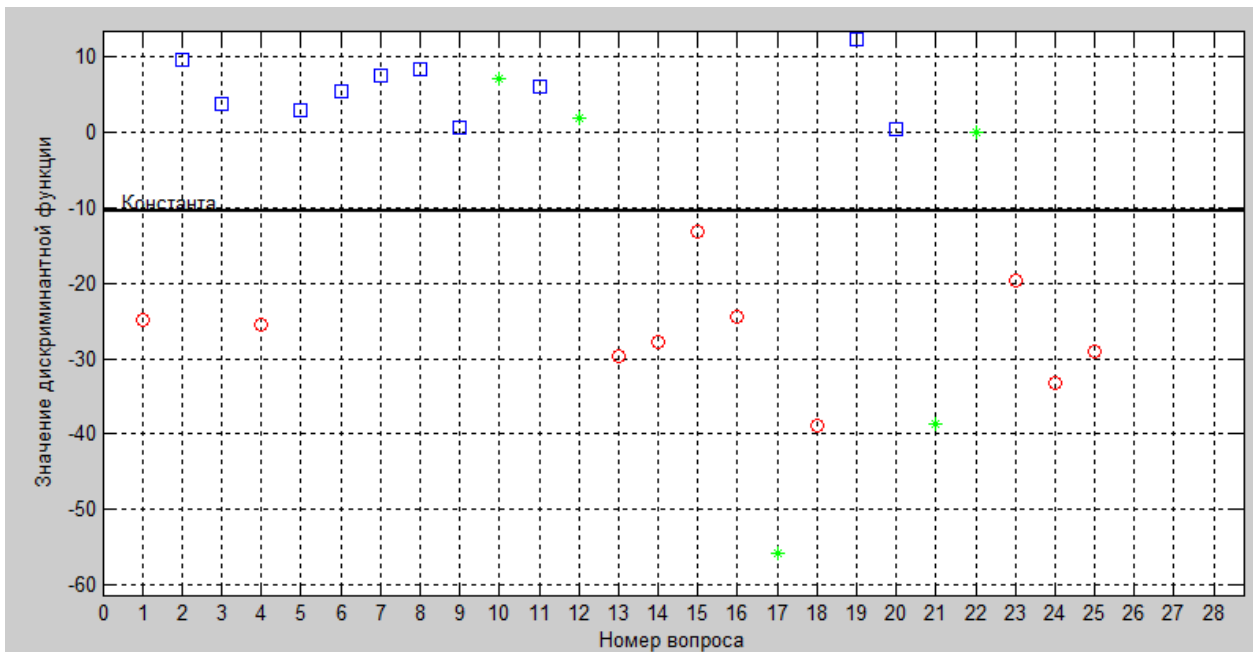
По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 5 возможно при использовании 6-и наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 6. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

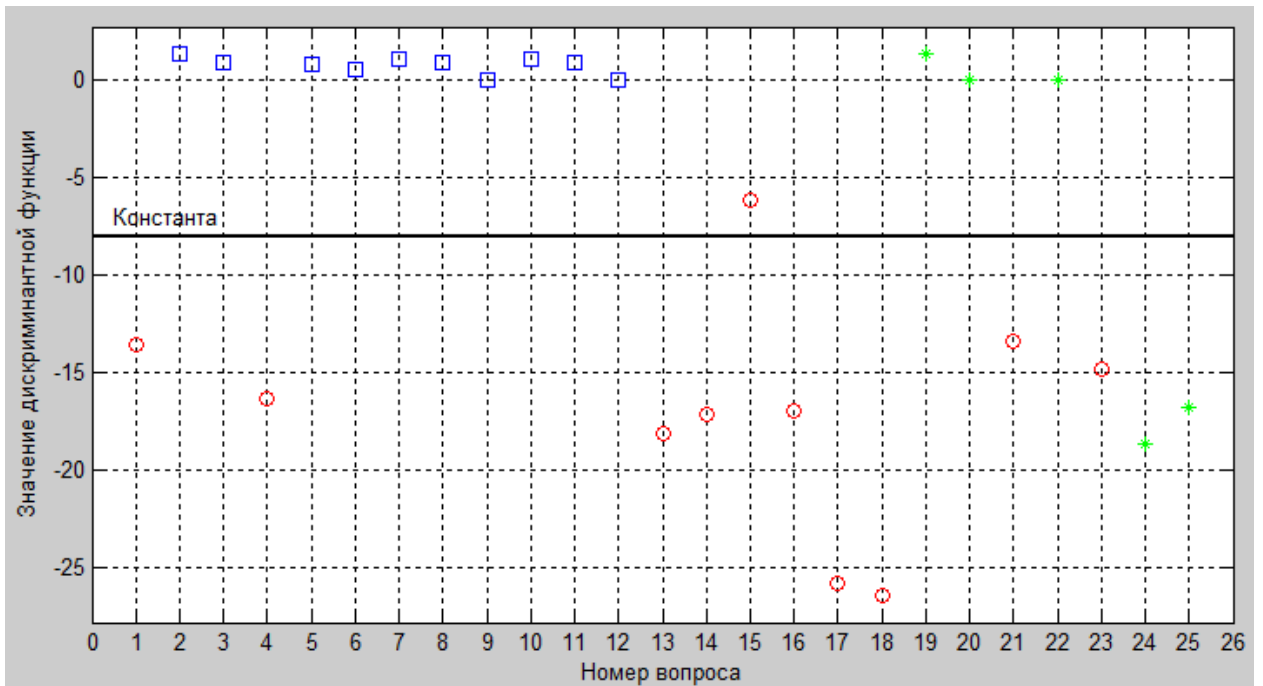
Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 7а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 16, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 10 до 6 при постоянном числе вопросов, равном 10.

а)

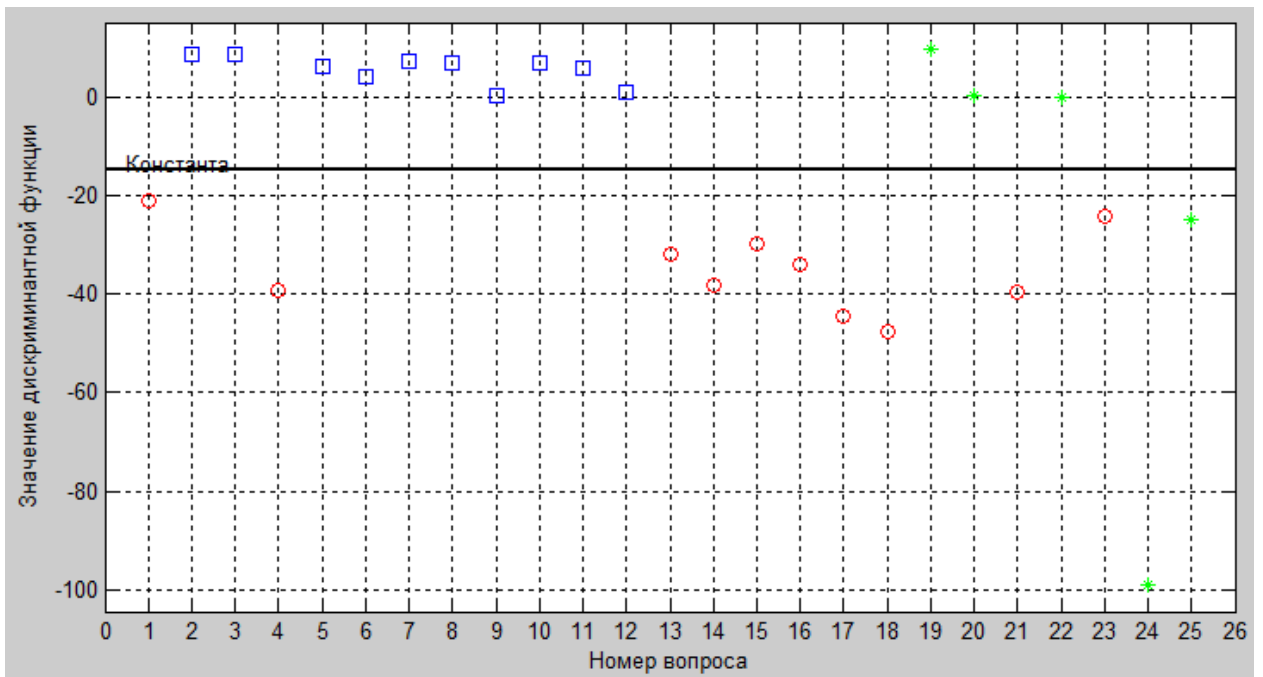
10x10





в)

6x10



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

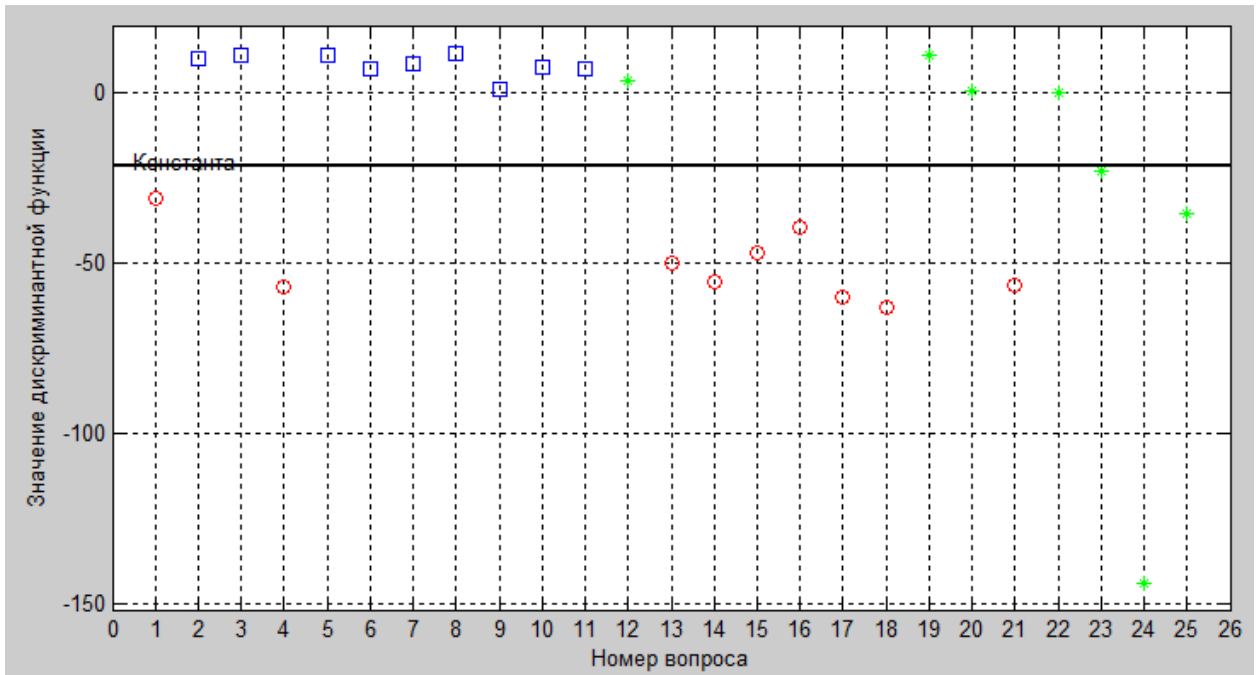
Рисунок Е. 7 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 5

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 8а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов

в соответствии с таблицей Е. 16, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

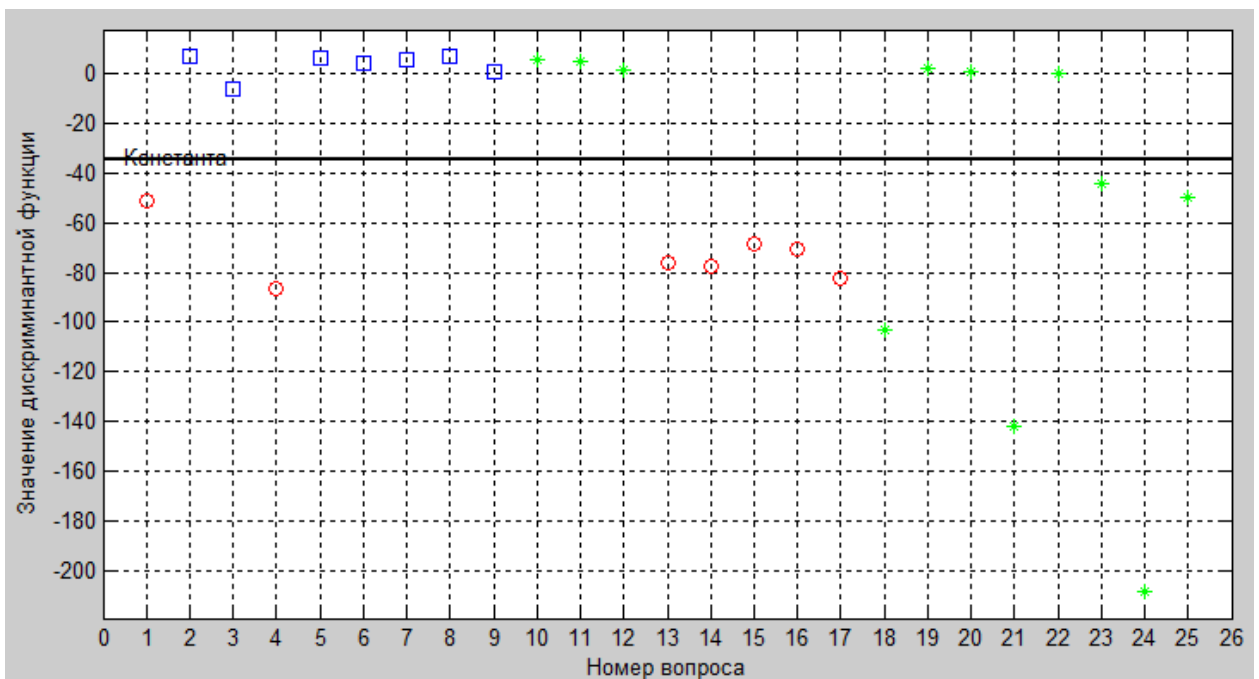
а)

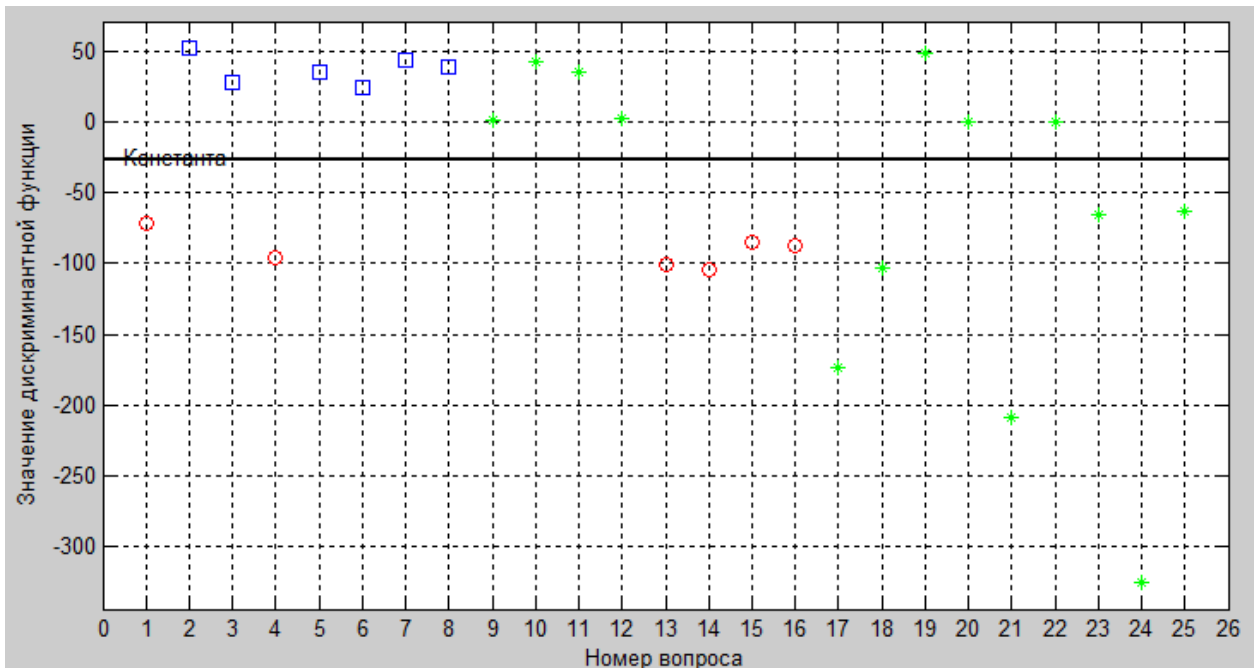
6x9



б)

6x7





□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 8 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 5

Данный анализ показывает, что разделение на группы вопросов исследуемого 5 не зависит от количества вопросов при использовании для классификации 6 наиболее значимых параметров.

Исследуемому 6 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 21.

Таблица Е. 21 – Таблица вопросов, исследуемый 6

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало,с	Конец,с
1	Вас зовут Виталий?	да	00:32	00:34	32	34
2	Вы любите своих родителей?	да	01:04	01:06	64	66
3	Вы играете в компьютерные игры?	да	01:33	01:36	93	96
4	Вы любите получать подарки?	да	01:55	01:59	115	119
5	Хотите получить шоколадку после тестирования?	да	02:32	02:36	152	156
6	Сегодня воскресенье?	нет	03:04	03:07	184	187
7	Вы станете убивать людей по приказу?	да	03:29	03:32	209	216
8	Вы нажмете на ядерную кнопку и тем самым убьете миллионы людей?	нет	04:09	04:12	249	252
9	Вы сможете совершить самоубийство ради любимого человека?	нет	04:41	04:44	281	284
10	Вы сможете простить измену?	нет	05:11	05:14	311	314
11	Вам нравится погода сегодня?	нет	05:45	05:48	345	348
12	Вы в курсе, что мусульмане принимают писание Библии и Торы?	нет	06:10	06:14	370	374
13	Вы знали что в Антарктиде есть банкомат?	нет	06:40	06:44	400	404
14	Вы хотите узнать что будет после смерти?	да	07:14	07:18	434	438
15	Вы хотели бы отправиться в будущее?	да	07:44	07:48	464	468
16	Вы хотели бы знать дату вашей смерти?	нет	08:14	08:18	494	498
17	Вы учились в университете?	да	08:44	08:48	524	528
18	Ваши друзья избегают вас, не зовут вас на мероприятия, вы будете обижены на них?	нет	09:18	09:22	558	562
19	Они не берут вас с собой, потому что не считают вас своим другом, вас это расстроит?	нет	09:52	09:56	592	596
20	Вам нужны такие друзья?	нет	10:34	10:36	628	632
21	Им потребуется ваша помощь, но после этого вы им снова будете не нужны, вы поможете им?	да	11:04	11:08	664	668
22	Вы не получите шоколадку после тестирования.вы согласны с этим?	да	11:31	11:34	691	694
23	Хотите посмотреть фильмы эротического содержания?	нет	12:06	12:10	726	730

Таблица Е. 22 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<i>ДУКГР, мкВ</i>	0	1600	480	220	440	200	310	900	160	100	170	75	190	270	80	225	70	80	40	75	440	150	200
<i>Изменение ЧСС</i>	10	0	+9	0	14	0	0	0	0	16	9	6	8	11	8	9	+6	10	7	7	4	0	7
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	0	65	0	90	45	0	75	140	50	40	80	70	30	60	20	60	100	35	90	115	65	60	35
<i>Количество импульсов на КГР</i>	0	1	0	2	2	0	3	2	2	1	50	40	2	6	2	5	4	3	3	6	3	2	2
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	55	0	90	75	80	400	0	75	80	50	80	70	62	140	135	180	35	130	1300	440	350	80	180
<i>Время реакции КГР, с</i>	0	4	4	9,5	9	3	6	3,5	3,5	1,5	12	12	13	17	16	18	0	6	2	2	6	6	6
<i>Время до реакции импульсов на КГР, с</i>	0	10,92	0	8,25	7,25	0	1,1	1,9	9,47	10,05	4,82	2,55	20,63	8,75	2,7	9,97	0,68	17,6	10,85	0,99	6,78	7,98	2
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	8,04	0	11	7,75	4,5	19,4	0	12,2	0,55	13	15,1	13,2	0	2,5	3,0	0,5	0	0,25	1,2	0	3,12	0	19
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	0,19	0	4,5	0,3	4,5	0,6	0	3,8	0,12	1,5	2,0	1,2	3,0	1,1	2,0	2,0	2,0	1,75	2,4	1,6	1,68	1,0	2,5

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 6.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 23, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 23 – Коэффициенты дискриминантной функции

deltaU - КГР(мкВ)	-0.9329
Изменение ЧСС	-4.5584
Размах импульсов КГР (мкВ)	5.3213
Количество импульсов на КГР	7.2863
Размах ЭЭГ (мкВ)	-13.8594
Время реакции КГР (с)	-10.1096
Время до реакции импульсов на КГР (с)	1.6825
Время до реакции ЭЭГ (с)	3.9022
Длительность импульсов ЭЭГ(с)	-9.1888

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 6 являются:

- Размах ЭЭГ(мкВ): **-13.8594**
- Время реакции КГР(с): **-10.1096**
- Длительность импульсов ЭЭГ(с): **-9.1888**
- Количество импульсов на КГР: **7.2863**

В таблице Е. 24 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции.

