

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Балашовский институт (филиал)

Кафедра физики и информационных технологий

**АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ КАРДИОГРАФА «MEDINOVA ECG-9801»  
ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 143 группы  
направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», профиля  
«Биомедицинская инженерия»,  
факультета математики, экономики и информатики  
Сидоренко Алексея Евгеньевича

Научный руководитель  
кандидат педагогических наук,  
доцент \_\_\_\_\_ Е.В. Сухорукова  
(подпись, дата)

Зав. кафедрой ФиИТ  
кандидат педагогических наук,  
доцент \_\_\_\_\_ Е.В. Сухорукова  
(подпись, дата)

## ВВЕДЕНИЕ

Измерение - набор операций с использованием технического инструмента для определения значения измеренной величины. Объектом измерения выступает тело, которое можно описать одной или несколькими измеренными физическими величинами.

Информация о величине физической величины, полученной при измерении, называется информацией об измерении.

Основными характеристиками любого измерения являются принцип измерения, метод измерения и погрешность измерения.

Погрешность - это отклонение результата измерения от истинного значения.

Погрешности классифицируются по разным параметрам.

Кардиограф, как и любой другой технический прибор, обладает своими внутренними погрешностями, поэтому, зная наперед отклонения измеряемой величины от истинной, можно с определенной долей точности получать достоверную информацию.

Погрешности современных электрокардиографов регламентируются ГОСТ Р МЭК 60601-2-51-2008 и составляют не более 10%, в зависимости от исследуемого физиологического параметра. Основными настроечными параметрами кардиографов являются: чувствительность прибора, скорость записи кардиограммы, частотная характеристика. Размах значений погрешностей достаточно широк и в конкретном случае невозможно наперед предугадать, на сколько именно будет отклоняться измеренное значение от истинного.

Этим обосновывается актуальность выбранной темы ВКР «Анализ погрешностей кардиографа «Medinova ECG-9801» при измерении физиологических показателей».

Объектом исследований является перечень погрешностей кардиографа, а предметом – статистический анализ влияющих на них факторов.

Цель работы: построение последовательности проведения статистического анализа погрешностей кардиографа

Задачи:

1. Рассмотреть виды, принцип работы и структурную схему электрокардиографов;
2. обосновать перечень физиологических показателей, измеряемых кардиографом;
3. провести статистический анализ погрешностей кардиографа.

При работе над ВКР использовались следующие методы исследования: теоретический (сравнительный анализ), моделирование и эмпирический (эксперимент).

Работа состоит из введения, трех глав, выводов к каждой главе, заключения и списка использованных источников.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** рассмотрено описание, принцип работы и виды аппаратов ЭКГ, а также проведено физическое обоснование метода кардиографии.

Электрокардиограмма - современная методика диагностики сердечной деятельности, основной метод проведения диагностики работы сердца, дающий информацию о частоте и регулярности сокращений сердечных мышц. Это позволяет своевременно обнаружить острые или хронические нарушения функций миокарда, иные патологии, в том числе ряд внесердечных заболеваний (напр., тромбоэмболию легочных артерий), а также диагностировать нарушение обмена магния, кальция.

В комплекс функциональной диагностики ЭКГ входят такие функции, как регистрация до 12 отведений, автоматическое синдромальное заключение, автоматический расчет основных параметров, сравнение ЭКГ в динамике.

Электрокардиограф (ЭК) - прибор для регистрации электрокардиограммы.

В рамках современных научных достижений электрокардиографы

способны выполнять многочисленные задачи, обладая при этом незначительными габаритами

Согласно количеству каналов, которые могут записываться одновременно тем или иным кардиографом, они разделяются на несколько видов:

- одноканальные;
- трехканальные;
- шестиканальные;
- двенадцатиканальные.

Биоэлектрические процессы в организме широко используются в медицине как источник диагностической информации о состоянии активности тканей и органов. Современная диагностика сердечных заболеваний не может обойтись без электрокардиографического исследования, представляющего собой анализ зарегистрированной кривой изменения биопотенциалов сердца.