Таблица Е. 24 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	9x9				3x9				4x9				5x9			
	C=-6.3830				C=-6.8338				C= -9.4689				C=-9.6139			
	Pr=0.0610				Pr=0.1157				Pr=0.0622				Pr= 0.0336			
	D2=9.5668				D2=5.7298				D2=9.4418				D2=13.4085			
	QN(+)= [1;2;7;8;9;10;11;17;22]; QS(x)= [3;14;15;16;18;19;20;21;23]; QK(k)= [4;5;6;12;13];				QN(+)= [1;2;4;6;7;8;9;10;11]; QS(x)= [3;5;13;14;15;16;18;19;21]; QK(k)= [12;17;20;22;23];				QN(+)= [1;2;4;6;7;8;9;10;11]; QS(x)= [3;5;13;14;15;16;18;19;21]; QK(k)= [12;17;20;22;23];				QN(+)= [1;2;4;6;7;8;9;10;11]; QS(x)= [3;5;13;14;15;16;18;19;21]; QK(k)= [12;17;20;22;23];			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3			3x	3x			3x	3x			3x	3x			3x	3x
4		4k			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6		6k			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+			?8+	8+			?8+	8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+			?11+	11+	11+			11+	11+		
12		12k						?12k		12k				12k		
13				13k			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17	17+	17+				17k				17k				17k		
18			18x	18x		?18x	18x			?18x	18x			?18x	18x	
19			19x	19x			19x	19x			19x	19x			19x	19x
20		20x	20x			20k				20k				20k		
21			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	21x
22	22+	22+				22k				22k				22k		
23			23x	23x				23k				23k				23k

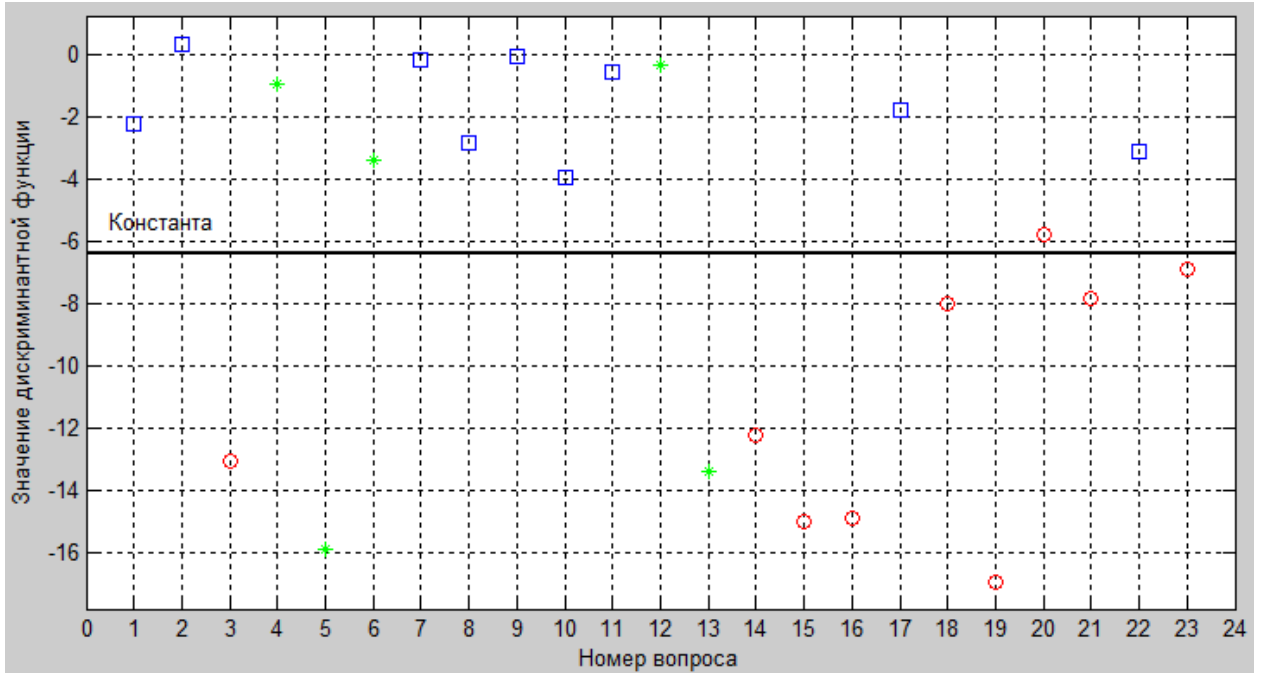
Продолжение таблицы Е. 24

		9x9				6x9				7x9				8x9			
		C=-6.3830				C=-11.9830				C= -11.7896				C=-11.9788			
		Pr=0.0610				Pr=0.0273				Pr=0.0019				Pr= 0.0019			
		D2=9.5668				D2=14.7654				D2=33.3593				D2=33.3739			
		QN(+)=[1;2;7;8;9;10;11;17;22]; QS(x)=[3;14;15;16;18;19;20;21;23]; QK(k)=[4;5;6;12;13];				QN(+)=[1;2;4;6;7;8;9;10;11]; QS(x)=[3;5;13;14;15;16;18;19;21]; QK(k)=[12;17;20;22;23];				QN(+)=[1;2;4;6;7;8;9;10;11]; QS(x)=[3;5;13;14;15;16;18;19;21]; QK(k)=[12;17;20;22;23];				QN(+)=[1;2;4;6;7;8;9;10;11]; QS(x)=[3;5;13;14;15;16;18;19;21]; QK(k)=[12;17;20;22;23];			
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+			
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			
3			3x	3x			3x	3x			3x	3x			3x	3x	
4		4k			4+	4+			4+	4+			4+	4+			
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x	
6		6k			6+	6+			6+	6+			6+	6+			
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+			
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+			
12		12k				12k				12k				12k			
13				13k			13x	13x			13x	13x			13x	13x	
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x	
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x	
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x	
17	17+	17+				17k				17k				17k			
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x	
19			19x	19x			19x	19x			19x	19x			19x	19x	
20		20x	20x			20k				20k				20k			
21			21x	21x		?21x	21x				21x	21x			21x	21x	
22	22+	22+				22k				22k				22k			
23			23x	23x				23k		?23k				?23k			

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 9а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 21, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

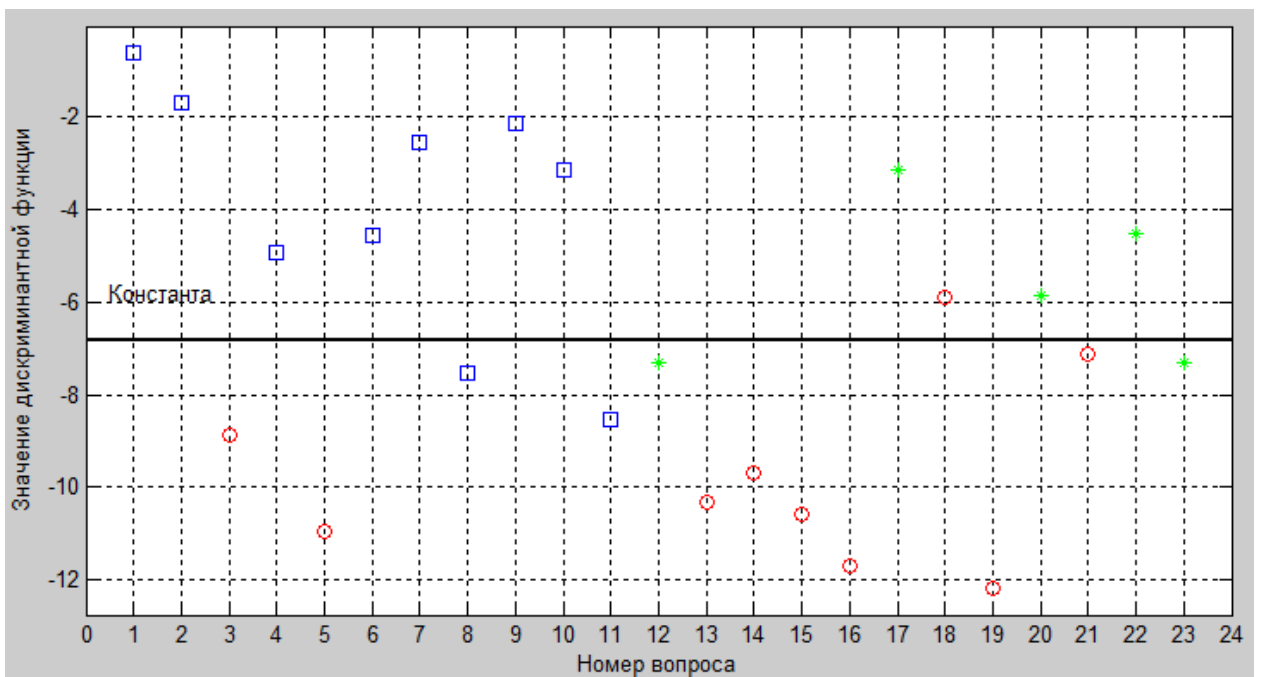
а)

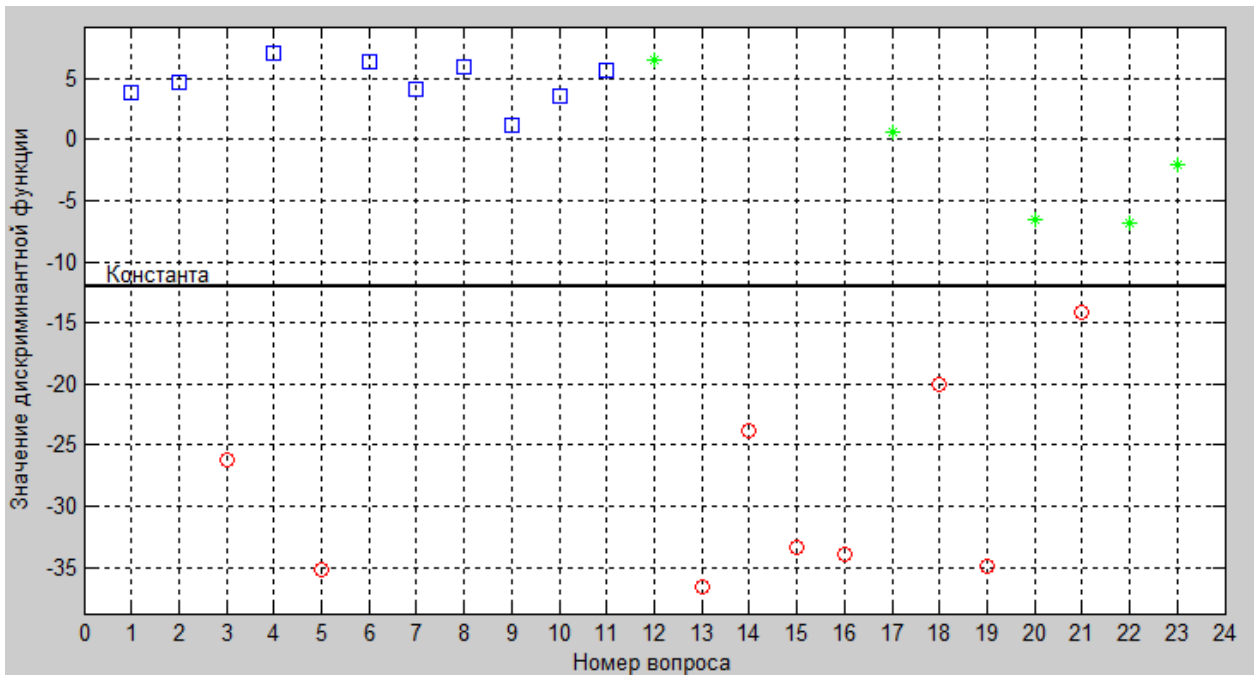
9x9



б)

3x9





□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 9 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 6

Данный анализ показывает, что разделение на группы у исследуемого 6 необходимо осуществлять с применением матрицы 9x9.

Исследуемому 7 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 25.

Таблица Е. 25 – Таблица вопросов, исследуемый 7

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало,с	Конец,с
1	Вас зовут Алексей?	да	00:06	00:08	6	8
2	Вам 26?	да	00:43	00:45	43	45
3	У вас есть хобби?	да	01:19	01:21	79	81
4	У вас есть секреты?	да	01:54	01:56	114	116
5	У вас есть секреты?	нет	02:29	02:31	149	151
6	Вы крали деньги у родителей?	да	03:04	03:06	184	186
7	Вы мучили животных?	нет	03:40	03:42	220	222
8	Вы видели как убивают животных?	да	04:16	04:18	256	258
9	Вы много читаете?	нет	04:51	04:53	291	293
10	Вас кто-нибудь бросали?	да	05:16	05:18	316	318
11	Вы счастливы?	да	05:51	05:54	351	354
12	Кто-нибудь из ваших близких умер?	да	06:26	06:28	386	388
13	Вас били в детстве?	да	07:01	07:04	421	424
14	Вы проголодались?	да	07:36	07:39	456	459
15	Вам изменила девушка?	нет	08:11	08:14	491	494
16	Есть ли у вас настоящий враг?	да	08:47	08:50	527	530
17	Вас часто унижают?	нет	09:22	09:25	562	565
18	С вами поступали несправедливо?	да	09:58	10:02	598	602
19	Вы готовы продолжать?	да	10:33	10:35	633	635
20	Вы совершали мерзкие поступки?	да	11:10	11:13	670	673
21	Вас радуют неудачи соперников?	да	11:43	11:46	703	706
22	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	нет	12:20	12:23	740	743
23	Вы хоронили близких людей?	да	12:42	12:44	773	776
24	Есть ли среди ваших знакомых мерзкий человек?	да	13:31	13:34	811	814
25	Вы принимали запрещенные вещества?	нет	14:04	14:06	844	846

В таблице Е. 26 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 7, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица Е. 26 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	430 0	400 0	340 0	340 0	330 0	230 0	390 0	275 0	310 0	250 0	200 0	200 0	125 0	100 0	257 0	250 0	220 0	220 0	190 0	165 0	93 0	90 0	800 0	121 0	160 0
<i>Изменение ЧСС</i>	- 11,9	+6	-5	-21	- 15,7	8,5	5,5	-15	11	7	-18	- 11,5	14	4,5	-22	16	-9	3	-11	-12	6	5	-23	7	8
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	0	67	55	0	20	35	30	0	50	25	0	0	40	35	25	50	0	0	0	0	0	0	30	0	0
<i>Скачок на ЭЭГ</i>	0	0	0	0	34	30	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	30	0	15	0	0	0	0	0	0
<i>Время реакции КГР, с</i>	4	5,5	3	4	4	3	4,5	3	4	3,0	3,2	3,3	2,7	3,3	2,7	2,7	3,0	5	3,0	4	2,7	1,7	2	2,5	2,3
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	0	0	2,8	0	0,5	6	0	0	7,4	0	0	0	4,6	0	0	9,6	0	0	0	0	0	0	14, 1	0	0
<i>Время до скачки ЭЭГ,</i>	0	0	0	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	0	9,5	0,65	0	2,5	0,7	7	0	2	1	0	0	0,85	3,5	3,6	0,9	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0
<i>Длительность скачка ЭЭГ, с</i>	0	0	4	0	2,7	0,4	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Изменение микропотенциала в</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 7.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 27, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 27 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 ΔU – КГР (мкВ)	-10.0528
2 Изменение ЧСС	3.7680
3 Размах ЭЭГ (мкВ)	3.2581
4 Скачок на ЭЭГ	-26.4172
5 Время реакции КГР (с)	40.4621
6 Время до реакции ЭЭГ (с)	-19.4494
7 Время до скачки ЭЭГ	10.1635
8 Длительность импульсов ЭЭГ (с)	-18.9868
9 Длительность скачка ЭЭГ (с)	13.3765
10 Изменение микропотенциалов	-12.9619

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 7 являются:

- Время реакции КГР (с): **40.4621**
- Скачок на ЭЭГ: **-26.4172**
- Время до реакции ЭЭГ (с): **-19.4494**
- Длительность импульсов ЭЭГ (с): **-18.9868**

В таблице Е. 28 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции.

Таблица Е. 28 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Ис х.	10x10				3x10				4x10				5x10				6x10				
	C=-1.1565				C=0.7626				C=-1.7849				C= -3.2389				C=0.2437				
	Pr=0.0295				Pr=0.2434				Pr=0.1842				Pr=0.1401				Pr=0.0746				
	D2=14.2575				D2=1.9352				D2=3.2353				D2=4.6657				D2=8.3208				
QN(+)=[1;2;3;4;8;9;11;19;22;24]; QS(x)=[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23]; QK(k)=[14;18;20;21;25];				QN(+)=[1;2;3;4;8;9;11;14;18;19]; QS(x)=[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23]; QK(k)=[20;21;22;24;25];				QN(+)=[1;2;3;4;8;9;11;14;18;19]; QS(x)=[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23]; QK(k)=[20;21;22;24;25];				QN(+)=[1;2;3;4;8;9;11;14;18;19]; QS(x)=[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23]; QK(k)=[20;21;22;24;25];				QN(+)=[1;2;3;4;8;9;11;14;18;19]; QS(x)=[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23]; QK(k)=[20;21;22;24;25];					
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS			
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.		
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+			
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+			
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x	
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x	
7			7x	7x		?7x	7x			?7x	7x			?7x	7x			7x	7x		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			
10			10x	10x		?10x	10x			?10x	10x			10x	10x			10x	10x		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+			
12			12x	12x			12x	12x			12x	12x			12x	12x			12x	12x	
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x	
14		14k			14+	14+			14+		?14+	14+			?14+	14+	14+				
15			15x	15x		?15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x		
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x	
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x	
18		18k			18+	18+			18+	18+			18+	18+			18+	18+			
19	19+	19+			19+		?19+	19+		?19+	19+		?19+	19+	19+			19+	19+		
20		20k				20k				20k				20k				20k			
21		21k				21k				21k						?21k		21k			
22	22+	22+					?22k			?22k					?22k				?22k		
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x	
24	24+	24+				24k				24k				24k			24k				
25		25k					?25k			?25k					?25k			25k			

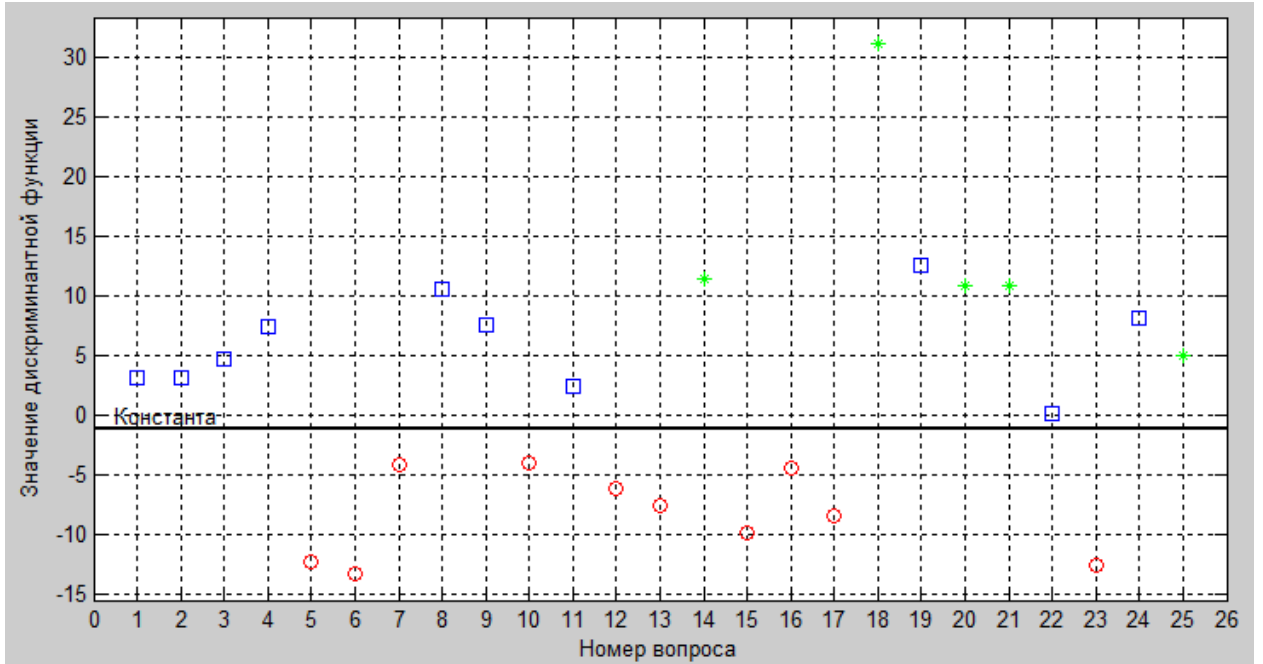
Продолжение таблицы Е. 28

	10x10				7x10				8x10				9x10			
	C=-1.1565				C=0.4769				C=0.4488				C=4.7167			
	Pr=0.0295				Pr=0.0706				Pr=0.0697				Pr=0.0504			
	D2=14.2575				D2=8.6584				D2=8.7371				D2=10.7675			
QN(+)= $[1;2;3;4;8;9;11;19;22;24];$ QS(x)= $[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23];$ QK(k)= $[14;18;20;21;25];$				QN(+)= $[1;2;3;4;8;9;11;14;18;19];$ QS(x)= $[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23];$ QK(k)= $[20;21;22;24;25];$				QN(+)= $[1;2;3;4;8;9;11;14;18;19];$ QS(x)= $[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23];$ QK(k)= $[20;21;22;24;25];$				QN(+)= $[1;2;3;4;8;9;11;14;18;19];$ QS(x)= $[5;6;7;10;12;13;15;16;17;23];$ QK(k)= $[20;21;22;24;25];$				
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7			7x	7x			7x	7x		?7x	7x			7x	7x	
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+			11+		?11+		11+		?11+		11+	11+		
12			12x	12x			12x	12x			12x	12x			12x	12x
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14		14k			14+	14+			14+	14+			14+	14+		
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18		18k			18+	18+			18+	18+			18+	18+		
19	19+	19+			19+	19+			19+	19+			19+	19+		
20		20k				20k				20k				20k		
21		21k				21k				21k				21k		
22	22+	22+					?22k				?22k				?22k	
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x
24	24+	24+				24k				24k				24k		
25		25k				25k				25k				25k		

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 10а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 25, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

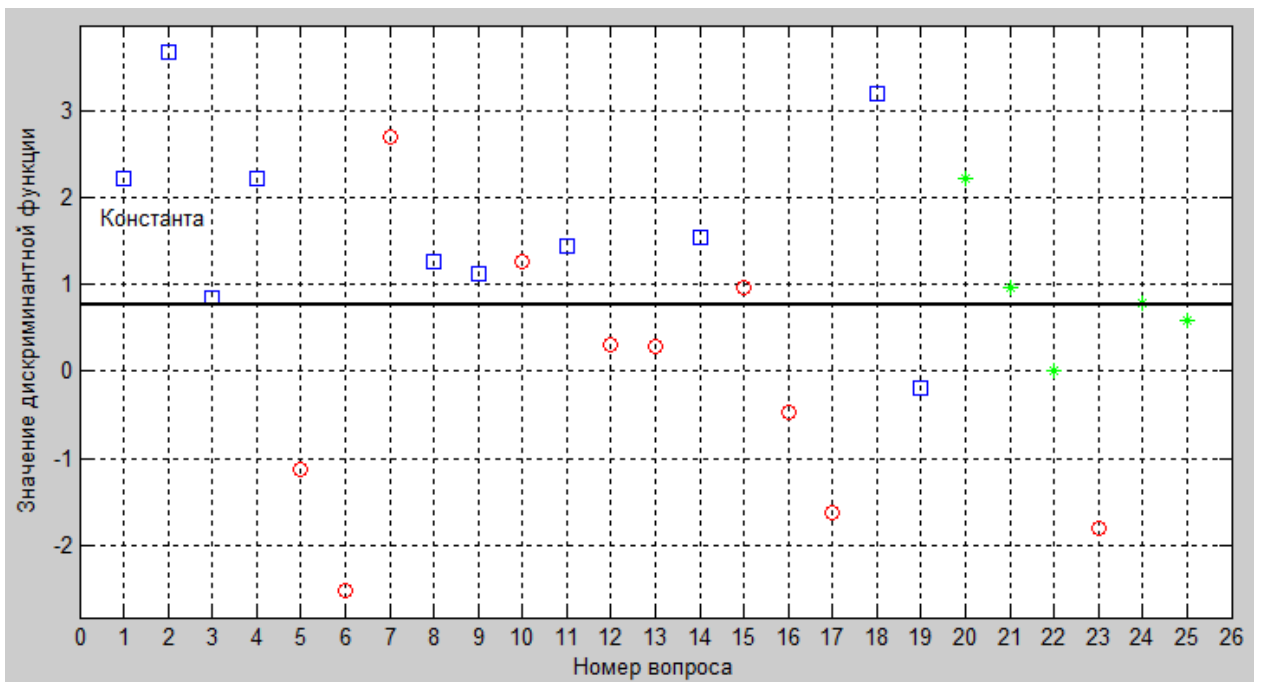
а)

10x10

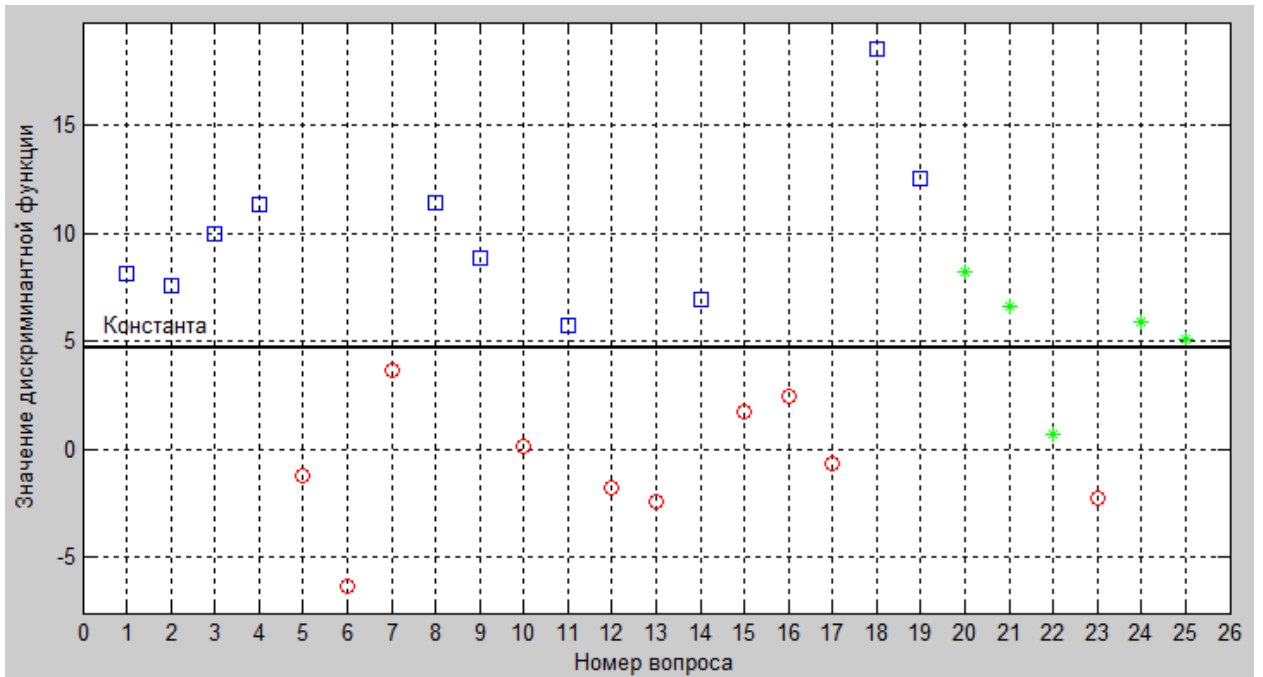


б)

3x10



в)



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 10 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 7

Данный анализ показывает, что разделение на группы у исследуемого 7 необходимо осуществлять с применением матрицы 10x10.

Исследуемому 8 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 29.

Таблица Е. 29 – Таблица вопросов, исследуемый 8

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало,с	Конец,с
1	Вас зовут Евгений?	да	00:05	00:07	5	7
2	Вам 24?	да	00:29	00:33	29	33
3	У вас есть хобби?	да	01:06	01:08	66	68
4	У вас есть секреты?	да	01:38	01:42	98	102
5	Вы смотрите эротические фильмы?	да	02:06	02:09	126	129
6	Вы крали деньги у родителей?	нет	02:37	02:40	157	160
7	Вы мучили животных?	нет	03:07	03:10	187	190
8	Вы видели как убивают животных? -	нет	03:37	03:44	217	224
9	Вы много читаете?	нет	04:06	04:09	246	249
10	Вас кто-нибудь бросал?	да	04:36	04:40	276	280
11	Вы счастливы? +	да	05:06	05:09	306	309
12	Кто-нибудь из ваших близких умер? +	да	05:35	05:39	335	339
13	Вас били в детстве? +	нет	06:05	06:09	365	367
14	Вы проголодались?	да	06:32	06:35	392	395
15	Вам изменила девушка?	нет	07:06	07:09	426	429
16	Есть ли знакомые которые вас раздражают?	да	07:36	07:40	456	460
17	Вам указывают как жить?	нет	08:00	08:04	481	484
18	С вами поступали несправедливо?	да	08:37	08:40	517	520
19	Вы готовы продолжать?	да	09:06	09:09	546	549
20	Вы совершали мерзкие поступки?	нет	09:36	09:39	576	579
21	Вас радуют неудачи соперников?	да	10:08	10:14	608	614
22	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	нет	10:33	10:37	633	637
23	Вы хоронили близких людей?	да	11:05	11:11	665	671
24	Вы принимали запрещенные вещества?	да	11:57	12:02	717	722
25	Вы хотите получить шоколадку после тестирования?	да	12:27	12:31	747	751
26	Вы не получите шоколадку после тестирования.вы согласны с этим?	нет	12:52	12:58	772	778

В таблице Е. 30 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 8, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица Е. 30 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	310 0	210 0	130 0	240 0	320 0	250 0	200 0	183 0	270 0	136 0	200 0	220 0	175 0	170 0	180 0	187 0	182 0	390	167 0	410 0	365 0	140 0	410 0	297 0	200 0	115 0
<i>Изменение ЧСС</i>	-14	7	0	-7	-9	14	-2,5	-12	-6,2	0	-8	0	4	-2,5	-16	-4	0	-9,5	-5	-4	0	12	-8	-9,2	6	+12, 5
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	180	700	400	120	175	150	90	900	300	120	0	110	450	125	100 0	0	120	160	340	110	500	150	250	50	125	150
<i>Скачок на ЭЭГ</i>	150	0	0	450	225	200	0	0	0	200	0	0	0	650	350	120	200	0	0	150	200	0	650	250	300	400
<i>Время реакции КГР, с</i>	5,6	7	3,5	4	3,5	3,5	4	4	4,3	4	4	4,5	4	7	5,8	3,6	4	3	4,2	4	10,5	4	9	5	4	6
<i>Время до реакции импульсов ЭЭГ, с</i>	18,1	11,7	18,8	2,7	18,8	14,5	14,7	1,5	0,7	14,9	24,8	8,9	1,1	0,3	13,7	0	1,8	13,2	15,2 5	1,3	0,1	0,3	1	1	0,5	2
<i>Время до скачков на ЭЭГ, с</i>	1,2	0	0	3	16	19	0	0	0	16	0	0	0	0	0,5	2	0	0	0	10,5	5	0	0	1	0	0
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	1,2	14	1,5	4,4	0,35	4,2	0,07	5	0,6	2,1	2,0	0,4	1,9	6,5	6,0	0	4,0	3,7	2,4	0,3	2,3	1,4	7,5	7,0	16	10
<i>Длительность скачков на ЭЭГ, с</i>	2,5	0	0	1	1,8	1,4	0	0	0	1	0	0	0	0,4	0,5	1	1,6	0	0	0,7	4	0	1,8	0,5	0,5	2

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 8.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 31, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 31 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 ΔU – КГР (мкВ)	-9.6773
2 Изменение ЧСС	-4.2295
3 Размах ЭЭГ (мкВ)	-11.5741
4 Размах скачка на ЭЭГ (мкВ)	-24.0551
5 Время реакции КГР (с)	34.0674
6 Время до реакции импульсов ЭЭГ (с)	4.1930
7 Время до скачка на ЭЭГ (с)	1.9725
8 Длительность импульсов ЭЭГ (с)	-11.3665
9 Длительность скачка на ЭЭГ (с)	-5.3485

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 8 являются:

- Время реакции КГР (с): **34.0674**
- Скачок на ЭЭГ: **-24.0551**
- Размах ЭЭГ (мкВ): **-11.5741**
- Длительность импульсов ЭЭГ (с): **-11.3665**

В таблице Е. 32 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице Е. 33 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 5 наиболее значимых параметров: время реакции КГР (с); скачок на ЭЭГ; размах ЭЭГ (мкВ); длительность импульсов ЭЭГ (с); ΔU – КГР (мкВ).

Таблица Е. 32 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	9x9				3x9				4x9				5x9			
	C=-11.3457				C=-3.1565				C=-3.1806				C=-16.9641			
	Pr=0.0265				Pr=0.0955				Pr=0.0886				Pr=0.0192			
	D2=14.9836				D2=6.8385				D2=7.2866				D2=17.1567			
	QN(+)=[1;2;7;9;10;11;16;19;22]; QS(x)=[4;6;8;15;17;23;24;25;26]; QK(k)=[3;5;12;13;14;18;20;21];				QN(+)=[1;2;3;7;9;10;11;12;13]; QS(x)=[4;5;6;8;14;15;17;20;23]; QK(k)=[16;18;19;21;22;24;25;26];				QN(+)=[1;2;3;7;9;10;11;12;13]; QS(x)=[4;5;6;8;14;15;17;20;23]; QK(k)=[16;18;19;21;22;24;25;26];				QN(+)=[1;2;3;7;9;10;11;12;13]; QS(x)=[4;5;6;8;14;15;17;20;23]; QK(k)=[16;18;19;21;22;24;25;26];			
	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3		3k			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+			?10+	10+			?10+	10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13		13k			13+	13+			13+	13+			13+	13+		
14				14k			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16	16+	16+				16k				16k				16k		
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18		18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20				20k		?20x	20x			?20x	20x				20x	20x
21		21k				21k				21k				21k		
22	22+	22+				22k				22k				22k		
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x
24			24x	24x		?24k					24k				24k	
25			25x	25x				25k			25k				25k	
26			26x	26x				26k			26k				26k	

Продолжение таблицы Е. 32

Исх.	9x9				6x9				7x9				8x9			
	C=-11.3457				C=-17.1920				C=-17.6700				C=-15.0175			
	Pr=0.0265				Pr=0.0187				Pr=0.0181				Pr=0.0149			
	D2=14.9836				D2=17.3161				D2=17.5393				D2=18.8890			
QN(+)= [1;2;7;9;10;11;16;19;22]; QS(x)= [4;6;8;15;17;23;24;25;26]; QK(k)= [3;5;12;13;14;18;20;21];				QN(+)= [1;2;3;7;9;10;11;12;13]; QS(x)= [4;5;6;8;14;15;17;20;23]; QK(k)= [16;18;19;21;22;24;25;26];				QN(+)= [1;2;3;7;9;10;11;12;13]; QS(x)= [4;5;6;8;14;15;17;20;23]; QK(k)= [16;18;19;21;22;24;25;26];				QN(+)= [1;2;3;7;9;10;11;12;13]; QS(x)= [4;5;6;8;14;15;17;20;23]; QK(k)= [16;18;19;21;22;24;25;26];				
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3		3k			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13		13k			13+	13+			13+	13+			13+	13+		
14				14k			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16	16+	16+				16k				16k				16k		
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18		18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20				20k			20x	20x			20x	20x			20x	20x
21		21k				21k				21k				21k		
22	22+	22+				22k				22k				22k		
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x
24			24x	24x				24k				24k				24k
25			25x	25x				25k				25k				25k
26			26x	26x				26k				26k				26k

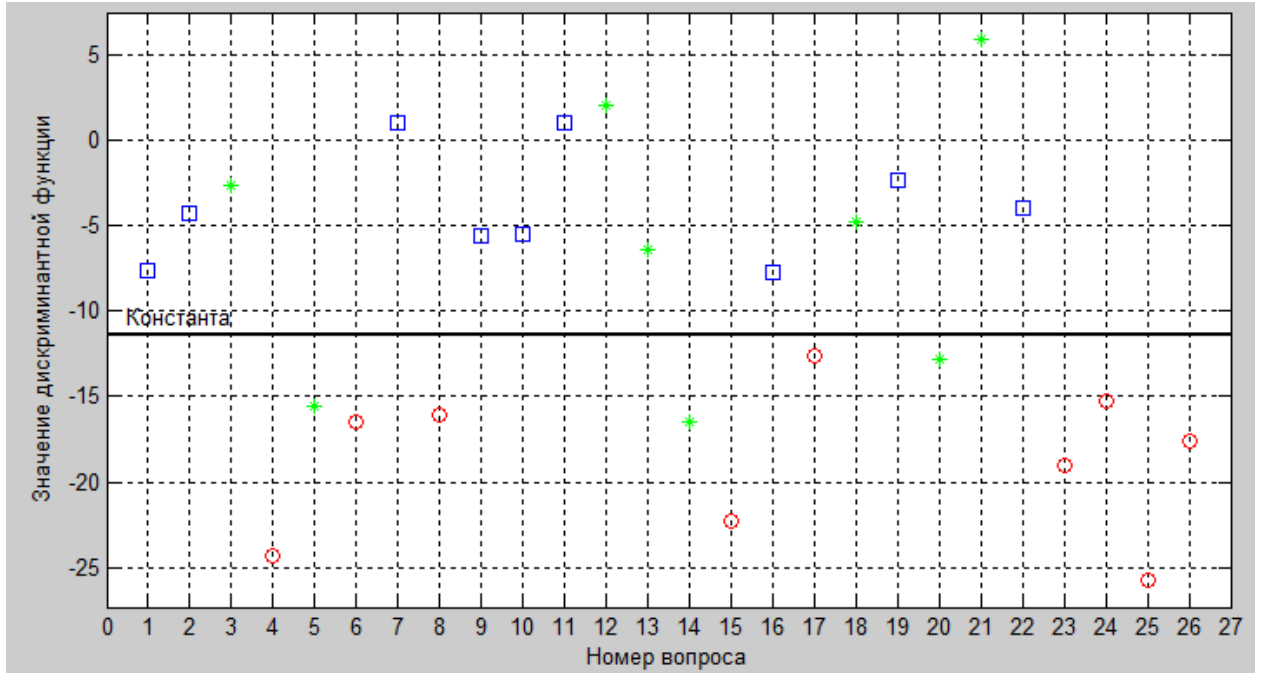
Таблица Е. 33 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

Ис х.	9x9				5x8				5x7				5x6				5x5			
	C=-11.3457				C=-14.5129				C=-12.7969				C=-22.1738				C=-23.7124			
	Pr=0.0265				Pr=0.0247				Pr=0.0284				Pr=0.0117				Pr=0.0057			
	D2=14.9836				D2=15.4483				D2=14.5071				D2=20.5557				D2=25.6568			
	QN(+)=[1;2;7;9;10;11;16;19;22]; QS(x)=[4;6;8;15;17;23;24;25;26]; QK(k)=[3;5;12;13;14;18;20;21]				QN(+)=[1;2;3;7;9;10;11;12]; QS(x)=[4;5;6;8;14;15;17;20]; QK(k)=[13;16;18;19;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;2;3;7;9;10;11]; QS(x)=[4;5;6;8;14;15;17]; QK(k)=[12;13;16;18;19;20;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;2;3;7;9;10]; QS(x)=[4;5;6;8;14;15]; QK(k)=[11;12;13;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;2;3;7;9]; QS(x)=[4;5;6;8;14]; QK(k)=[10;11;12;13;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26];			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх	Рез.	Исх	Рез.	Исх	Рез.	Исх	Рез.	Исх	Рез.	Исх	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3		3k			3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5				5k			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+				10k		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+				11k				11k		
12		12k			12+	12+				12k				12k				12k		
13		13k				13k				13k				13k				13k		
14				14k			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x				15k
16	16+	16+				16k				16k				16k				16k		
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			?17k				?17k	
18		18k				18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k				19k		
20				20k			20x	20x			20k						20k			20k
21		21k				21k				21k				21k				21k		
22	22+	22+				22k				22k				22k				22k		
23			23x	23x				23k			23k				23k					23k
24			24x	24x				24k			24k				24k					24k
25			25x	25x				25k			25k				25k					25k
26			26x	26x				26k			26k				?26k					26k

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 11 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 29, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

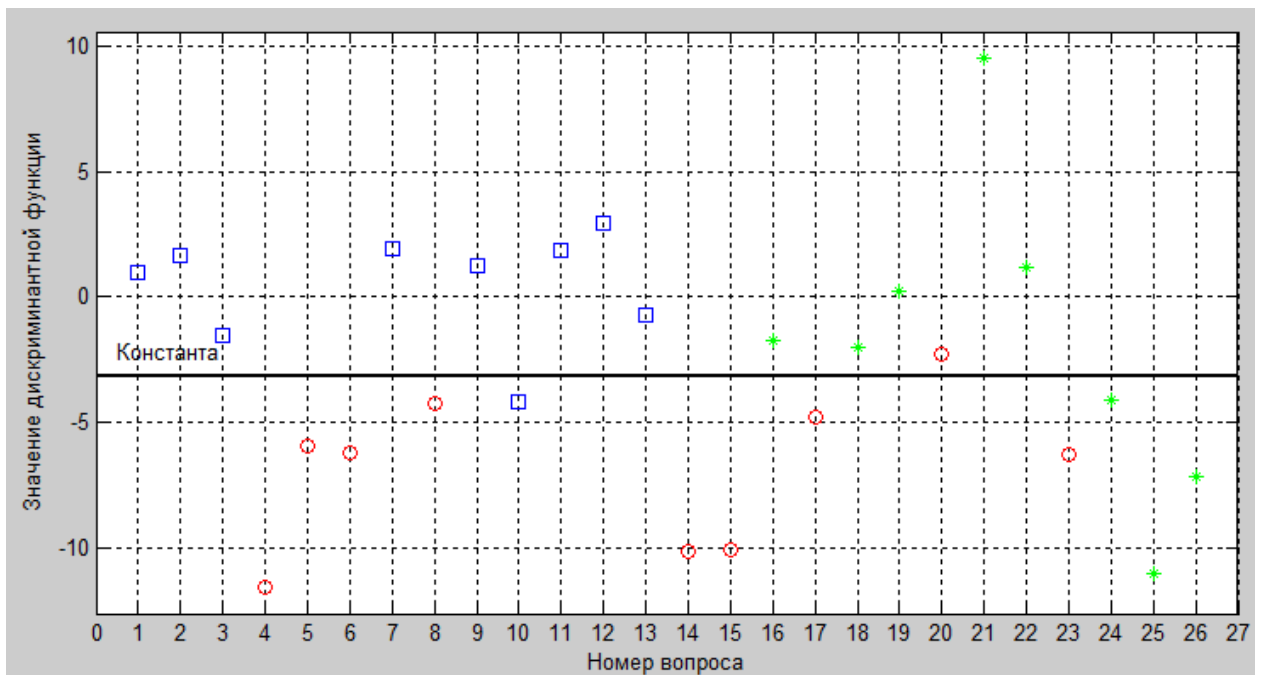
а)

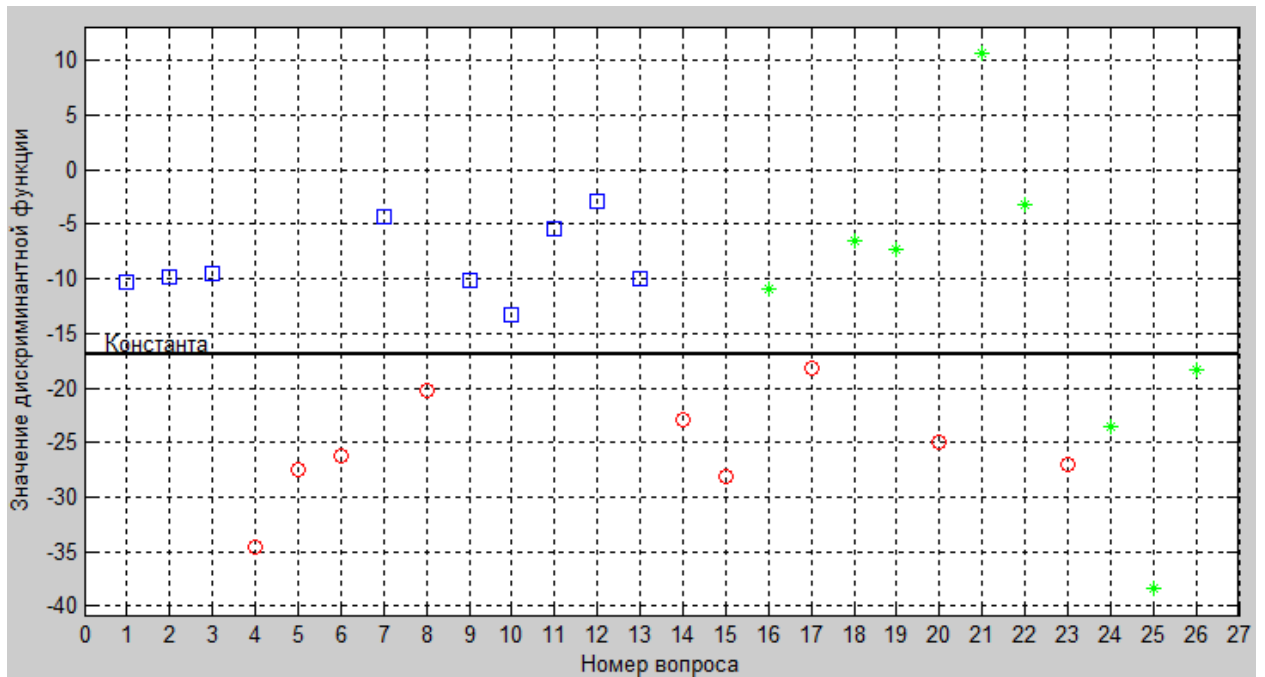
9x9



б)

4x9





□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 11 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 8

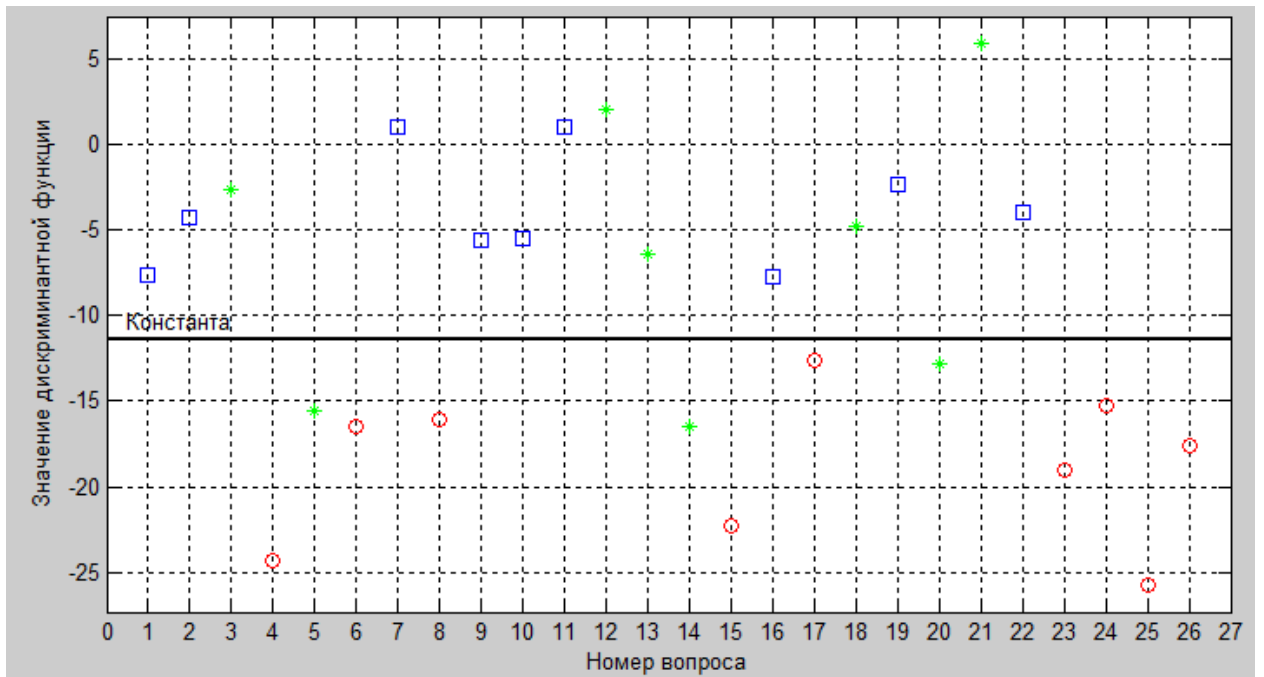
Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 9 до 5 при постоянном числе вопросов, равном 9.

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 12 а, б, в, г. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 29, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

256

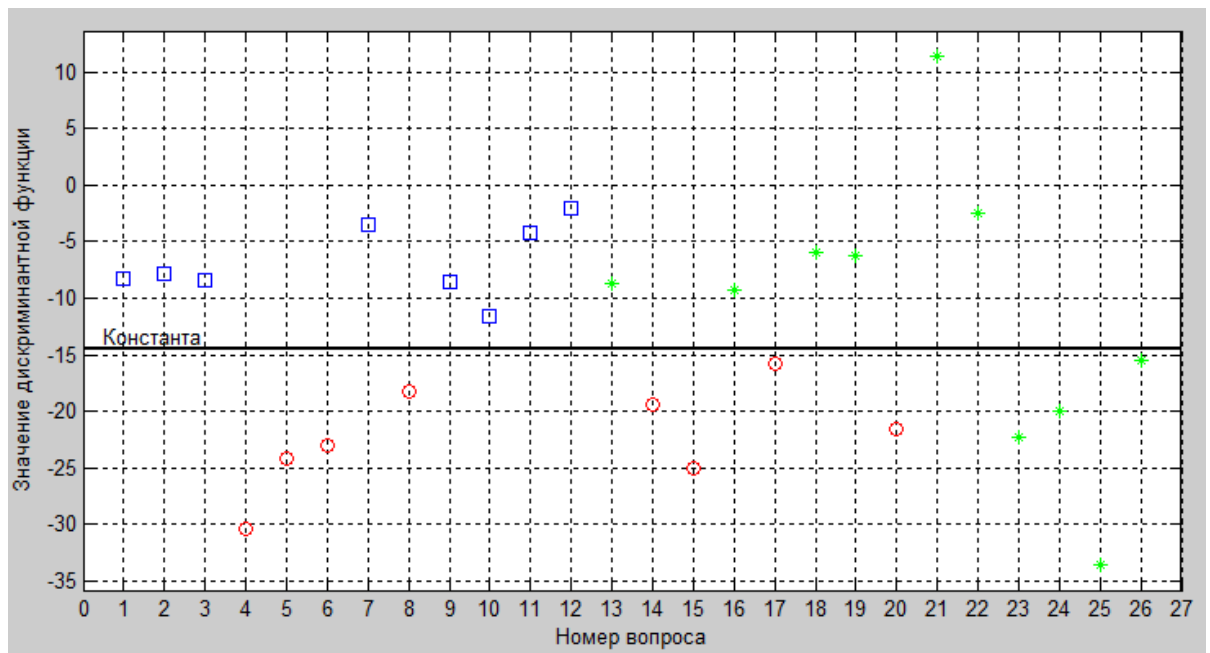
a)

9x9

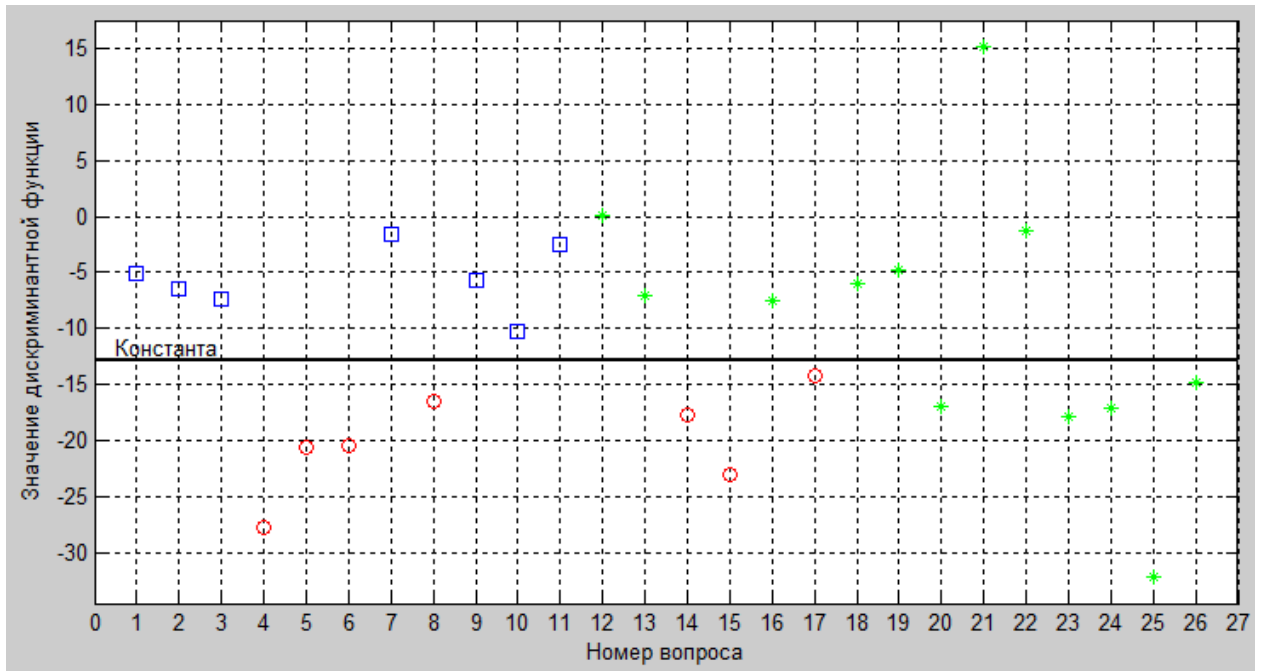


б)