Регистрация потенциалов, возникающих на поверхности тела, может проводиться непрерывно и многократно, без каких-либо болезненных ощущений или вредных воздействий на организм. Это важное достоинство наряду с большой информативностью было одной из причин широкого распространения биоэлектрических методов исследования.

Регистрируемые биопотенциалы являются следствием процессов, протекающих в клетках тканей организма человека. В результате различной концентрации неорганических ионов (главным образом калия, натрия, хлора) внутри и вне клетки, мембраны клеток оказываются заряженными. В состоянии покоя внутренняя поверхность мембран имеет постоянный отрицательный потенциал по отношению к внешней. У волокон сердечной мышцы этот потенциал составляет 90 - 95 мВ ("потенциал покоя").

При возбуждении ткани происходит изменение потенциала мембраны, возникает так называемый "потенциал действия", обусловленный скачкообразным изменением проницаемости мембраны, происходящим при

возбуждении клетки. Этот процесс сопровождается быстрым изменением распределения ионов, которое затем восстанавливается. Пик «потенциала действия» имеет длительность несколько миллисекунд и амплитуду около 100 мВ [4].

В ткани процесс возбуждения распространяется, происходит передача сигналов от рецепторов к нервным клеткам, по нервным стволам к мышцам и т.д.

Электрические поля отдельных клеток, складываясь, создают электрическое поле вокруг участка ткани или органа. В результате возникают определенным образом распределенные потенциалы во всем теле, в том числе и на его поверхности.

В данный момент в отечественной медицине используют 3 основных типа аппаратов электрокардиографии. Самые простые - выдают ЭКГ в виде кривой рисованной линии на бумажной ленте. Более сложные - проводят измерение амплитудно-временных параметров сердца и представляют их значение в цифровом виде. Это экономит время врача. Последнее поколение аппаратов ЭКГ не только обладает характеристиками более простых моделей, но также интерпретирует ЭКГ.

**Вторая глава** посвящена обоснованию перечня физиологических показателей, подлежащих исследованию, а также описанию погрешностей измерительных устройств.

Инструментальная погрешность (или погрешность измерительных устройств) является одним из главных параметров для распространенных технических измерений.

Данные погрешности можно поделить на несколько групп:

- по характеру проявления;
- по условиям применения прибора;
- по режиму применения прибора;
- по форме представления.

По характеру проявления возможно возникновение *систематической* или *случайной погрешности*. По форме представления принято различать абсолютную, относительную и приведенную погрешности измерительных устройств. По режиму применения прибора погрешности принято разделять на аддитивную, мультипликативную, линейности и гистерезиса.

Виды помех можно поделить на две группы: внутренние и внешние.

Внутренние помехи включают в себя тепловой шум усилителя и фон с частотой сети питания. Для снижения количества внутренних помех необходимо провести выбор элементов с низким уровнем шума и тщательную фильтрацию напряжения сети питания.

Причинами внешних помех являются биопотенциалы органов и тканей, которые не связаны с изучаемым процессом, электрохимические процессы на электродах и внешние электрические, магнитные и электромагнитные поля, также человеческий фактор, т.е. движение пациента во время проведения исследования, неправильные действия оператора.

**В третьей главе** описано построение последовательности проведения статического анализа погрешностей кардиографа.

Построение статистических функций, описывающих поведение погрешности измерения ширины QRS-комплекса проводилось по методу наименьших квадратов, который является самым наглядным методом обработки экспериментальных данных.

В качестве таких функций строились четыре статистические модели: линейная, квадратичная, степенная и экспоненциальная, которые в общем случае имеют вид:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X \text{ – линейная,}$$

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 \text{ – квадратичная,}$$

$$Y = a_0 \cdot X^{a_1} \text{ – степенная,}$$

$$Y = a_0 \cdot e^{a_1 x} \text{ – экспоненциальная.}$$

В этих моделях  $a_0, a_1, a_2$  – искомые постоянные коэффициенты,  
 $Y$  – исследуемая величина (погрешность прибора), а  $X$  – влияющий параметр (в нашем случае – чувствительность прибора)

После расчета вышеперечисленных моделей, а также расчета критерия Пирсона (таблица 1) были приведены графические иллюстрации (рисунки 2-5) поведения погрешности в зависимости от чувствительности прибора.