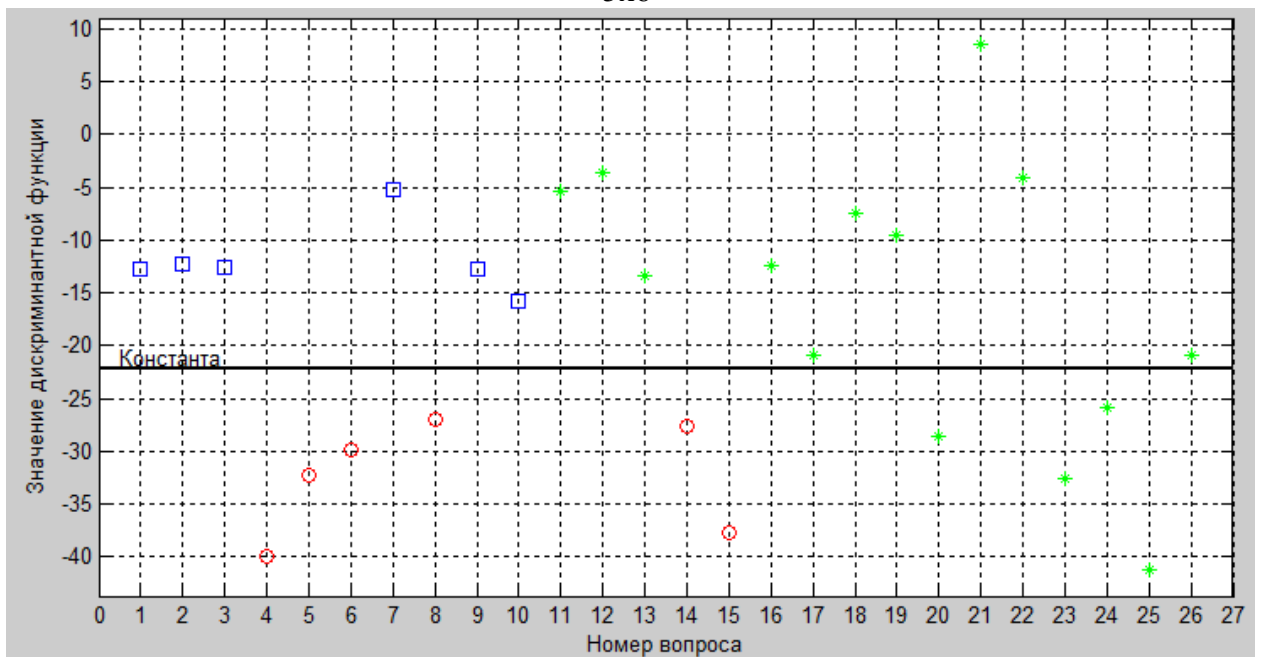
5x8



в)
5x7



г)
5x6



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 12 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 8

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 8 возможно при использовании 5-х наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 7. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

Исследуемому 9 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 34.

Таблица Е. 34 – Таблица вопросов, исследуемый 9

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало,с	Конец,с
1	Вас зовут Артём?	да	00:07	00:08	7	8
2	Вам 23?	да	00:37	00:39	37	39
3	У вас есть хобби?	да	01:09	01:11	69	71
4	У вас есть секреты?	да	01:38	01:41	98	101
5	Вы смотрите эротические фильмы?	да	02:10	02:12	130	132
6	Вы крали деньги у родителей?	да	02:40	02:43	160	163
7	Вы мучили животных?	да	03:12	03:15	192	195
8	Вы видели как убивают животных?	да	03:45	03:47	225	227
9	Вы много читаете?	да	04:14	04:17	254	257
10	Вас кто-нибудь бросал?	да	04:44	04:48	284	288
11	Вы счастливы?	да	05:16	05:18	316	318
12	Кто-нибудь из ваших близких умер?	да	05:46	05:50	346	350
13	Вас били в детстве?	да	06:17	06:20	377	380
14	Вы проголодались?	нет	06:48	06:52	408	412
15	Вам изменила девушка?	нет	07:19	07:22	439	442
16	Вас напрягает ваш руководитель?	да	07:48	07:54	468	474
17	Вас часто унижают?	нет	08:18	08:20	498	500
18	С вами поступали несправедливо?	нет	08:48	08:52	528	532
19	Вы готовы продолжать?	да	09:24	09:27	564	567
20	Вы совершали мерзкие поступки?	нет	09:52	09:54	592	594
21	Вас радуют неудачи соперников?	нет	10:20	10:26	620	626
22	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	нет	10:50	10:54	650	654
23	Вы хоронили близких людей?	да	11:19	11:22	679	682
24	Есть ли среди ваших знакомых мерзкий человек?	да	11:51	11:56	711	716
25	Вы принимали запрещенные вещества?	да	12:22	12:26	742	746

В таблице Е. 35 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 9, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

Таблица Е. 35 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	269 0	175 0	118 0	228 0	313 0	234 0	740	860	750	150 0	910	610	750	430	950	157 0	900	660	-190	640	143 0	240	430	540	870
<i>Изменение ЧСС</i>	6	11	- 26,1	+25	-16	- 25,8	5.5	+9,5	-8,9	-25	-31	-19	- 26,7	+11	- 32,9	- 15,9	-22	19	-23	-28	-10	-14	- 30,4	-6	- 25,8
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	80	0	0	400	370	0	0	0	0	300	0	0	300	0	160	400	300	145	0	260	0	60	0	360	280
<i>Размах скачка ЭЭГ-1, мкВ</i>	-80	0	0	750	0	400	700	650	300	400	0	0	200	0	150	0	380	0	0	0	0	0	0	350	0
<i>Размах скачка ЭЭГ-2, мкВ</i>	0	0	0	0	0	550	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Время реакции КГР, с</i>	1,7	1,2	1,2	1,2	1,6	1,4	1,5	1,5	1,8	1,5	1,2	1,4	0,9	2	1,2	5,6	1	1,0	2,7	1,0	1,5	3	2,2	3,9	1,2
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	1	0	0	6,5	11,1	0	0	0	0	15	0	0	17	0	1,5	15	4,5	2,7	0	3,2	0	4,5	0	10	5,3
<i>Длительность скачка ЭЭГ-1, с</i>	1,5	0	0	2,2	0	3	1,5	1,5	1	1,5	0	0	1,1	0	1,5	0	1	0	0	0	0	0	0	2,5	0
<i>Длительность скачка ЭЭГ-2, с</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 9.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 36, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 36 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 deltaU – КГР (мкВ)	4.1904
2 Изменение ЧСС	-2.0964
3 Размах ЭЭГ (мкВ)	-11.9231
4 Размах скачка ЭЭГ-1 (мкВ)	-14.1046
5 Размах скачка ЭЭГ-2, мкВ	-4.0000
6 Время реакции КГР, с	-1.7783
7 Длительность импульсов ЭЭГ, с	-7.4444
8 Длительность скачка ЭЭГ-1, с	-10.4349
9 Длительность скачка ЭЭГ-2, с	-5.0000

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 9 являются:

- Размах скачка ЭЭГ-1 (мкВ): **-14.1046**
- Размах ЭЭГ (мкВ): **-11.9231**
- Длительность скачка ЭЭГ-1, с: **-10.4349**
- Длительность импульсов ЭЭГ, с: **-7,4444**

В таблице Е. 37 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции.

Таблица Е. 37 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	9x9				3x9				4x9				5x9			
	C=-12.6028				C=-4.6944				C=-5.5119				C=-7.3828			
	Pr=0.0086				Pr=0.0869				Pr=0.0612				Pr=0.0359			
	D2=22.6877				D2=7.3979				D2=9.5462				D2=12.9607			
	QN(+)= $[2;3;11;12;14;19;21;22;23]$; QS(x)= $[4;6;7;10;13;15;16;17;24]$; QK(k)= $[1;5;8;9;18;20;25]$;				QN(+)= $[1;2;3;11;12;14;18;19;20]$; QS(x)= $[4;5;6;7;8;9;10;13;15]$; QK(k)= $[16;17;21;22;23;24;25]$;				QN(+)= $[1;2;3;11;12;14;18;19;20]$; QS(x)= $[4;5;6;7;8;9;10;13;15]$; QK(k)= $[16;17;21;22;23;24;25]$;				QN(+)= $[1;2;3;11;12;14;18;19;20]$; QS(x)= $[4;5;6;7;8;9;10;13;15]$; QK(k)= $[16;17;21;22;23;24;25]$;			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1		1k				1+	1+			1+	1+			1+	1+	
2	2+	2+				2+	2+			2+	2+			2+	2+	
3	3+	3+				3+	3+			3+	3+			3+	3+	
4			4x	4x				4x	4x			4x	4x			
5				5k		?5x	5x			?5x	5x			5x	5x	
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	
7			7x	7x			7x	7x			7x	7x			7x	
8				8k			8x	8x			8x	8x			8x	
9				9k			9x	9x			9x	9x			9x	
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	
11	11+	11+				11+	11+			11+	11+			11+	11+	
12	12+	12+				12+	12+			12+	12+			12+	12+	
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	
14	14+	14+				14+	14+			14+	14+			14+	14+	
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x		?15x	15x	
16			16x	16x		?16k						16k			16k	
17			17x	17x				17k				17k			17k	
18		18k				18+	18+			18+	18+			18+	18+	
19	19+	19+				19+	19+			19+	19+			19+	19+	
20		20k				20+	20+			20+	20+			20+	20+	
21	21+	21+					21k				21k				21k	
22	22+	22+					22k				22k				22k	
23	23+	23+					23k				23k				23k	
24			24x	24x				24k				24k			24k	
25		25k					25k				25k				25k	

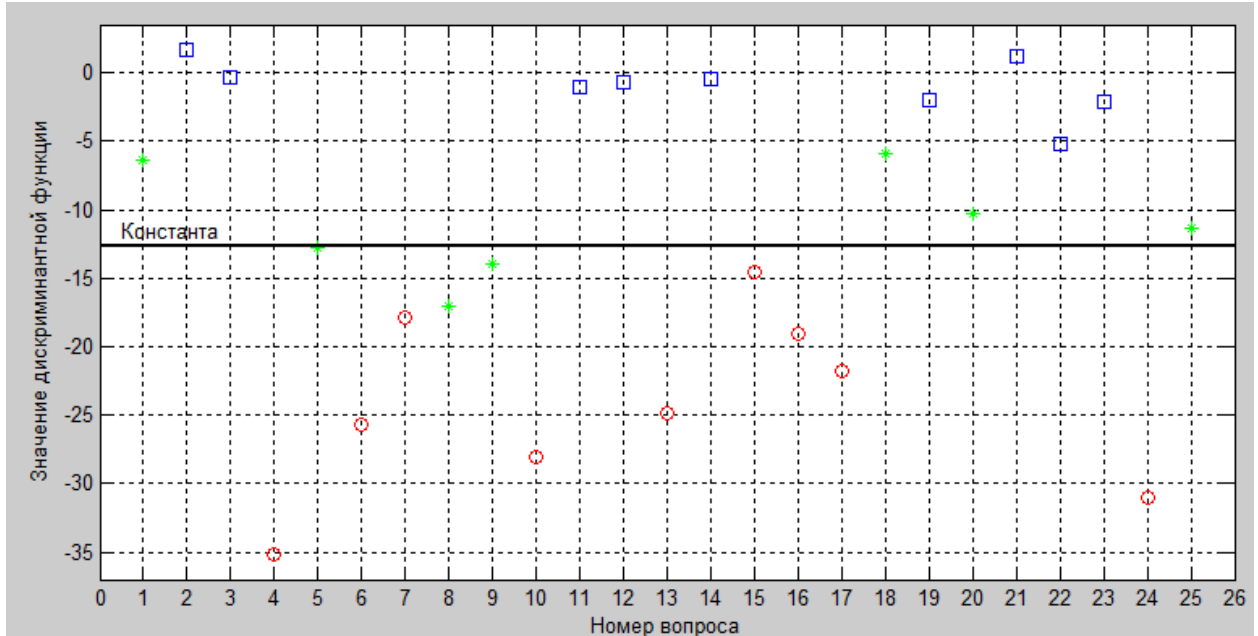
Продолжение таблицы Е. 37

Исх.	9x9				6x9				7x9				8x9				
	C=-12.6028				C=-7.4383				C=-8.1588				C=-9.7184				
	Pr=0.0086				Pr=0.0359				Pr=0.0317				Pr=0.0304				
	D2=22.6877				D2=12.9647				D2=13.7898				D2=14.0631				
QN(+)=[2;3;11;12;14;19;21;22;23]; QS(x)=[4;6;7;10;13;15;16;17;24]; QK(k)=[1;5;8;9;18;20;25];				QN(+)=[1;2;3;11;12;14;18;19;20]; QS(x)=[4;5;6;7;8;9;10;13;15]; QK(k)=[16;17;21;22;23;24;25];				QN(+)=[1;2;3;11;12;14;18;19;20]; QS(x)=[4;5;6;7;8;9;10;13;15]; QK(k)=[16;17;21;22;23;24;25];				QN(+)=[1;2;3;11;12;14;18;19;20]; QS(x)=[4;5;6;7;8;9;10;13;15]; QK(k)=[16;17;21;22;23;24;25];					
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS			
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.		
1		1k				1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+				2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+				3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x				4x	4x			4x	4x			4x	4x
5				5k				5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x				6x	6x			6x	6x			6x	6x
7			7x	7x				7x	7x			7x	7x			7x	7x
8				8k				8x	8x			8x	8x			8x	8x
9				9k				9x	9x			9x	9x			9x	9x
10			10x	10x				10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+				11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12	12+	12+				12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x				13x	13x			13x	13x			13x	13x
14	14+	14+				14+	14+			14+	14+			14+	14+		
15			15x	15x			?15x	15x			?15x	15x			?15x	15x	
16			16x	16x					16k				16k				16k
17			17x	17x					17k				17k				17k
18		18k				18+	18+			18+	18+			18+	18+		
19	19+	19+				19+	19+			19+	19+			19+	19+		
20		20k				20+	20+			20+	20+			20+	20+		
21	21+	21+					21k				21k				21k		
22	22+	22+					22k				22k				22k		
23	23+	23+					23k				23k				23k		
24			24x	24x					24k				24k				24k
25		25k					25k				25k				25k		

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 13 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 34, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

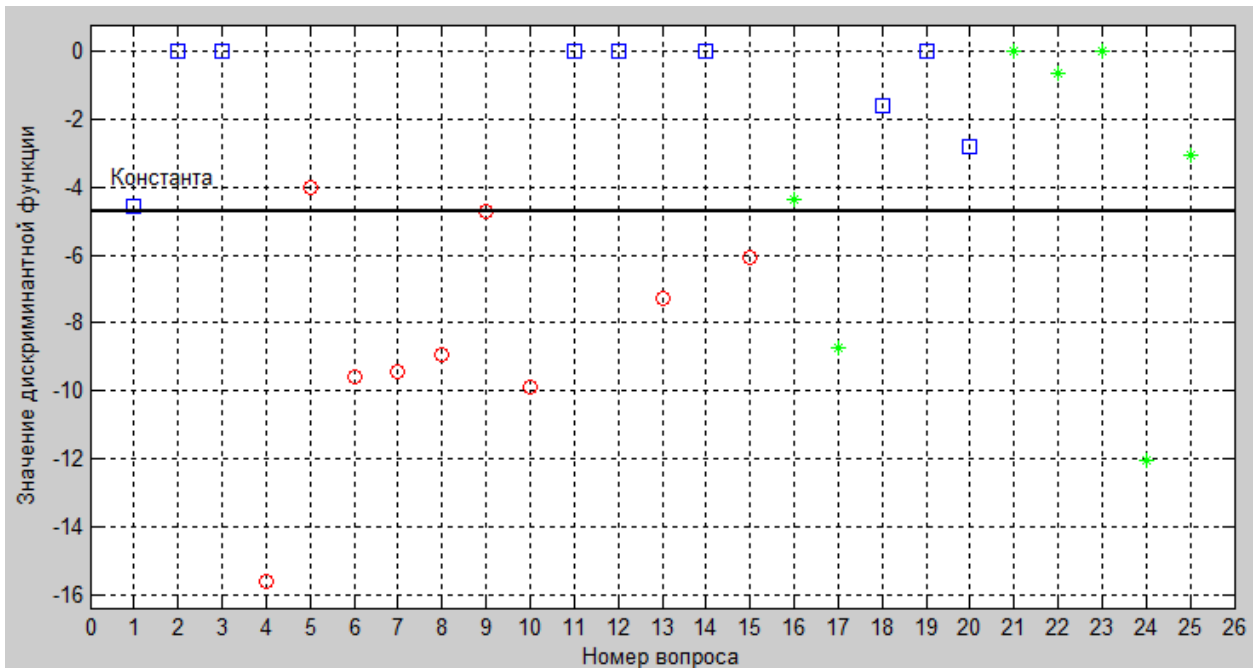
а)

9x9



б)

3x9



в)

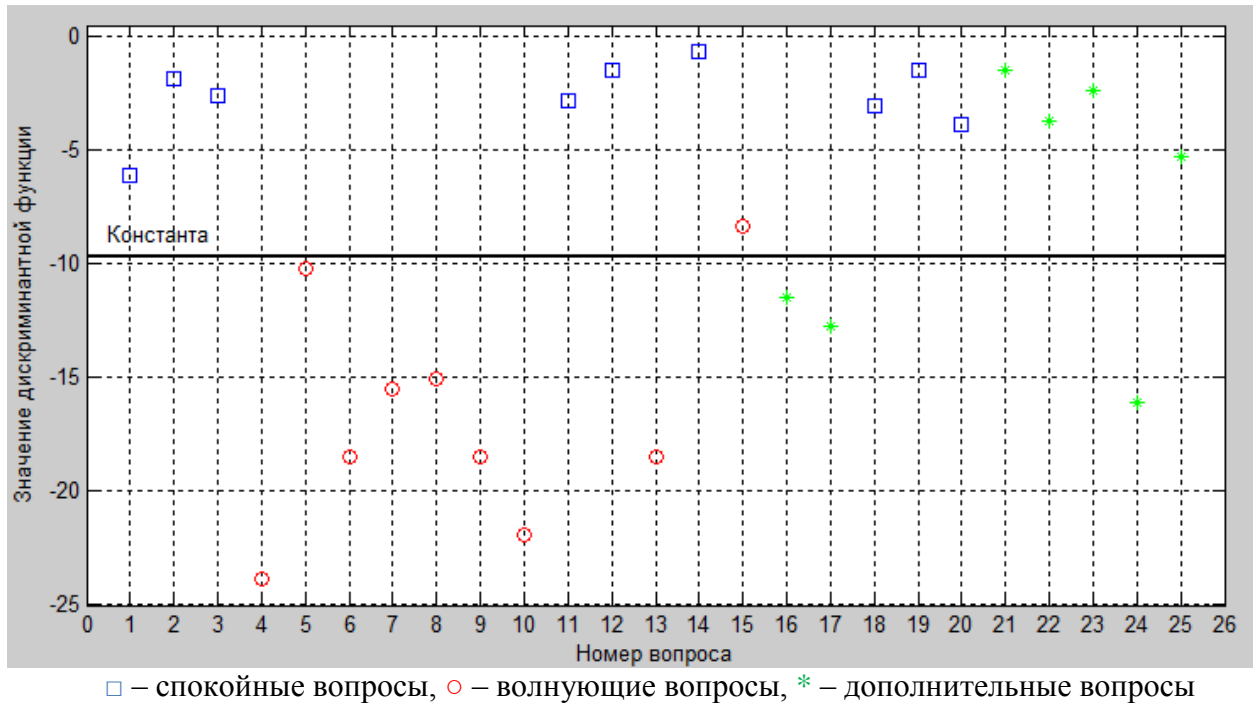


Рисунок Е. 13 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 9.

Данный анализ показывает, что разделение на группы вопросов при исследовании исследуемого 9 возможно только с применением матрицы 9x9.

Исследуемому 10 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 38.

Таблица Е. 38 – Таблица вопросов, исследуемый 10

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин, с	Конец, мин, с	Начало, с	Конец, с
1	Вас зовут Андрей?	да	00:12	00:14	12	14
2	Вам 23?	да	00:40	00:43	40	43
3	У вас есть хобби?	да	01:13	01:16	73	76
4	У вас есть секреты?	да	01:42	01:44	102	104
5	Вы смотрите эротические фильмы?	да	02:13	02:16	133	136
6	Вы крали деньги у родителей?	нет	02:41	02:45	161	165
7	Вы мучили животных?	нет	03:13	03:15	193	195
8	Вы видели как убивают животных?	да	03:40	03:46	220	226
9	Вы много читаете?	да	04:14	04:17	254	257
10	Вас кто-нибудь бросал?	да	04:41	04:44	281	284
11	Вы счастливы?	да	05:12	05:16	312	316
12	Кто-нибудь из ваших близких умер?	нет	05:49	05:52	349	352
13	Вас били в детстве?	да	06:17	06:20	377	380
14	Вы проголодались?	да	06:44	06:50	405	410
15	Вам изменила девушка?	нет	07:19	07:22	439	442
16	Есть ли знакомые, которые вас раздражают?	да	07:50	07:53	470	473
17	Вам указывают как жить?	да	08:09	08:13	489	493
18	С вами поступали несправедливо?	да	08:49	08:54	529	534
19	Вы готовы продолжать?	да	09:17	09:20	557	560
20	Вы совершали мерзкие поступки?	да	09:45	09:48	585	588
21	Вас радуют неудачи соперников?	да	10:18	10:28	618	628
22	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	нет	10:48	10:50	648	650
23	Вы хоронили близких людей?	нет	11:19	11:22	679	682
24	У вас есть чувства к парням?	нет	11:43	11:46	703	706
25	Вы занимали деньги, и не возвращали их назад?	нет	12:23	12:26	743	746
26	Вам не возвращали деньги?	да	12:53	12:56	773	776
27	Вы хотите получить шоколадку после тестирования?	да	13:13	13:16	793	796

В таблице Е. 39 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 10, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица Е. 39 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	195 0	40 0	120 0	64 0	173 0	371 0	- 71 0	- 107 0	62 0	150 0	- 50 0	- 127 0	- 110 0	- 105 0	- 168 0	- 70 0	- 96 0	- 87 0	- 33 0	- 165 0	- 130 0	- 32 0	- 165 0	- 60 0	- 46 0	- 890 0	- 500 0
<i>Изменение ЧСС</i>	3,5	+4	-5	- 5,5	-8,0	+9,7	- 9,4	-6,5	- 5,2	-7	-8	0	- 14,8	-8	- 15,9	-5	0	0	-3	-7,5	6	- 3,5	+17	-9	-3	- 11, 5	+1 0
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	0	0	0	17 0	190	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0	0	350	350	0	380	0	0	270	450
<i>Время реакции КГР, с</i>	1,7	4	1,5	3	2,0	1,6	1,5	3,2	1,7	3,9	1,0	1,9	1,5	2,3	1,8	4	2	2,5	1,5	2	4	2	3	1,7	2	3,5	1
<i>Время до реакции КГР, с</i>	0,3	2	1,5	0,5	1,2	2,7	0	0	2,3	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,3	0	0	0	0	0	1	0
<i>Время до реакции импульсов ЭЭГ, с</i>	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	13
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	0	0	0	7	13	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	8,5	11	0	27	0	0	5	14

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 10.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 39, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 40 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 ΔU – КГР (мкВ)	-46.3323
2 Изменение ЧСС	-6.1107
3 Размах ЭЭГ (мкВ)	-44.6971
4 Время реакции КГР (с)	-7.9904
5 Время до реакции КГР (с)	8.8145
6 Время до реакции импульсов ЭЭГ (с)	-17.7252
7 Длительность импульсов ЭЭГ(с)	15.2282

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 10 являются:

- ΔU – КГР (мкВ): **-46.3323**
- Размах ЭЭГ (мкВ): **-44.6971**
- Время до реакции импульсов ЭЭГ (с): **-17.7252**
- Длительность импульсов ЭЭГ (с): **15.2282**

В таблице Е. 41 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице Е. 42 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 3 наиболее значимых параметра: ΔU – КГР (мкВ); размах ЭЭГ (мкВ); время до реакции импульсов ЭЭГ (с).

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 10 возможно при использовании 3-х наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 3. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

Таблица Е. 41 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Ис х.	7х9		3х9		4х9		5х9		6х9											
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.										
	C=-27.6755		C=-13.4386		C=-13.6956		C=-13.8808		C=-15.9315											
	Pr=0.0011		Pr=0.0155		Pr=0.0149		Pr=0.0141		Pr=0.0122											
	D2=37.5856		D2=18.6237		D2=18.8902		D2=19.2875		D2=20.2488											
	QN(+)= $[2;3;7;8;9;11;17;19;25]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[1;10;12;13;15;16;18;22;24]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[13;15;16;17;18;19;22;24;25]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[13;15;16;17;18;19;22;24;25]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[13;15;16;17;18;19;22;24;25]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[13;15;16;17;18;19;22;24;25]$;											
1		1k			1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10		10k			10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13		13k				13k				13k				13k				13k		
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15		15k				15k				15k				15k				15k		
16		16k				16k				16k				16k				16k		
17	17+	17+				17k				17k				17k				17k		
18		18k				18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k				19k		
20			20x	20x			20x	20x			20x	20x			20x	20x			20x	20x
21			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	21x
22		22k				22k				22k				22k				22k		
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x
24		24k				24k				24k				24k				24k		
25	25+	25+				25k				25k				25k				25k		
26			26x	26x			26x	26x			26x	26x			26x	26x			26x	26x
27			27x	27x			27x	27x			27x	27x			27x	27x			27x	27x

Таблица Е. 42 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

Ис х.	7х9		3х8		3х7		3х6									
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.								
	C=-27.6755		C=-14.7475		C=-16.1301		C=-15.3118									
	Pr=0.0011		Pr=0.0106		Pr=0.0096		Pr=0.0104									
	D2=37.5856		D2=21.2385		D2=21.9380		D2=21.3859									
	QN(+)= $[2;3;7;8;9;11;17;19;25]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[1;10;12;13;15;16;18;22;24]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26]$; QK(k)= $[12;13;15;16;17;18;19;22;24;25;27]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23]$; QK(k)= $[11;12;13;15;16;17;18;19;22;24;25;26;27]$;		QN(+)= $[1;2;3;7;8;9]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21]$; QK(k)= $[10;11;12;13;15;16;17;18;19;22;23;24;25;26;27]$;									
1		1k			1+	1+			1+	1+						
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10		10k			10+	10+			10+	10+				10k		
11	11+	11+			11+	11+				11k				11k		
12		12k				12k				12k				12k		
13		13k				13k				13k				13k		
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15		15k				15k				15k				15k		
16		16k				16k				16k				16k		
17	17+	17+				17k				17k				17k		
18		18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20			20x	20x			20x	20x			20x	20x			20x	20x
21			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	21x
22		22k				22k				22k				22k		
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x				23k
24		24k				24k				24k				24k		
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26			26x	26x			26x	26x				26k				26k
27			27x	27x				27k				27k				27k

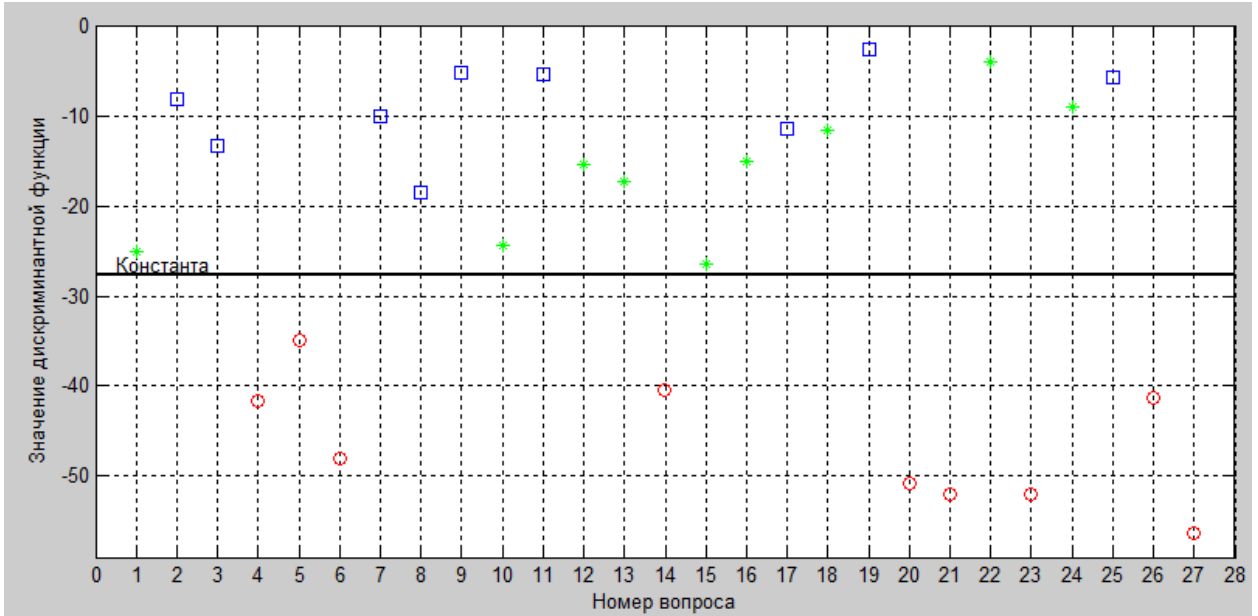
Продолжение таблицы Е. 42

Ис х.	7x9			3x5				3x4				3x3				
	C=-27.6755			C=-12.5644				C=-25.9524				C=-19.2198				
	Pr=0.0011			Pr=0.0203				Pr=0.0016				Pr=0.0072				
	D2=37.5856			D2=16.7684				D2=34.7060				D2=23.9173				
	QN(+)= $[2;3;7;8;9;11;17;19;25]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[1;10;12;13;15;16;18;22;24]$;			QN(+)= $[1;2;3;7;8]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20]$; QK(k)= $[9;10;11;12;13;15;16;17;18;19;21;22;23;24;25;26;27]$;				QN(+)= $[1;2;3;7]$; QS(x)= $[4;5;6;14]$; QK(k)= $[8;9;10;11;12;13;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27]$;				QN(+)= $[1;2;3]$; QS(x)= $[4;5;6]$; QK(k)= $[7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27]$;				
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1		1k			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+				7k		
8	8+	8+			8+	8+				8k				8k		
9	9+	9+				9k				9k				9k		
10		10k				10k				10k				10k		
11	11+	11+				11k				11k				11k		
12		12k				12k				12k				12k		
13		13k				13k				13k				13k		
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x				14k
15		15k				15k				15k				15k		
16		16k				16k				16k				16k		
17	17+	17+				17k				17k				17k		
18		18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20			20x	20x			20x	20x				20k				20k
21			21x	21x				21k				21k				21k
22		22k				22k				22k				22k		
23			23x	23x				23k				23k				23k
24		24k				24k				24k				24k		
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26			26x	26x				26k				26k				26k
27			27x	27x				27k				27k				27k

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 14 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 38, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

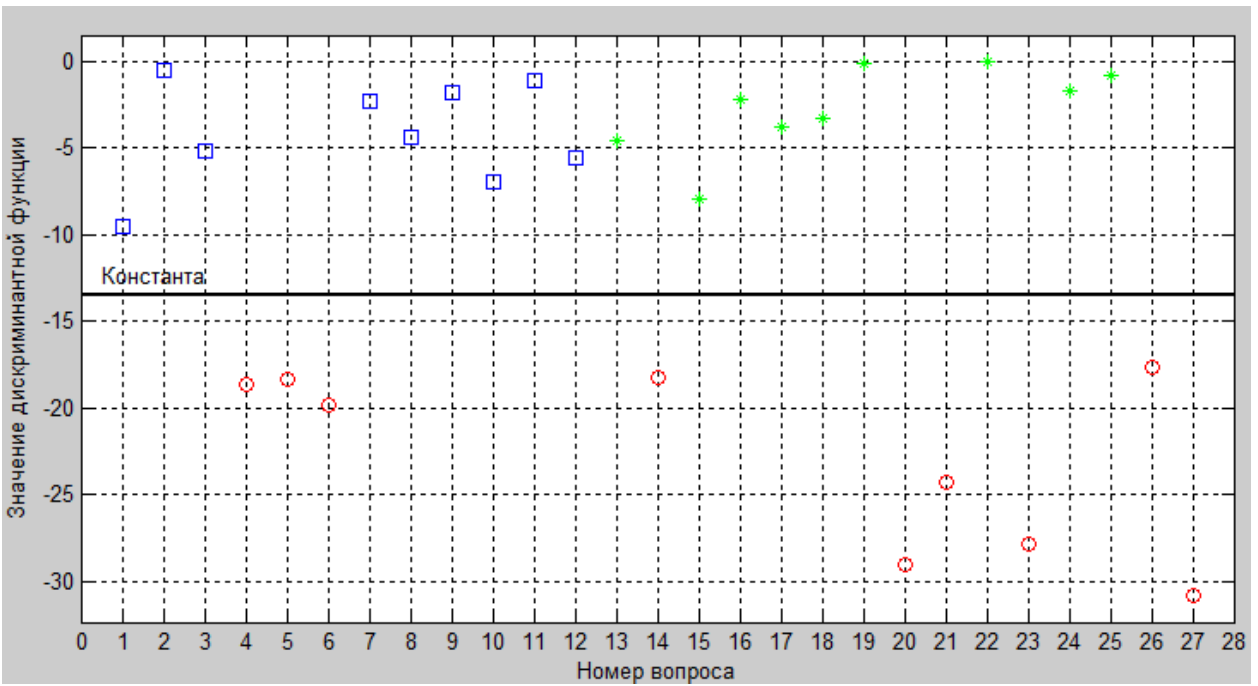
а)

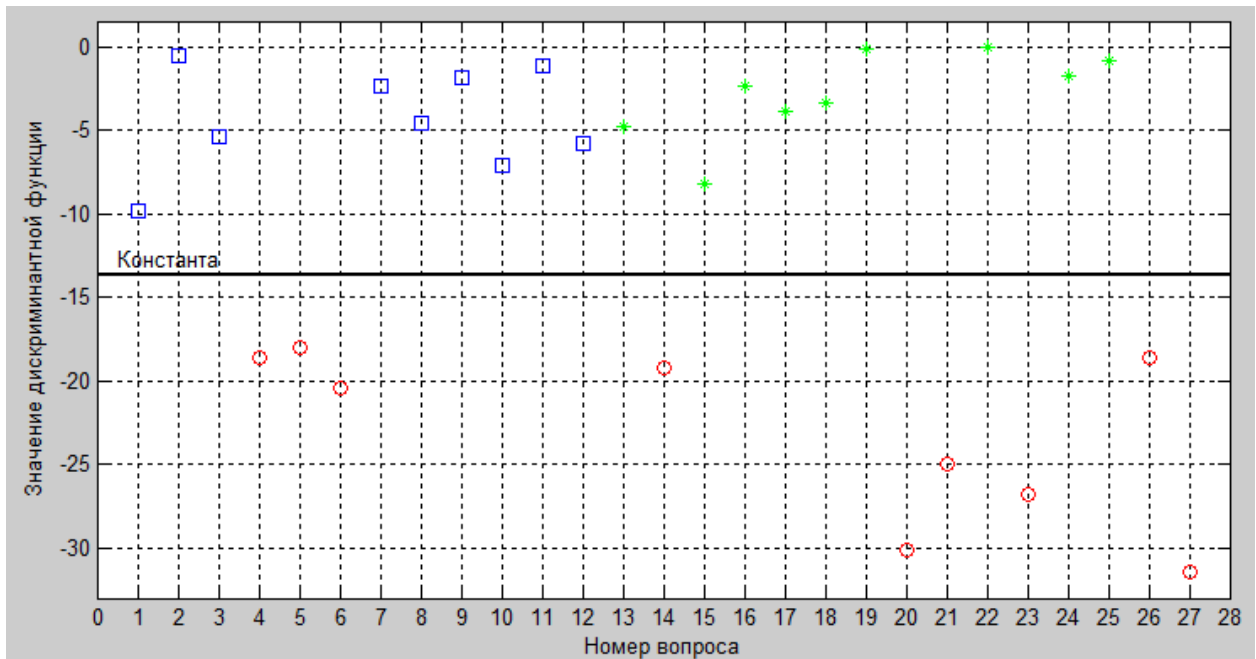
7x9



б)

3x9





□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

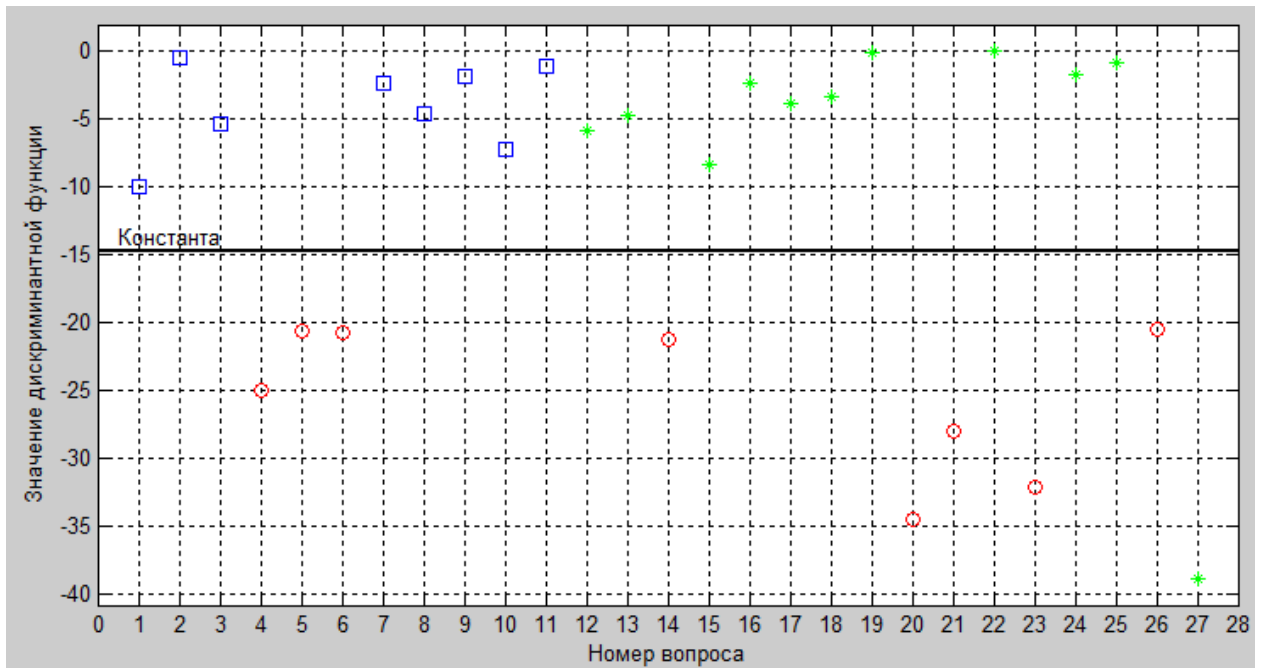
Рисунок Е. 14 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 10

Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 9 до 3 при постоянном числе вопросов, равном 9.

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 15а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 38, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

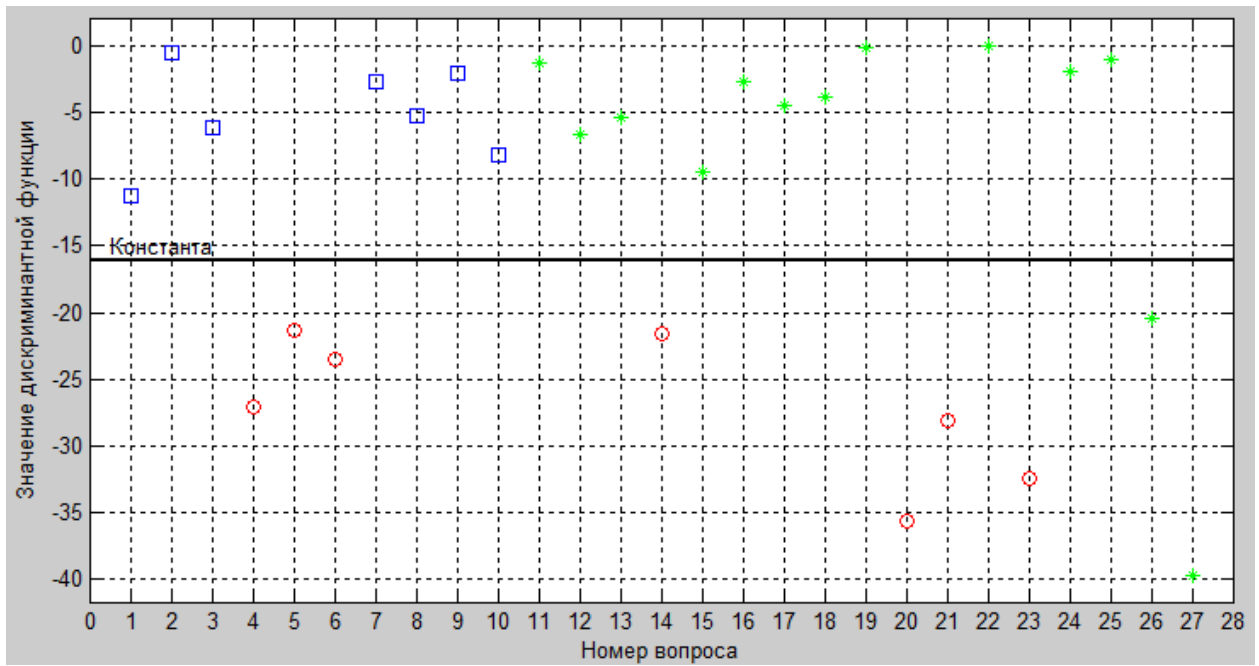
a)

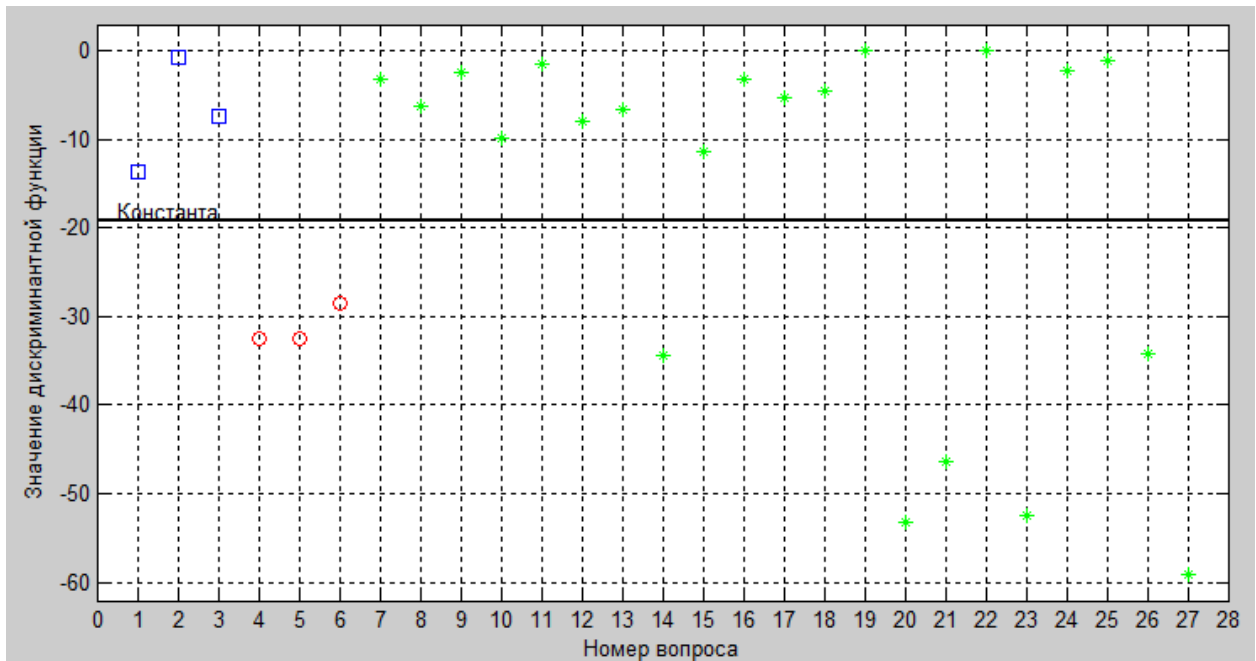
3x8



б)

3x7





□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 15 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 10

Данный анализ показывает, что разделение на группы вопросов исследуемого 10 не зависит от количества вопросов при использовании для классификации 3 наиболее значимых параметров.

Исследуемому 11 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 43.

Таблица Е. 43 – Таблица вопросов, исследуемый 11

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало, с	Конец,с
1	Вас зовут Андрей?	да	00:12	00:14	12	14
2	Вам 23?	да	00:40	00:43	40	43
3	У вас есть хобби?	да	01:13	01:16	73	76
4	У вас есть секреты?	да	01:42	01:44	102	104
5	Вы смотрите эротические фильмы?	да	02:13	02:16	133	136
6	Вы крали деньги у родителей?	нет	02:41	02:45	161	165
7	Вы мучили животных?	нет	03:13	03:15	193	195
8	Вы видели как убивают животных?	да	03:40	03:46	220	226
9	Вы много читаете?	да	04:14	04:17	254	257
10	Вас кто-нибудь бросал?	да	04:41	04:44	281	284
11	Вы счастливы?	да	05:12	05:16	312	316
12	Кто-нибудь из ваших близких умер?	нет	05:49	05:52	349	352
13	Вас били в детстве?	да	06:17	06:20	377	380
14	Вы проголодались?	да	06:44	06:50	405	410
15	Вам изменила девушка?	нет	07:19	07:22	439	442
16	Есть ли знакомые, которые вас раздражают?	да	07:50	07:53	470	473
17	Вам указывают как жить?	да	08:09	08:13	489	493
18	С вами поступали несправедливо?	да	08:49	08:54	529	534
19	Вы готовы продолжать?	да	09:17	09:20	557	560
20	Вы совершали мерзкие поступки?	да	09:45	09:48	585	588
21	Вас радуют неудачи соперников?	да	10:18	10:28	618	628
22	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	нет	10:48	10:50	648	650
23	Вы хоронили близких людей?	нет	11:19	11:22	679	682
24	У вас есть чувства к парням?	нет	11:43	11:46	703	706
25	Вы занимали деньги, и не возвращали их назад?	нет	12:23	12:26	743	746
26	Вам не возвращали деньги?	да	12:53	12:56	773	776
27	Вы хотите получить шоколадку после тестирования?	да	13:13	13:16	793	796

В таблице Е. 44 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 11, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица Е. 44 Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>ΔU КГР-1, мкВ</i>	195 0	40 0	120 0	64 0	173 0	371 0	- 71 0	- 107 0	62 0	150 0	- 50 0	- 127 0	- 110 0	- 105 0	- 168 0	- 70 0	- 96 0	- 87 0	- 33 0	- 165 0	- 130 0	- 32 0	- 165 0	- 60 0	- 46 0	- 890 0	- 500 0
<i>ΔU КГР-2, мкВ</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-800	0	0	0	0	0	- 580 0	0
<i>Изменение ЧСС</i>	3,5	+4	-5	- 5,5	-8,0	+9,7	- 9,4	-6,5	- 5,2	-7	-8	0	- 14,8	-8	- 15,9	-5	0	0	-3	-7,5	6	- 3,5	+17	-9	-3	- 11, 5	+1 0
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	0	0	0	17 0	190	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0	0	350	350	0	380	0	0	270	450
<i>Время реакции КГР-1, с</i>	1,7	4	1,5	3	2,0	1,6	1,5	3,2	1,7	3,9	1,0	1,9	1,5	2,3	1,8	4	2	2,5	1,5	2	4	2	3	1,7	2	3,5	1
<i>Время реакции КГР-2, с</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0	0	0	0	0	1	0
<i>Время до реакции КГР-1, с</i>	0,3	2	1,5	0,5	1,2	2,7	0	0	2,3	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Время до реакции КГР-2, с,</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,3	0	0	0	0	0	19	0
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	0	0	0	7	13	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	8,5	11	0	27	0	0	5	14

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 11.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 45, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 45 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 deltaU – КГР (мкВ)-1	-38.0128
2 deltaU – КГР (мкВ)-2	-1.2308
3 Изменение ЧСС	15.8637
4 Размах ЭЭГ (мкВ)	-43.8550
5 Время реакции КГР (с)-1	0.2336
6 Время реакции КГР (с)-2	17.2003
7 Время до реакции КГР (с)-1	-0.5326
8 Время до реакции КГР (с)-2	-16.7992
9 Длительность импульсов ЭЭГ (с)	2.1287

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 1 являются:

- Размах ЭЭГ (мкВ): **-43.8550**
- deltaU - КГР(мкВ)-1: **-38.0128**
- Время реакции КГР (с)-2: **17.2003**
- Время до реакции КГР (с)-2: **-16.7992**

В таблице Е. 46 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице Е. 47 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 5 наиболее значимые параметра: размах ЭЭГ (мкВ); deltaU - КГР(мкВ)-1; время реакции КГР(с)-2; время до реакции КГР(с)-2; изменение ЧСС.