Таблица 1 – Таблица расчета критерия Пирсона

№ пп	$Y$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$\frac{[Y - Y_1]^2}{Y_1}$	$\frac{[Y - Y_2]^2}{Y_2}$	$\frac{[Y - Y_3]^2}{Y_3}$	$\frac{[Y - Y_4]^2}{Y_4}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2,00	2,371	2,053	2,283	2,772	0,058	0,001	0,035	0,215
2	3,00	2,855	2,664	2,764	3,038	0,007	0,042	0,020	0,000
3	3,50	3,339	3,257	3,249	3,328	0,008	0,018	0,019	0,009
4	4,00	3,823	3,832	3,738	3,647	0,008	0,007	0,018	0,034
5	4,00	4,306	4,389	4,230	3,996	0,022	0,034	0,013	0,000
6	4,50	4,790	4,927	4,725	4,378	0,018	0,037	0,011	0,003
7	5,00	5,274	5,448	5,222	4,797	0,014	0,037	0,009	0,009
8	5,00	5,758	5,950	5,721	5,256	0,100	0,152	0,091	0,013
9	7,00	6,242	6,434	6,223	5,759	0,092	0,050	0,097	0,267
10	7,50	6,725	6,899	6,726	6,311	0,089	0,052	0,089	0,224
11	8,00	7,209	7,347	7,231	6,915	0,087	0,058	0,082	0,170
12	8,00	7,693	7,776	7,738	7,576	0,012	0,006	0,009	0,024
13	8,00	8,177	8,187	8,247	8,302	0,004	0,004	0,007	0,011
14	8,50	8,661	8,580	8,757	9,096	0,003	0,001	0,008	0,039
15	9,00	9,144	8,955	9,268	9,967	0,002	0,000	0,008	0,094
16					10,92				
	9,00	9,628	9,311	9,780	0	0,041	0,010	0,062	0,338
$\Sigma$						0,565	0,511	0,578	1,450