Таблица Е. 46 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	9x9				3x9				4x9				5x9			
	C=-13.9547				C=-8.5583				C=-9.5538				C=-8.3448			
	Pr=0.0027				Pr=0.0406				Pr=0.0327				Pr=0.0230			
	D2=30.8664				D2=12.1694				D2=13.5726				D2=15.9149			
QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;19;25]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[1;12;13;15;16;17;18;22;24]$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;12;13]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20;21;23;26]$; QK(k)= $[15;16;17;18;19;22;24;25;27]$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;12;13]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20;21;23;26]$; QK(k)= $[15;16;17;18;19;22;24;25;27]$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;12;13]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20;21;23;26]$; QK(k)= $[15;16;17;18;19;22;24;25;27]$;				
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1k		?1x	1x			?1x	1x				1x	1x	
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x		?4x	4x			4x	4x	
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13		13k			13+	13+			13+	13+			13+	13+		
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	
15		15k				15k				15k				15k		
16		16k				16k				16k				16k		
17		17k				17k				17k				17k		
18		18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20			20x	20x			20x	20x			20x	20x			20x	
21			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	
22		22k				22k				22k				22k		
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	
24		24k				24k				24k				24k		
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26			26x	26x			26x	26x			26x	26x			26x	
27			27x	27x				27k				27k			27k	

Продолжение таблицы Е. 46

Исх.	9x9				6x9				7x9				8x9			
	C=-13.9547				C=-9.1448				C=-9.2904				C=-9.3911			
	Pr=0.0027				Pr=0.0216				Pr=0.0214				Pr=0.0213			
	D2=30.8664				D2=16.3448				D2=16.4243				D2=16.4330			
QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;19;25]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[1;12;13;15;16;17;18;22;24]$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;12;13]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20;21;23;26]$; QK(k)= $[15;16;17;18;19;22;24;25;27]$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;12;13]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20;21;23;26]$; QK(k)= $[15;16;17;18;19;22;24;25;27];$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;12;13]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20;21;23;26]$; QK(k)= $[15;16;17;18;19;22;24;25;27]$;				
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1k			1x	1x			1x	1x			1x	1x	
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13		13k			13+	13+			13+	13+			13+	13+		
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15		15k				15k				15k				15k		
16		16k				16k				16k				16k		
17		17k				17k				17k				17k		
18		18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20			20x	20x			20x	20x			20x	20x			20x	20x
21			21x	21x			21x	21x			21x	21x			21x	21x
22		22k				22k				22k				22k		
23			23x	23x			23x	23x			23x	23x			23x	23x
24		24k				24k				24k				24k		
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26			26x	26x			26x	26x			26x	26x			26x	26x
27			27x	27x				27k				27k				27k

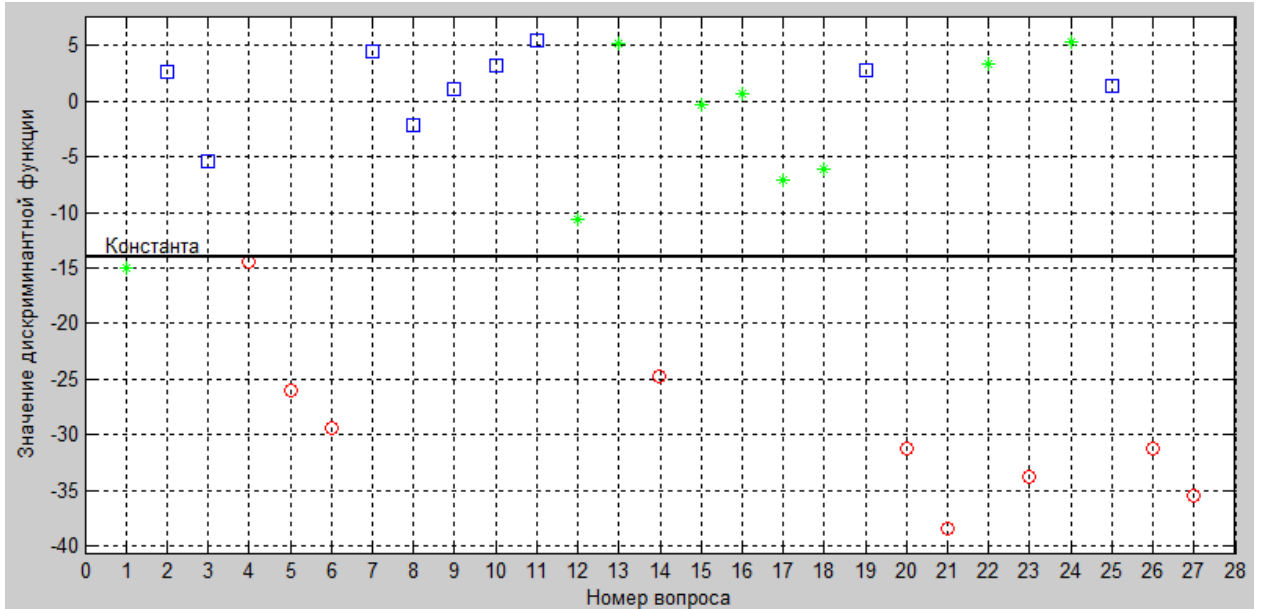
Таблица Е. 47 Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

Ис х.	9x9				5x8				5x7				5x6			
	C=-13.9547				C=-7.2961				C=-5.6834				C=-5.6560			
	Pr=0.0027				Pr=0.0329				Pr=0.0196				Pr=0.0041			
	D2=30.8664				D2=13.5389				D2=17.0209				D2=27.9761			
	QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;19;25]$; QS(x)= $[4;5;6;14;20;21;23;26;27]$; QK(k)= $[1;12;13;15;16;17;18;22;24]$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20;21;23]$; QK(k)= $[13;15;16;17;18;19;22;24;25;26;27]$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10;11]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20;21]$; QK(k)= $[12;13;15;16;17;18;19;22;23;24;25;26;27]$;				QN(+)= $[2;3;7;8;9;10]$; QS(x)= $[1;4;5;6;14;20]$; QK(k)= $[11;12;13;15;16;17;18;19;21;22;23;24;25;26;27]$;			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1k			1x	1x			1x	1x			1x	1x	
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4x	4x			4x	4x			4x	4x			4x	4x
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	1+			11+	11+			11+	11+				11k		
12		12k			12+	12+						?12k				?12k
13		13k				13k					13k			13k		
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15		15k				15k				15k				15k		
16		16k				16k				16k				16k		
17		17k				17k				17k						?17k
18		18k				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20			20x	20x			20x	20x			20x	20x			20x	20x
21			21x	21x			21x	21x			21x	21x				21k
22		22k				22k				22k				22k		
23			23x	23x			23x	23x				23k				23k
24		24k				24k				24k				24k		
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26			26x	26x				26k				26k		?26k		
27			27x	27x				27k				27k				27k

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 16а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 43, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

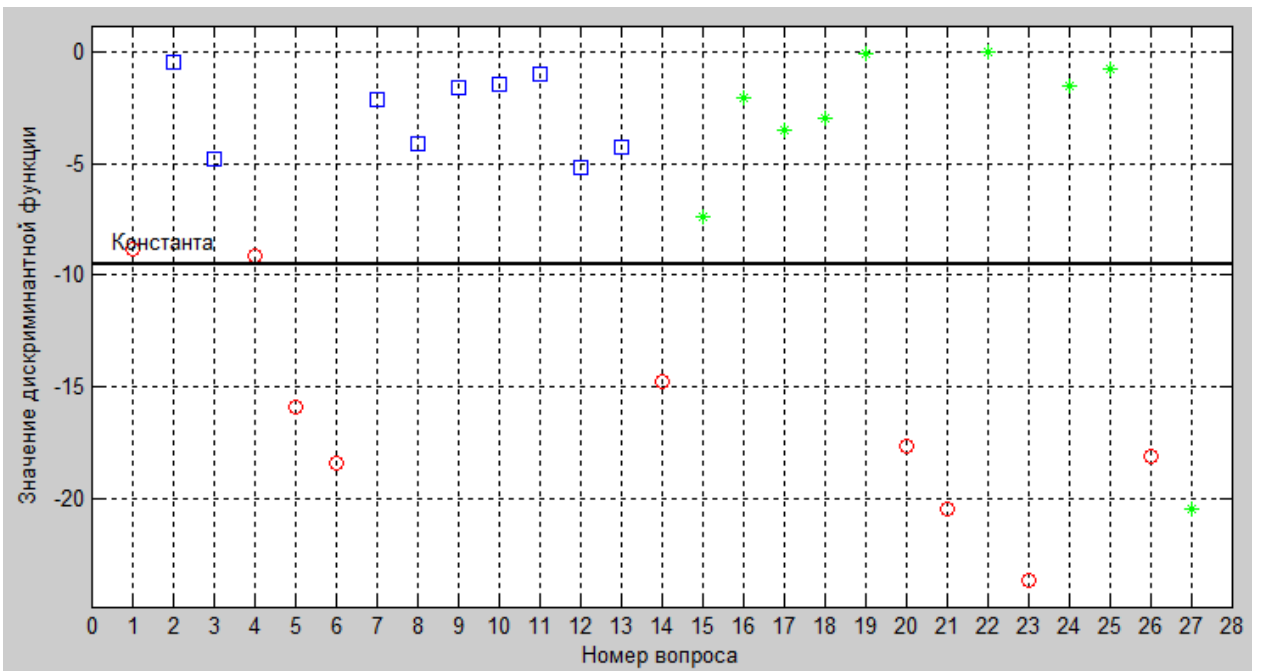
а)

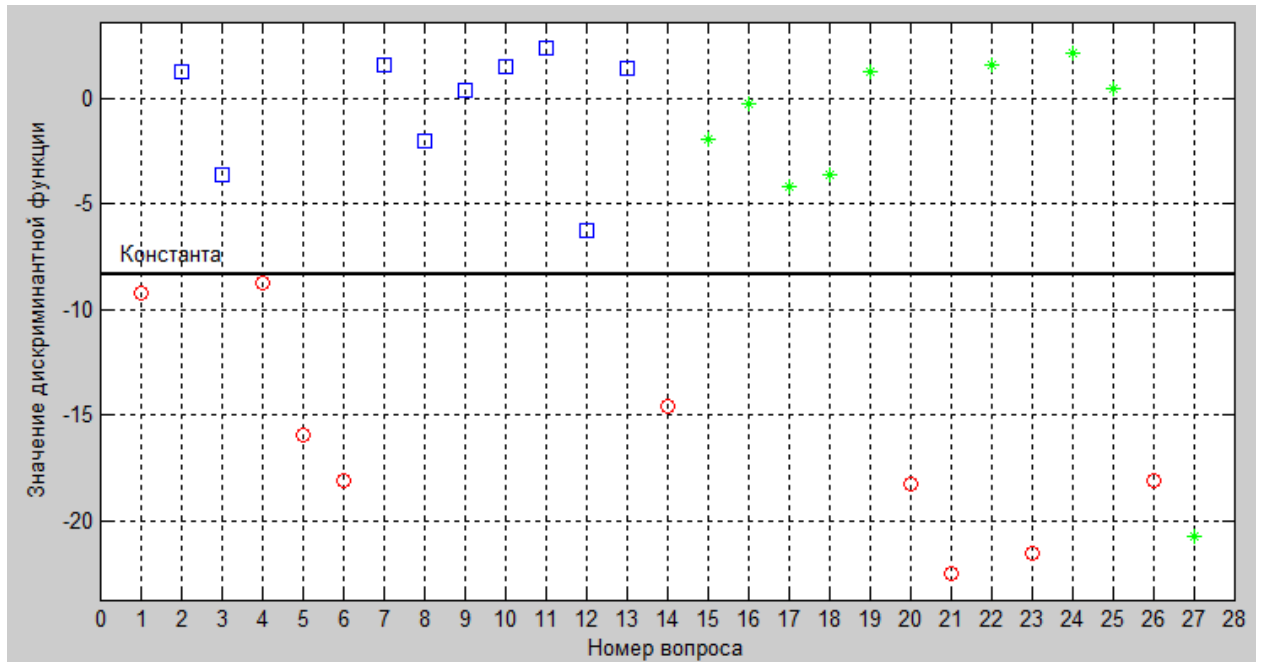
9x9



б)

4x9



в)
5x9

□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

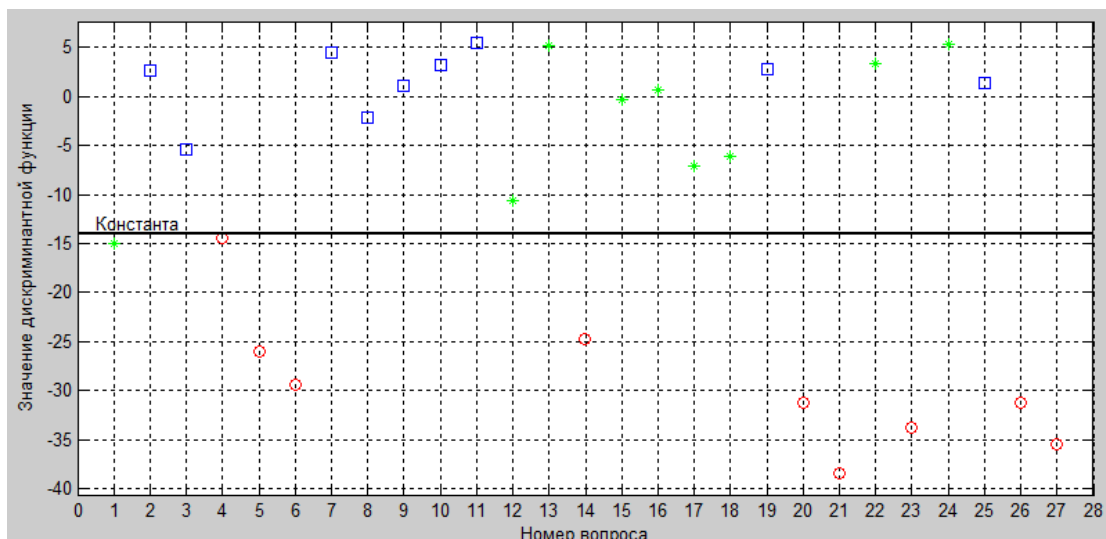
Рисунок Е. 16 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 11

Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 9 до 5 при постоянном числе вопросов, равном 9.

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 17 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 43, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

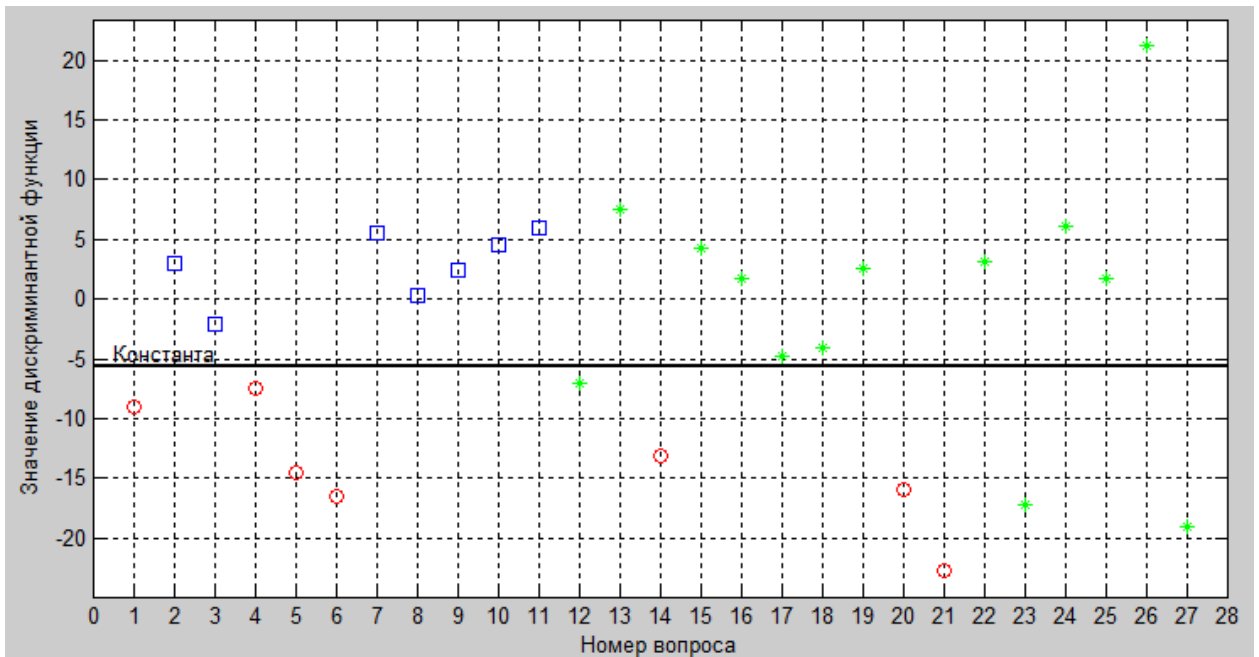
а)

9x9



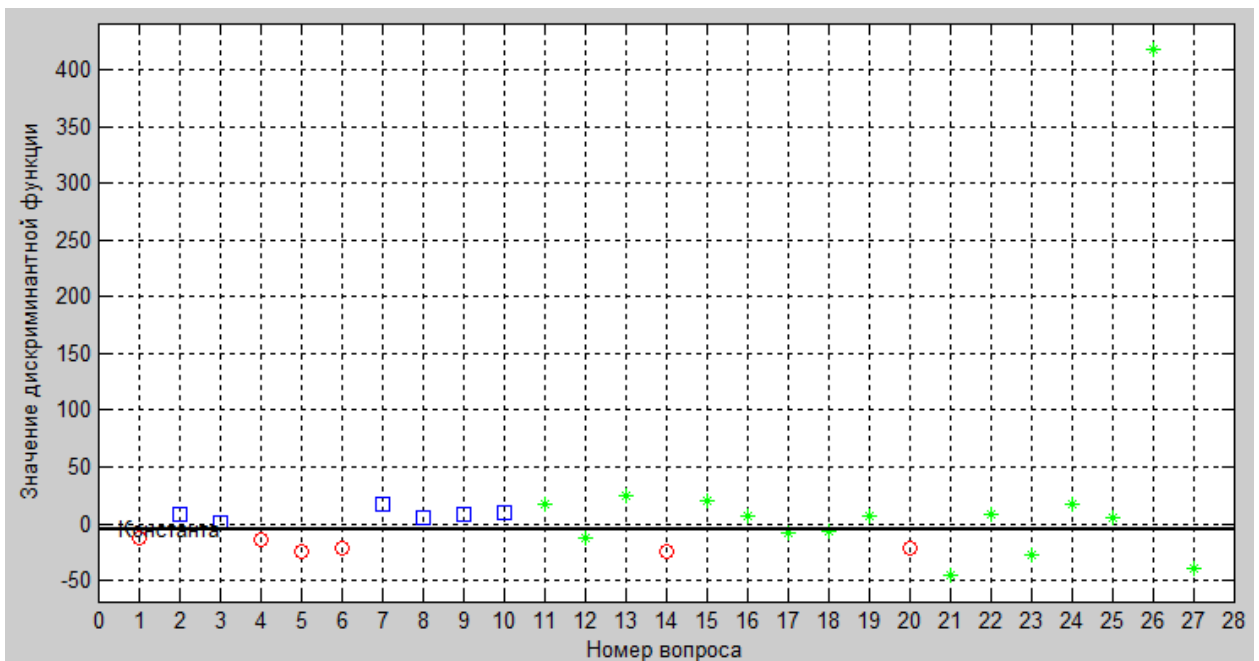
б)

5x7



г)

5x6



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 17 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 11.

Данный анализ показывает, что разделение на группы вопросов исследуемого 11 при использовании для классификации 5 наиболее значимых параметров возможно при использовании не менее 7 вопросов.

Исследуемому 12 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 48.

Таблица Е. 48 – Таблица вопросов, исследуемый 12

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало,с	Конец,с
1	Вас зовут Даниил?	да	00:08	00:10	8	10
2	Вы любите своих родителей?	да	00:47	00:49	47	49
3	Вы любите получать подарки?	да	01:16	01:18	76	78
4	Сегодня воскресенье?	нет	01:47	01:50	107	110
5	Хотите получить шоколад после тестирования?	да	02:11	02:15	131	135
6	Вы сможете убить человека по приказу?	да	02:42	02:45	162	165
7	Вы сможете нажать на ядерную кнопку и убить миллионы людей?	да	03:15	03:20	195	200
8	Вы сможете совершить самоубийство ради любимого человека?	нет	03:49	03:54	229	234
9	Вы признаетесь в измене возлюбленному?	да	04:22	04:27	262	267
10	Вам нравится погода сегодня?	да	04:58	05:02	298	302
11	Вы учились в университете?	да	05:26	05:30	326	330
12	Вы знали что в Антарктиде есть банкомат?	нет	05:53	06:02	353	362
13	Вы хотите узнать что будет после смерти?	нет	06:41	06:47	401	407
14	Вы хотели бы отправиться в будущее?	да	07:02	07:06	422	426
15	Вы хотели бы знать дату вашей смерти?	нет	07:32	07:36	452	456
16	Вы в курсе, что мусульмане принимают писание Библии и Торы?	да	08:00	08:06	480	490
17	Ваши друзья избегают вас, не зовут вас на мероприятия, вы будете обижены на них?	да	08:52	08:58	532	536
18	Они не берут вас с собой, потому что не считают вас своим другом, вас это расстроит?	да	09:15	09:18	555	558
19	Вам нужны такие друзья?	да	09:41	09:44	581	584
20	Им потребуется ваша помощь, но после этого вы им снова будете не нужны, вы поможете им?	нет	10:09	10:18	609	618
21	Вы не получите шоколадку после тестирования. вы согласны с этим?	да	10:53	11:00	653	660

В таблице Е. 49 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 12, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица Е. 49 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<i>ДУКГР, мкВ</i>	1650	1550	50	70	480	500	2150	1100	1050	750	0	800	1000	470	1100	1100	-550	0	490	1050	1550
<i>Изменение ЧСС</i>	-18,8	-16	-16,2	-14	+24	+8,5	-13	+12	-4	-6	+10	-15,9	+23,5	-13	14	-19	-22	+10	5	-16	7
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	0	0	0	0	80	110	0	0	0	90	0	0	40	60	0	0	0	0	40	0	0
<i>Количество импульсов на КГР</i>	0	0	0	0	3	2	0	0	0	1	0	0	6	1	0	0	0	0	3	0	0
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	10	0	0	0	115	0	205	0	0	0	0	0	335	275	180	16	350	30	0	250	0
<i>Время реакции КГР, с</i>	7,6	12,5	1	1	2	4,6	5,5	9	2,6	2	0	3	3	4	13,2	6,5	14	0	1,6	4,5	6,2
<i>Время до реакции импульсов на КГР, с</i>	0	0	0	0	0,3	12,3	0	0	0	5	0	0	2,75	0,35	0	0	0	0	11,2	0	0
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	4,2	0	0	0	6	0	15	0	0	0	0	0	5	12,5	1	0	0,5	22	0	19,5	0
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	1,0	0	0	0	3,5	0	1	0	0	0	0	0	1,5	5	13	6,0	1,5	2,0	0	2,2	0

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 12.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 50, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 50 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 deltaU – КГР (мкВ)	-9.7005
2 Изменение ЧСС	-21.7204
3 Размах импульсов КГР (мкВ)	-1.6899
4 Количество импульсов на КГР	5.6876
5 Размах ЭЭГ (мкВ)	-8.7246
6 Время реакции КГР (с)	4.8767
7 Время до реакции импульсов на КГР (с)	-3.7532
8 Время до реакции импульсов ЭЭГ (с)	-19.5637
9 Длительность импульсов ЭЭГ(с)	-22.8519

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 12 являются:

- Длительность импульсов ЭЭГ: **-22.8519**
- Изменение ЧСС: **-21.7204**
- Время до реакции ЭЭГ (с): **-19.5637**
- deltaU - КГР(мкВ): **-9.7005**

В таблице Е. 51 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице Е. 52 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 3 наиболее значимые параметра: длительность импульсов ЭЭГ; изменение ЧСС; время до реакции ЭЭГ (с).

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 12 возможно при использовании трех наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее четырех. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

Таблица Е. 51 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	9x9				3x9				4x9				5x9			
	C=-22.2243				C=-16.8415				C=-21.3361				C=-23.6527			
	Pr=0.0071				Pr=0.0143				Pr=0.0089				Pr=0.0045			
	D2=24.0296				D2=19.1844				D2=22.4623				D2=27.2224			
	QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;13;14;15;16;17;18;20]$; QK(k)= $[7;19;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15;16;17;18]$; QK(k)= $[19;20;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15;16;17;18]$; QK(k)= $[19;20;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15;16;17;18]$; QK(k)= $[19;20;21]$;			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7				7k			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x
19		19k				19k				19k				19k		
20			20x	20x				20k				20k				20k
21		21k				21k				21k				21k		

Продолжение таблицы Е. 51

Исх.	9x9				6x9				7x9				8x9			
	C=-22.2243				C=-23.7007				C=-23.6600				C=-28.2138			
	Pr=0.0071				Pr=0.0045				Pr=0.0043				Pr=0.0030			
	D2=24.0296				D2=27.2827				D2=27.6368				D2=30.1958			
QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;13;14;15;16;17;18;20]$; QK(k)= $[7;19;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15;16;17;18]$; QK(k)= $[19;20;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15;16;17;18]$; QK(k)= $[19;20;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15;16;17;18]$; QK(k)= $[19;20;21]$;				
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7				7k			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12	12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x			16x	16x
17			17x	17x			17x	17x			17x	17x			17x	17x
18			18x	18x			18x	18x			18x	18x			18x	18x
19		19k				19k				19k				19k		
20			20x	20x				20k				20k				20k
21		21k				21k				21k				21k		

Таблица Е. 52 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

Исх.	9x9				3x8				3x7				3x6			
	C=-22.2243				C=-16.8416				C=-17.9734				C=-19.9108			
	Pr=0.0071				Pr=0.0126				Pr=0.0083				Pr=0.0064			
	D2=24.0296				D2=20.0336				D2=22.9916				D2=24.7723			
	QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11;12]$; QS(x)= $[1;5;13;14;15;16;17;18;20]$; QK(k)= $[7;19;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10;11]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15;16;17]$; QK(k)= $[12;18;19;20;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9;10]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15;16]$; QK(k)= $[11;12;17;18;19;20;21]$;				QN(+)= $[2;3;4;6;8;9]$; QS(x)= $[1;5;7;13;14;15]$; QK(k)= $[10;11;12;16;17;18;19;20;21]$;			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7				7k			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10	10+	10+			10+	10+			10+	10+				10k		
11	11+	11+			11+	11+				11k				11k		
12	12+	12+				12k				12k				12k		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16			16x	16x			16x	16x			16x	16x				16k
17			17x	17x			17x	17x				17k				17k
18			18x	18x				18k				18k				18k
19		19k				19k				19k				19k		
20			20x	20x				20k				20k				20k
21		21k				21k				21k				21k		

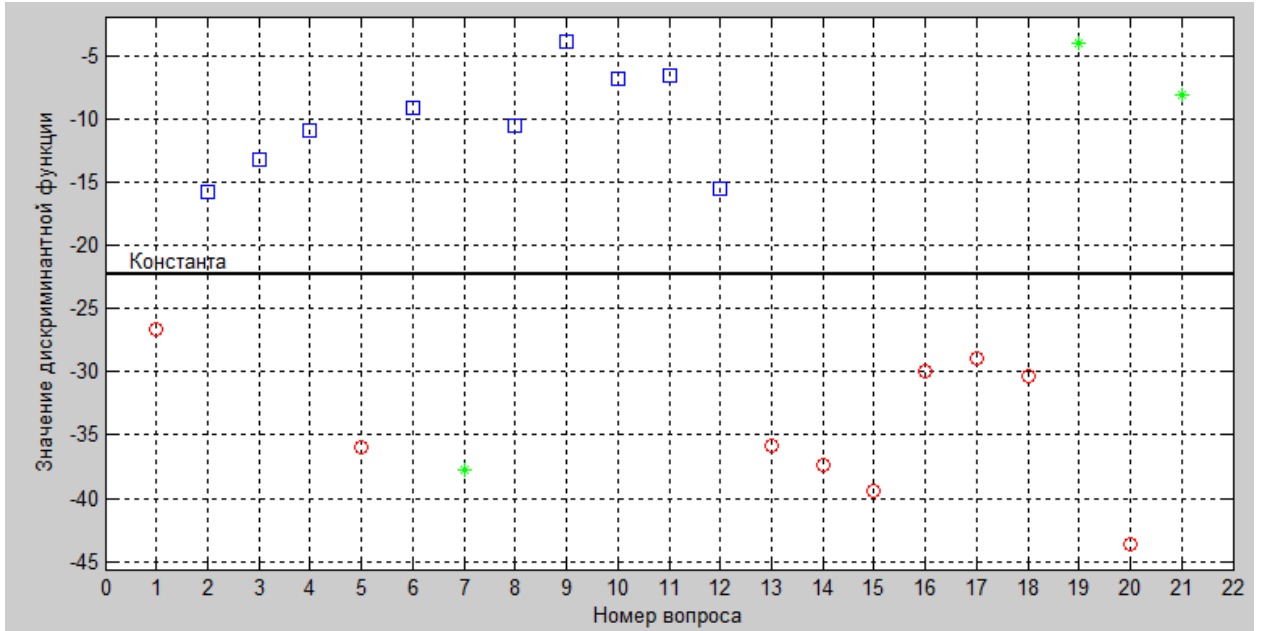
Продолжение таблицы Е. 52

Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
	9x9		3x5		3x4							
	C=-22.2243		C=-27.1594		C=-19.5106							
	Pr=0.0071		Pr=0.0047		Pr=0.0125							
	D2=24.0296		D2=27.0027		D2=20.0820							
	QN(+)=[2;3;4;6;8;9;10;11;12]; QS(x)=[1;5;13;14;15;16;17;18;20]; QK(k)=[7;19;21];		QN(+)=[2;3;4;6;8]; QS(x)=[1;5;7;13;14]; QK(k)=[9;10;11;12;15;16;17;18;19;20;21];		QN(+)=[2;3;4;6]; QS(x)=[1;5;7;13]; QK(k)=[8;9;10;11;12;14;15;16;17;18;19;20;21];							
1			1x	1x			1x	1x			1x	1x
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4	4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5			5x	5x			5x	5x			5x	5x
6	6+	6+			6+	6+			6+	6+		
7				7k			7x	7x			7x	7x
8	8+	8+			8+	8+				8k		
9	9+	9+				9k				9k		
10	10+	10+				10k				10k		
11	11+	11+				11k				11k		
12	12+	12+				12k				12k		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14			14x	14x			14x	14x				14k
15			15x	15x				15k				15k
16			16x	16x				16k				16k
17			17x	17x				17k				17k
18			18x	18x				18k				18k
19		19k				19k				19k		
20			20x	20x				20k				20k
21		21k				21k				21k		

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 18 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 48, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

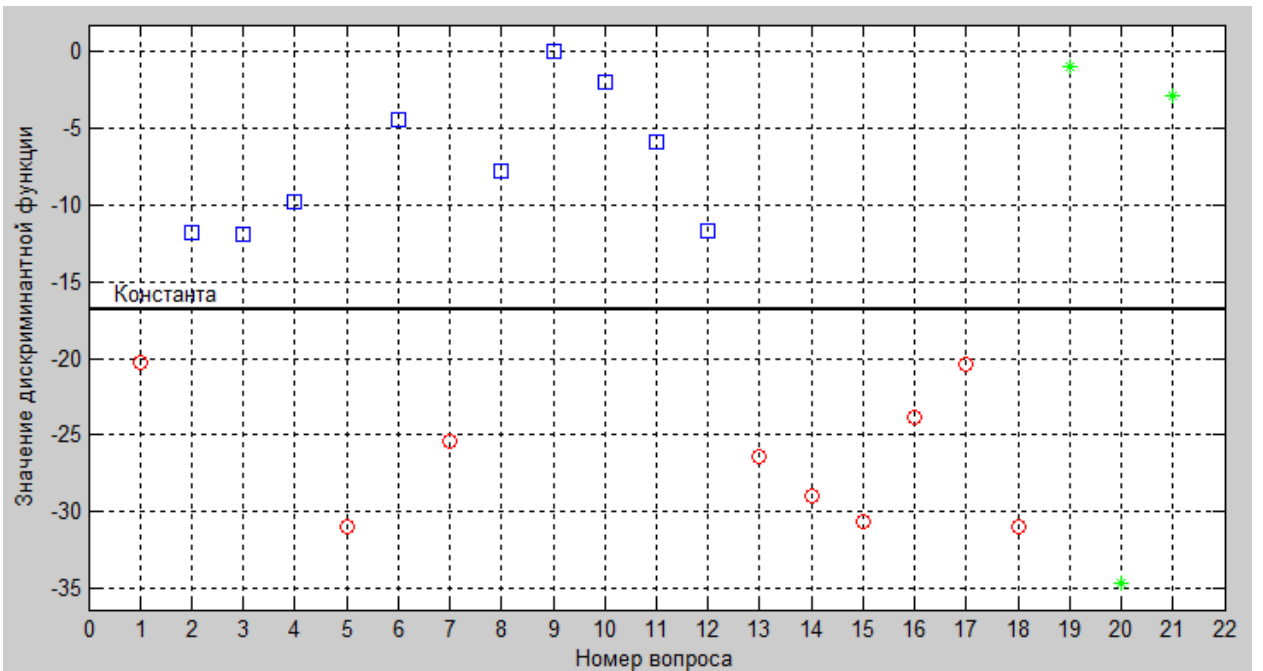
а)

9x9

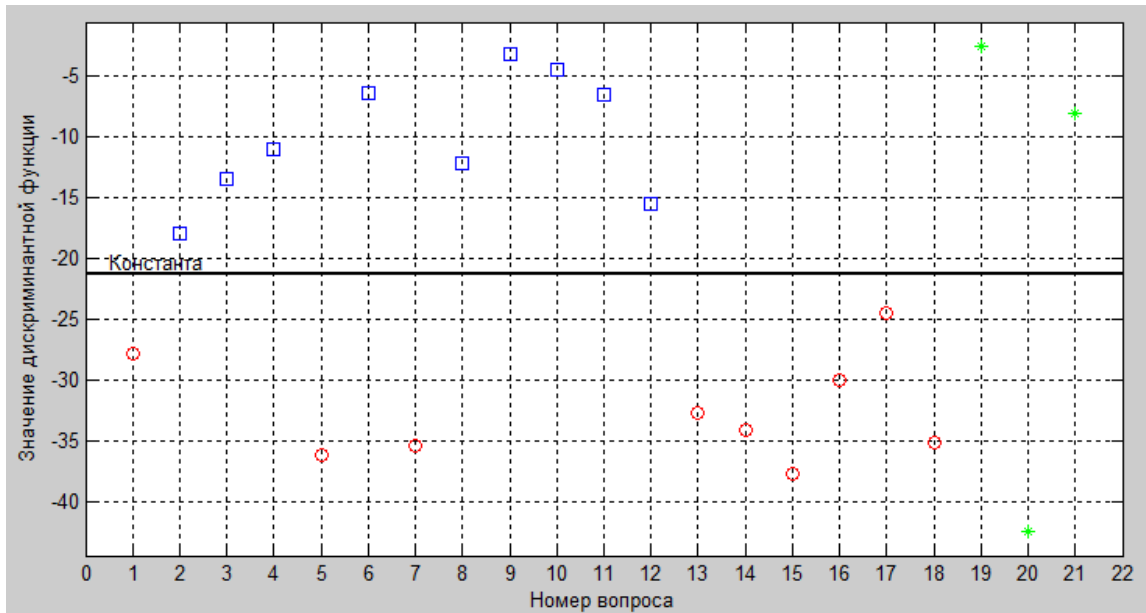


б)

3x9



в)
4x9



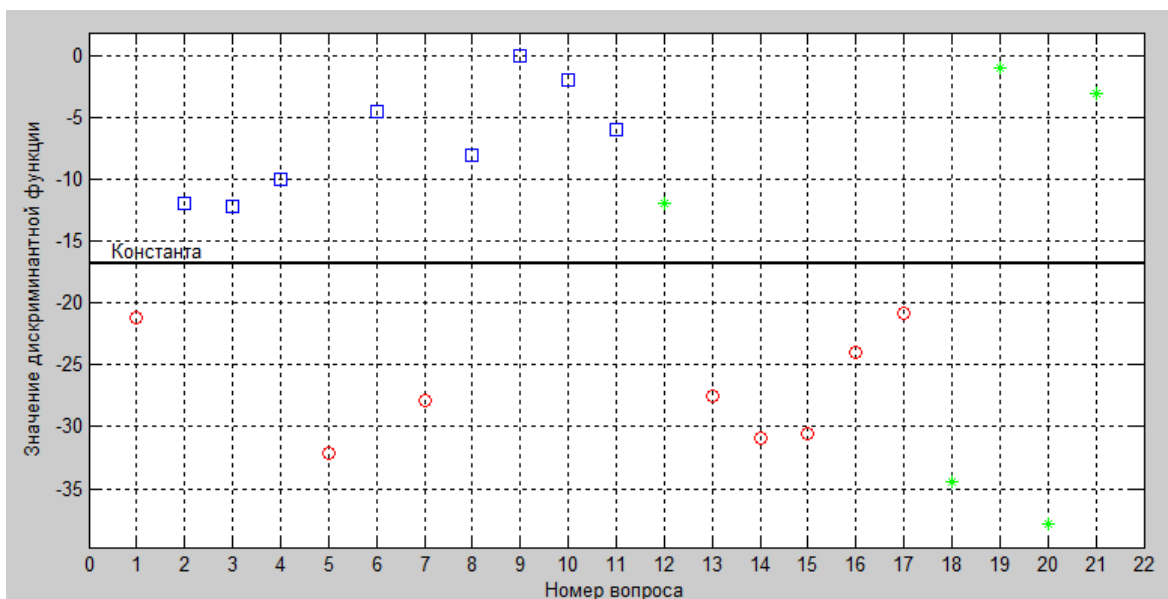
□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

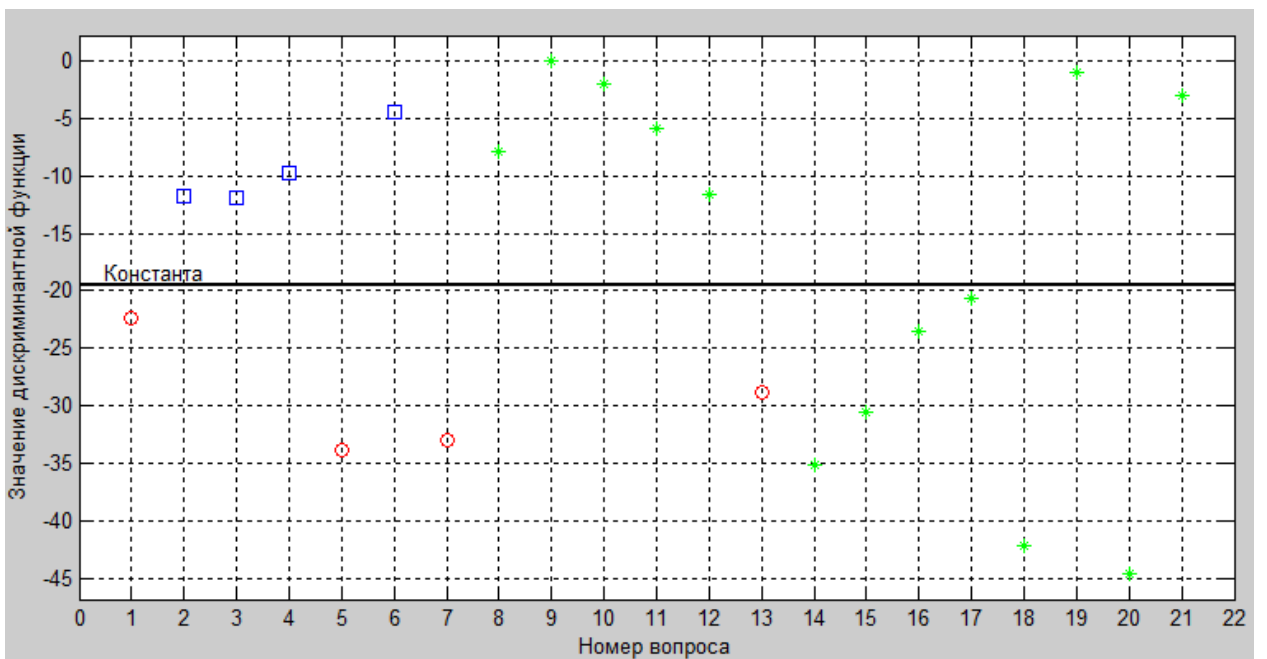
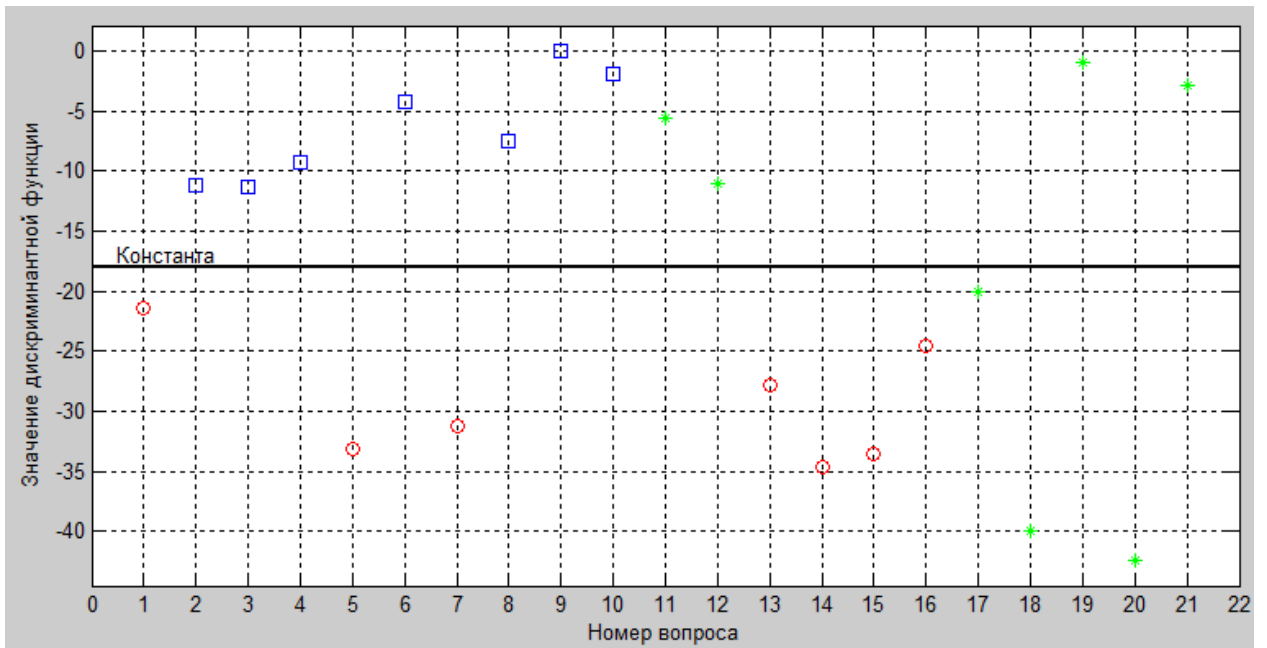
Рисунок Е. 18 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 12

Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 9 до 3 при постоянном числе вопросов, равном 9.

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 19 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 48, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

а)
3x8





□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 19 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 12

Данный анализ показывает, что разделение на группы вопросов исследуемого 12 не зависит от количества вопросов при использовании для классификации 3 наиболее значимых параметров.

Исследуемому 13 были предъявлены следующие вопросы, таблица Е. 53.

Таблица Е. 53 – Таблица вопросов, исследуемый 13

Номер вопроса		да/нет	Начало, мин,с	Конец, мин,с	Начало,с	Конец,с
1	Вас зовут Дамир?	да	00:43	00:45	43	45
2	Вам 23?	да	01:06	01:08	66	68
3	У вас есть хобби?	да	01:48	01:50	108	110
4	У вас есть секреты?	да	02:20	02:23	140	143
5	Вы смотрите эротические фильмы?	да	02:56	02:59	176	179
6	Вы крали деньги у родителей?	нет	03:29	03:32	209	212
7	Вы мучили животных?	нет	04:02	04:06	242	246
8	Вы видели как убивают животных?	да	04:28	04:35	268	275
9	Вы много читаете?	нет	05:08	05:11	308	311
10	Вас кто-нибудь бросали?	нет	05:41	05:44	341	344
11	Вы счастливы?	да	06:22	06:24	382	384
12	Кто-нибудь из ваших близких умер?	да	06:54	07:00	414	420
13	Вас били в детстве?	нет	07:30	07:32	450	452
14	Вы проголодались?	да	08:05	08:08	485	488
15	Вам изменила девушка?	нет	08:30	08:36	510	516
16	Есть ли у вас настоящий враг?	нет	09:16	09:20	556	560
17	Вас часто унижают?	нет	09:50	09:54	590	594
18	С вами поступали несправедливо?	да	10:26	10:30	626	630
19	Вы готовы продолжать?	да	10:58	11:02	658	662
20	Вы совершали мерзкие поступки?	да	11:30	11:36	690	696
21	Вас радуют неудачи соперников?	нет	12:00	12:04	720	724
22	Ваши родные отбывали наказание в тюрьме?	нет	12:44	12:48	764	768
23	Вы хоронили близких людей?	нет	13:08	13:12	788	792
24	Есть ли среди ваших знакомых мерзкий человек?	да	13:28	13:32	808	812
25	Вы хотите получить шоколадку после тестирования?	да	14:02	14:08	842	848
26	Вы принимали запрещенные вещества?	нет	14:32	14:36	872	876

В таблице Е. 54 представлены параметры зарегистрированных сигналов исследуемого 13, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица Е. 54 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	-75 0	51 0	610	2860	1260	2030	1650	3650	2000	3750	1010	1280	-850	1100	2840	910	600	610	760	-1030	-660	-870	-700	-450	930	1900
<i>Изменение ЧСС</i>	-14	25	14	23	0	5	+13,2	+17	5	+16	8	15,1	-6	-11	-33,8	9	6	+12	-9	-11	6	6	-29,8	21,5	+18	-12
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	0	35 0	0	0	0	0	0	100	70	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	160	0	0	80	0	0	0
<i>Размах скачка ЭЭГ-1, мкВ</i>	0	0	-50	-80	-100	-400	-400	-520	-500	-400	100	-130	-330	-450	-300	0	-140	0	0	-750	-250	-160	-360	-400	50	-80
<i>Размах скачка ЭЭГ-2, мкВ</i>	0	0	0	0	-180	0	0	-500	-200	1000	0	0	0	-150	-175	0	0	0	0	0	0	0	0	-100	0	0
<i>Время реакции КГР, с</i>	1,5	4	2	8,5	7,5	8,5	7,5	12,3	7,5	13	5,3	7,7	1,5	7	16	6	12,3	10,3	12,8	6,7	10,2	3	2,3	3,5	5,2	8
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	0	1,7	0	0	0	0	0	10,5	4	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	8	0	0	0,3	0	0	0
<i>Длительность скачка ЭЭГ-1, с</i>	0	0	2	1	1	3,5	2,2	3	4,5	2	1,75	5	3	2	2	0	3	0	0	6	2	1,5	1,2	0,6	0,2	0,2
<i>Длительность скачка ЭЭГ-2, с</i>	0	0	0	0	10	0	0	3,2	1	8	0	0	0	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0

Далее представляем результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 13.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице Е. 55, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица Е. 55 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 deltaU – КГР (мкВ)	7.9315
2 Изменение ЧСС	-22.9603
3 Размах ЭЭГ, мкВ	-94.1233
4 Размах скачка ЭЭГ-1 (мкВ)	-178.0545
5 Размах скачка ЭЭГ-2 (мкВ)	-5.7827
6 Время реакции КГР (с)	-10.0741
7 Длительность импульсов ЭЭГ (с)	62,7540
8 Длительность скачка ЭЭГ-1 (с)	-0.2428
9 Длительность скачка ЭЭГ-2 (с)	9.9533

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 13 являются:

- Размах скачка ЭЭГ-1 (мкВ): **-178.0545**
- Размах ЭЭГ (мкВ): **-94.1233**
- Длительность импульсов ЭЭГ (с): **62.7540**
- Изменение ЧСС: **-22.9603**

В таблице Е. 56 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Параметры выбираются по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице Е. 57 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 3 наиболее значимые параметра: размах скачка ЭЭГ-1 (мкВ); размах ЭЭГ, мкВ; длительность импульсов ЭЭГ (с).

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 13 возможно при использовании 3-х наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 3. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

Таблица Е. 56 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

Исх.	9x9				3x9				4x9				5x9			
	C=-60.3120				C=-24.8951				C=-36.8853				C=-39.1133			
	Pr=2.4319e-06				Pr=0.0015				Pr=3.8228e-004				Pr=2.0337e-004			
	D2= 83.5608				D2=35.1898				D2=45.3014				D2=50.0038			
	QN(+)=[1;3;5;11;16;18;19;25;26]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;15;24]; QK(k)=[4;12;14;17;20;21;22;23];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12;16;17;18]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;14;15]; QK(k)=[19;20;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12;16;17;18]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;14;15]; QK(k)=[19;20;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12;16;17;18]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;14;15]; QK(k)=[19;20;21;22;23;24;25;26];			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2			2x	2x			2x	2x			2x	2x			2x	2x
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4		4k			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5	5+	5+			5+	5+			5+	5+			5+	5+		
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7			7x	7x			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x
9			9x	9x			9x	9x			9x	9x			9x	9x
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14				14k			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16	16+	16+			16+	16+			16+	16+			16+	16+		
17		17k			17+	17+			17+	17+			17+	17+		
18	18+	18+			18+	18+			18+	18+			18+	18+		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20				20k				20k				20k				20k
21				21k				21k				21k				21k
22		22k				22k				22k				22k		
23				23k				23k				23k				23k
24			24x	24x				24k				24k				24k
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26	26+	26+				26k				26k				26k		

Продолжение таблицы Е. 56

Исх.	9x9				6x9				7x9				8x9			
	C=-60.3120				C=-39.3623				C=-44.8551				C=-44.5604			
	Pr=2.4319e-06				Pr=1.9913e-004				Pr=1.2055e-004				Pr=1.0860e-004			
	D2= 83.5608				D2=50.1613				D2=53.9207				D2=54.7047			
	QN(+)=[1;3;5;11;16;18;19;25;26]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;15;24]; QK(k)=[4;12;14;17;20;21;22;23];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12;16;17;18]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;14;15]; QK(k)=[19;20;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12;16;17;18]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;14;15]; QK(k)=[19;20;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12;16;17;18]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;14;15]; QK(k)=[19;20;21;22;23;24;25;26];			
QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2			2x	2x			2x	2x			2x	2x			2x	2x
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4		4k			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5	5+	5+			5+	5+			5+	5+			5+	5+		
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7			7x	7x			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x
9			9x	9x			9x	9x			9x	9x			9x	9x
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x			13x	13x
14				14k			14x	14x			14x	14x			14x	14x
15			15x	15x			15x	15x			15x	15x			15x	15x
16	16+	16+			16+	16+			16+	16+			16+	16+		
17		17k			17+	17+			17+	17+			17+	17+		
18	18+	18+			18+	18+			18+	18+			18+	18+		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20				20k				20k				20k				20k
21				21k				21k				21k				21k
22		22k				22k				22k				22k		
23				23k				23k				23k				23k
24			24x	24x				24k				24k				24k
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26	26+	26+				26k				26k				26k		

Таблица Е. 57 – Результаты деления на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

Исх	9x9				3x8				3x7				3x6			
	C=-60.3120				C=-32.5288				C=-32.7643				C=-47.3353			
	Pr=2.4319e-06				Pr=4.1149e-004				Pr=2.9971e-004				Pr=2.5961e-005			
	D2=83.5608				D2=44.7547				D2=47.1112				D2=65.5063			
QN(+)=[1;3;5;11;16;18;19;25;26]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;15;24]; QK(k)=[4;12;14;17;20;21;22;23];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12;16;17]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;14]; QK(k)=[15;18;19;20;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12;16]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13]; QK(k)=[14;15;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26];				QN(+)=[1;3;4;5;11;12]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10]; QK(k)=[13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26];				
.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2			2x	2x			2x	2x			2x	2x			2x	2x
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4		4k			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5	5+	5+			5+	5+			5+	5+			5+	5+		
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7			7x	7x			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x			8x	8x
9			9x	9x			9x	9x			9x	9x			9x	9x
10			10x	10x			10x	10x			10x	10x			10x	10x
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12k			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13			13x	13x			13x	13x			13x	13x				13k
14				14k			14x	14x				14k				14k
15			15x	15x				15k				15k				15k
16	16+	16+			16+	16+			16+	16+				16k		
17		17k			17+	17+				17k				17k		
18	18+	18+				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20				20k				20k				20k				20k
21				21k				21k				21k				21k
22		22k				22k				22k				22k		
23				23k				23k				23k				23k
24			24x	24x				24k				24k				24k
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26	26+	26+				26k				26k				26k		

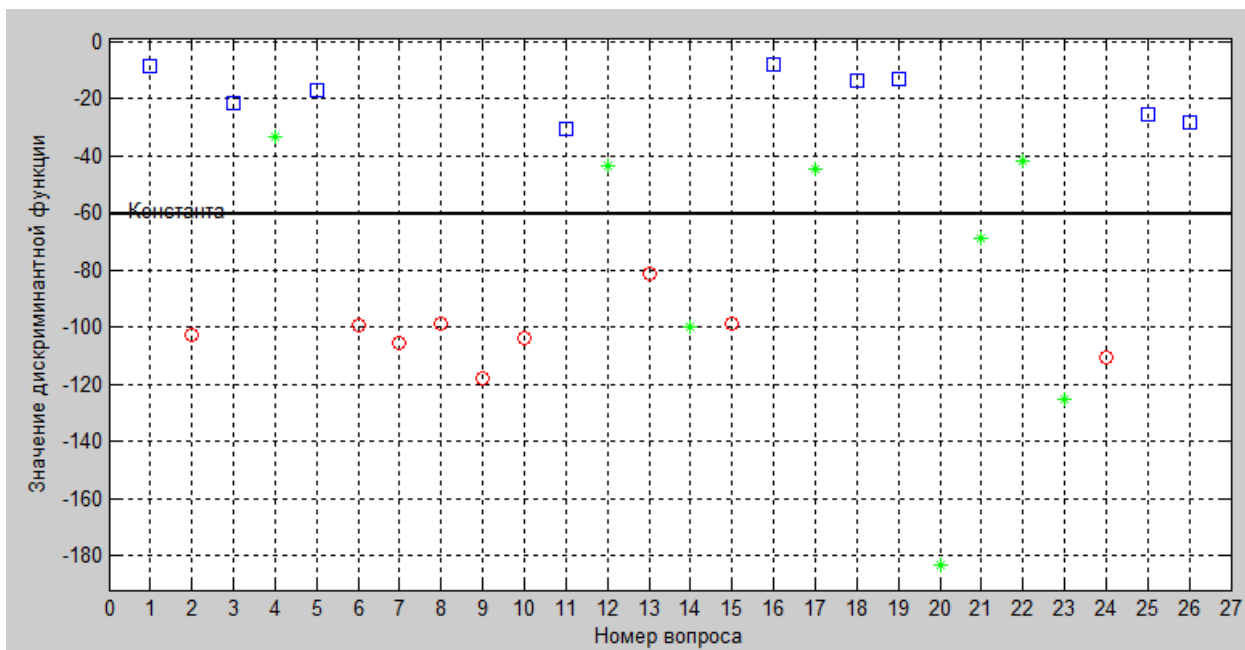
Продолжение таблицы Е. 57

Ис х.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
	9x9		3x5		3x4		3x3		C=-60.3120		C=-49.9456		C=-83.5837		C=-97.1256	
	Pr=2.4319e-06		Pr=9.3421e-006		Pr=1.0602e-008		Pr=2.0046e-010		D2=83.5608		D2=73.2757		D2=125.5242		D2=156.3682	
	QN(+)=[1;3;5;11;16;18;19;25;26]; QS(x)=[2;6;7;8;9;10;13;15;24]; QK(k)=[4;12;14;17;20;21;22;23];		QN(+)=[1;3;4;5;11]; QS(x)=[2;6;7;8;9]; QK(k)=[10;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26];		QN(+)=[1;3;4;5]; QS(x)=[2;6;7;8]; QK(k)=[9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26];		QN(+)=[1;3;4]; QS(x)=[2;6;7]; QK(k)=[5;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26];									
1	1+	1+			1+	1+			1+	1+			1+	1+		
2			2x	2x			2x	2x			2x	2x			2x	2x
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4		4k			4+	4+			4+	4+			4+	4+		
5	5+	5+			5+	5+			5+	5+				5k		
6			6x	6x			6x	6x			6x	6x			6x	6x
7			7x	7x			7x	7x			7x	7x			7x	7x
8			8x	8x			8x	8x			8x	8x				8k
9			9x	9x			9x	9x				9k				9k
10			10x	10x				10k				10k				10k
11	11+	11+			11+	11+				11k				11k		
12		12k				12k				12k				12k		
13			13x	13x				13k				13k				13k
14				14k				14k				14k				14k
15			15x	15x				15k				15k				15k
16	16+	16+				16k				16k				16k		
17		17k				17k				17k				17k		
18	18+	18+				18k				18k				18k		
19	19+	19+				19k				19k				19k		
20				20k				20k				20k				20k
21				21k				21k				21k				21k
22		22k				22k				22k				22k		
23				23k				23k				23k				23k
24			24x	24x				24k				24k				24k
25	25+	25+				25k				25k				25k		
26	26+	26+				26k				26k				26k		

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества параметров представлено на рисунках Е. 20 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 53, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

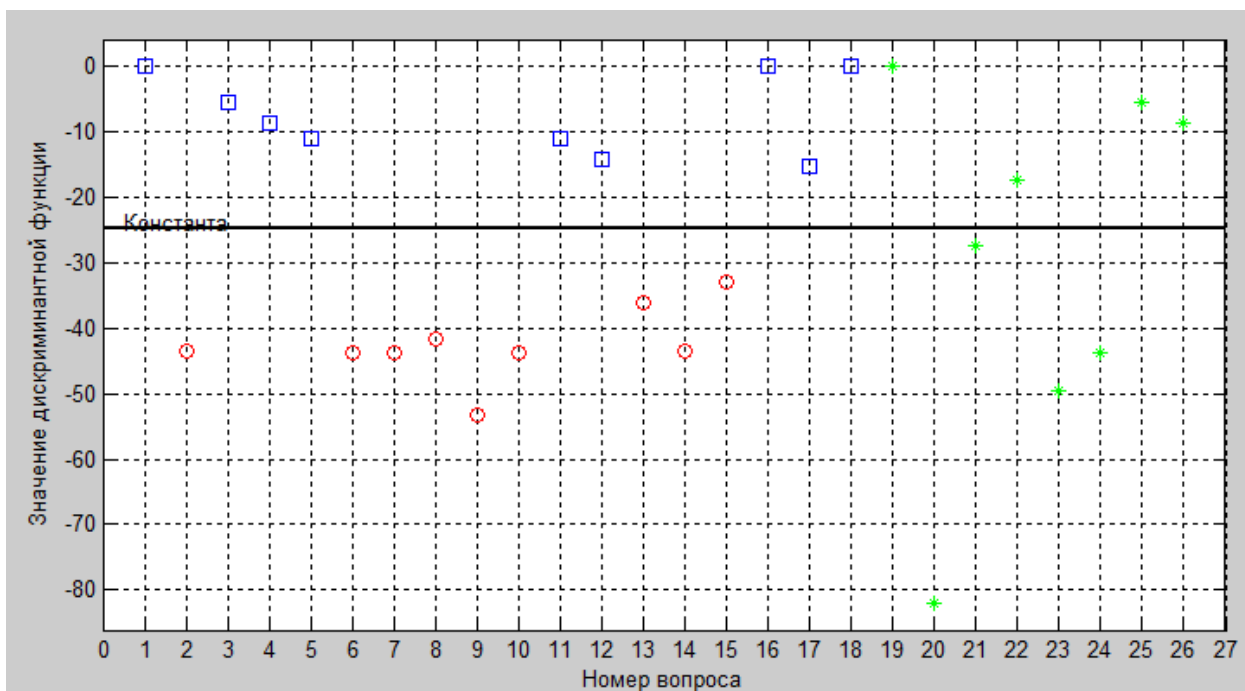
а)

9x9



б)

3x9



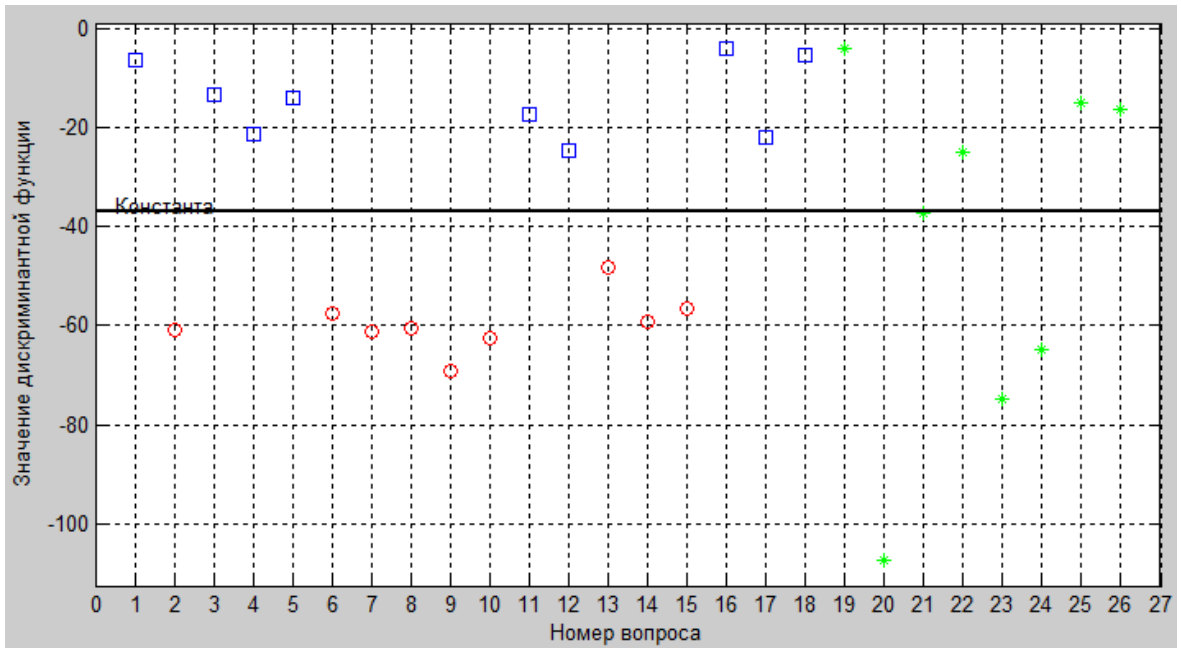
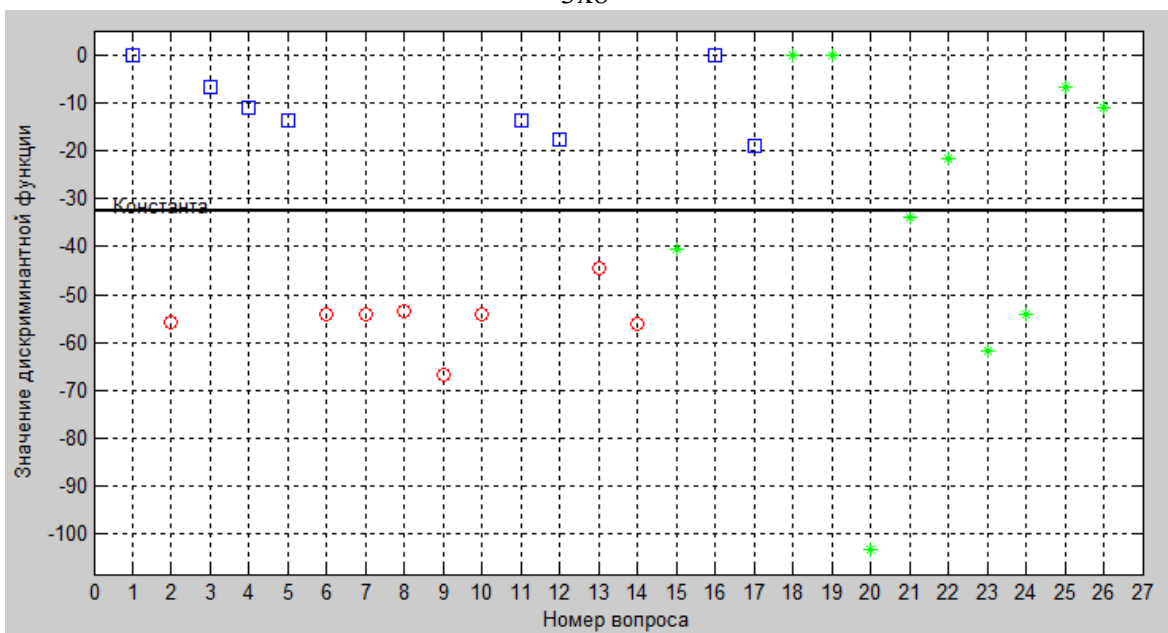
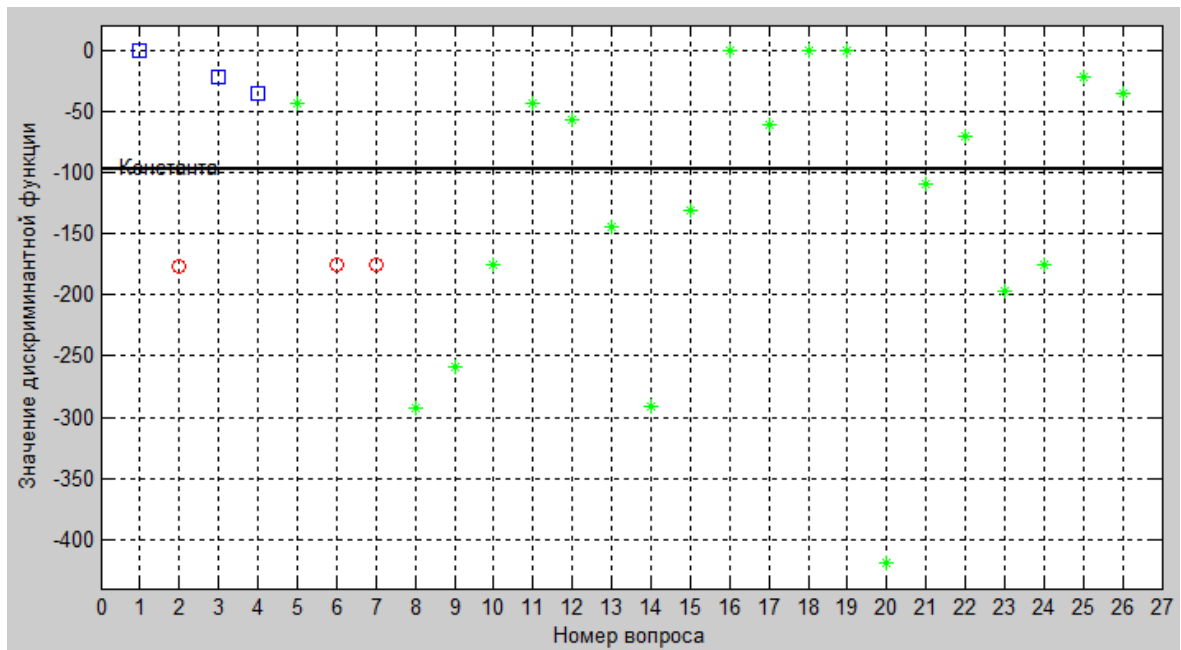
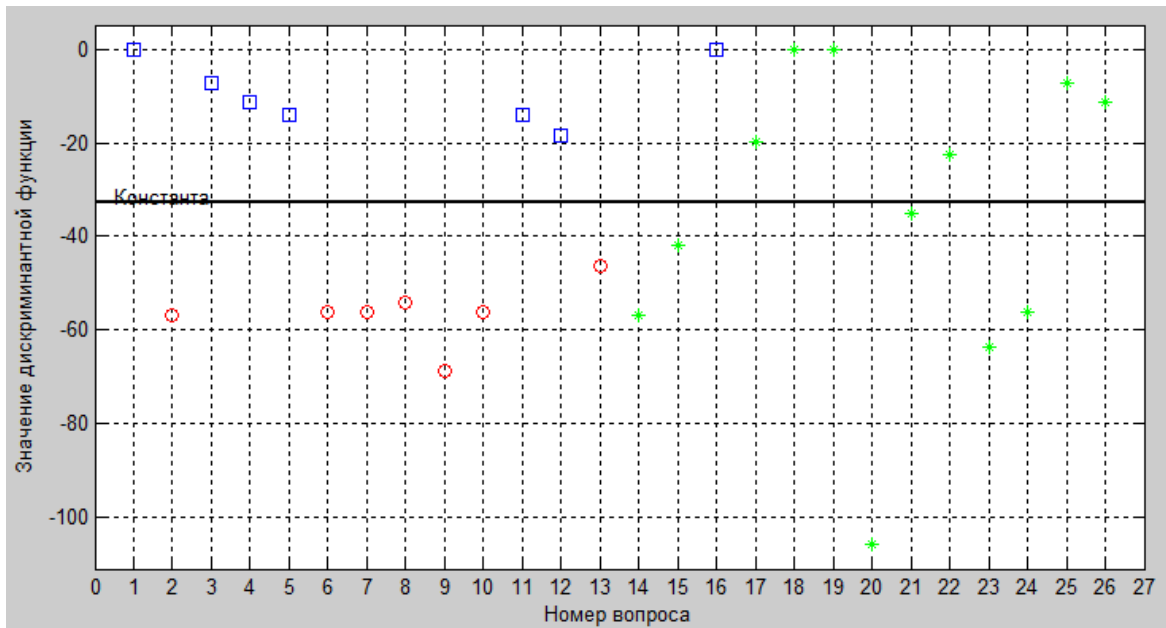
в)
4x9

Рисунок Е. 20 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества параметров, исследуемый 13

Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 9 до 3 при постоянном числе вопросов, равном 9.

Графическое представление распределения вопросов в зависимости от количества вопросов представлено на рисунках Е. 21 а, б, в. По оси абсцисс перечисляются номера вопросов в соответствии с таблицей Е. 53, по оси ординат отображаются значения дискриминантных функций.

а)
3x8



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, * – дополнительные вопросы

Рисунок Е. 21 – Распределение вопросов на группы в зависимости от количества вопросов при данном количестве параметров, исследуемый 13

Данный анализ показывает, что разделение на группы вопросов исследуемого 13 не зависит от количества вопросов при использовании для классификации 3 наиболее значимых параметров.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.
АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Томский национальный исследовательский медицинский центр
Российской академии наук»



**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КАРДИОЛОГИИ
(НИИ кардиологии)**

Киевская ул. д. 111 а, Томск, 634012, тел./ факс (3822) 55-83-67/55-50-57, e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru
ОКПО 00537680, ИНН/КПП 7019011979/701745006

14.09.2018

№ 01-08/648



«Утверждаю»

Директор НИИ кардиологии
академик РАН С.В. Попов

АКТ

Внедрения в лечебно-диагностический процесс отделения неотложной кардиологии НИИ кардиологии результатов диссертационной работы НГУЕН ДАНГ КУАНГ «РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТНО – ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: председатель комиссии: заместитель директора по научной и лечебной работе, д.м.н. В.В. Рябов; секретарь комиссии: заместитель главного врача М.А. Полякова; постоянные члены комиссии: Н.Л. Малогина, д.м.н. С.И. Карась, д.м.н. И.Ю. Ефимова; заведующий отделением неотложной кардиологии к.м.н. Демьянов С.В.- удостоверяем, что результаты диссертационной работы НГУЕН ДАНГ КУАНГ внедрены в лечебно-диагностический процесс отделения неотложной кардиологии с 2017 г.

Проведены исследования по оценке микропотенциалов сердца и головного мозга с использованием регистрации высокоточной электрокардиографии и электроэнцефалографии для раннего выявления признаков угрожающей сердечной смерти, развития нарушения функции головного мозга и нарушения функции дыхания с помощью аппаратно-программного комплекса. В исследование включались добровольцы и пациенты с инфарктом миокарда. Показана безопасность применения комплекса с заявленными целями, получена информация и набран клинико-инструментальный материал, позволяющий получить новые знания для выявления признаков развития острой сердечно-сосудистой недостаточности, развитию электромеханической диссоциации миокарда, риска развития острых нарушений сердечного ритма и внезапной смерти.

Использование разработанного авторским коллективом аппаратно-программного комплекса имеет перспективы дальнейшего исследования и применения в отделениях реанимации и интенсивной терапии, в отделениях кардиологии и функциональной диагностики. Полученный материал совместных исследований может повысить качество диагностики и эффективность лечения больных острым инфарктом миокарда.

Председатель комиссии:  д.м.н. В.В. Рябов

Секретарь комиссии:  заместитель главного врача М.А. Полякова

Постоянные члены комиссии:

Н.Л. Малюгина

д.м.н. С.И. Карась

д.м.н. И.Ю. Ефимова







Член комиссии на временной основе:

заведующий отделением

неотложной кардиологии

НИИ кардиологии,

к.м.н., С.В. Демьянов