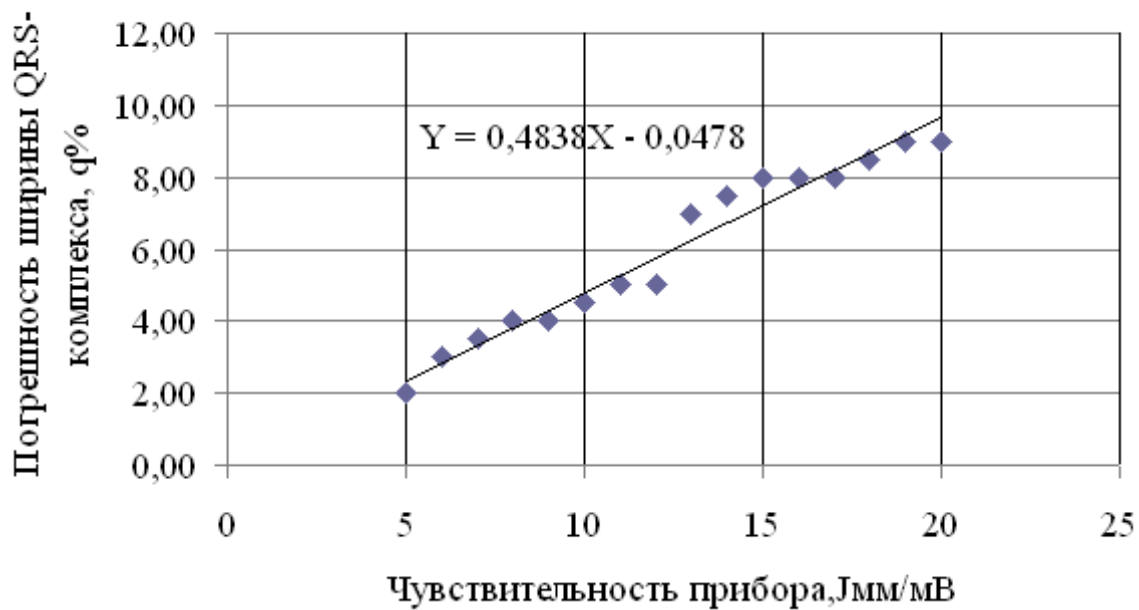


Рисунок 2 – Линейная модель

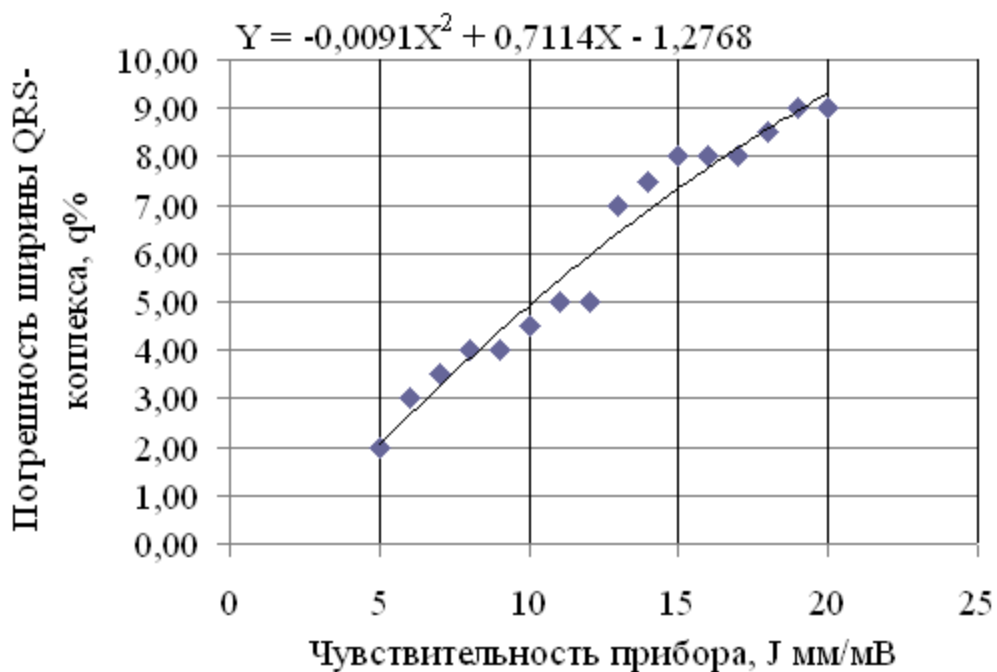


Рисунок 3 – Квадратичная модель



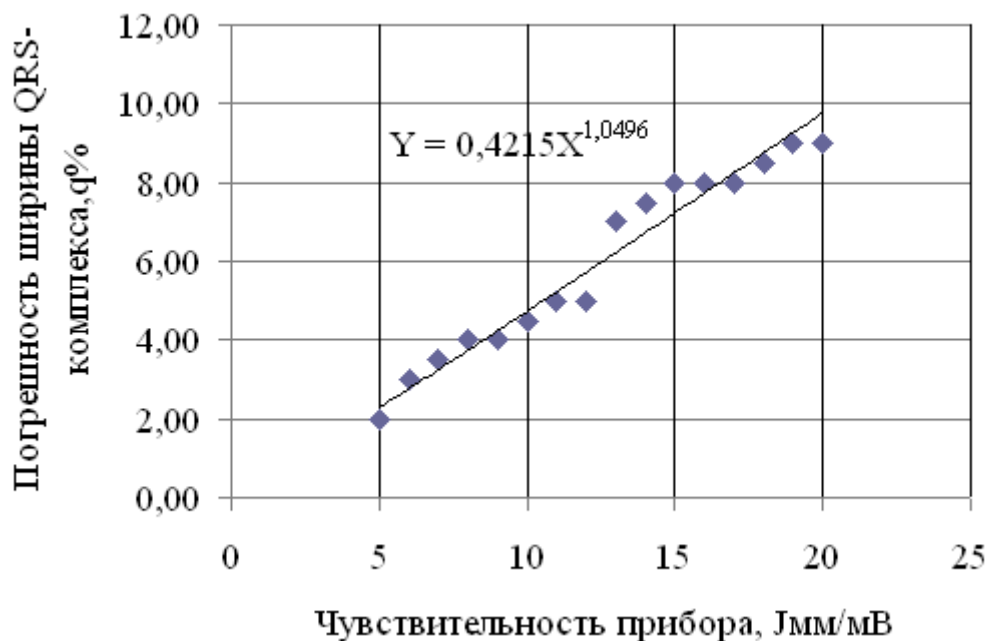


Рисунок 4 – Степенная модель

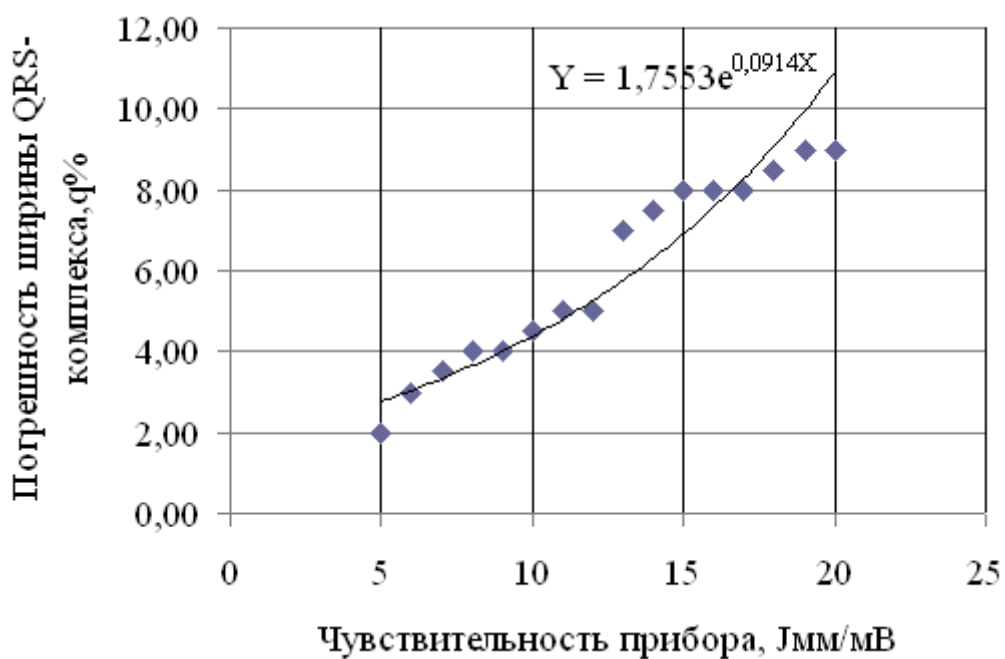


Рисунок 5 – Экспоненциальная модель

Проверка гипотезы о подчинении разброса значений погрешностей нормальному закону распределения случайной величины велась в последовательности регламентированной методами теории вероятностей и математической статистики.

Для определения, какая именно из полученных моделей имеет наибольшую сходимость с нормальным законом распределения, был проведен расчет по данным таблиц 4 и 5 критерия согласия Пирсона [3,4].

Таблица 2 – Расчет критерия Пирсона  $\chi^2$  для линейной и квадратичной моделей

№ пп	X	Линейная модель			Квадратичная модель		
		$W_1$	$P_1$	$\frac{[W_1 - P_1]^2}{P_1}$	$W_2$	$P_2$	$\frac{[W_2 - P_2]^2}{P_2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5	0,023	0,032	0,0025	0,003	0,031	0,0253
2	6	0,009	0,037	0,0212	0,021	0,037	0,0069
3	7	0,010	0,042	0,0244	0,015	0,043	0,0182
4	8	0,011	0,047	0,0276	0,011	0,049	0,0295
5	9	0,019	0,051	0,0201	0,024	0,054	0,0167
6	10	0,018	0,054	0,0240	0,027	0,059	0,0174
7	11	0,017	0,057	0,0281	0,028	0,062	0,0186
8	12	0,047	0,058	0,0021	0,059	0,063	0,0003
9	13	0,047	0,058	0,0021	0,036	0,063	0,0116
10	14	0,048	0,057	0,0014	0,038	0,062	0,0093
11	15	0,049	0,054	0,0005	0,041	0,059	0,0055
12	16	0,019	0,051	0,0201	0,014	0,054	0,0296
13	17	0,011	0,047	0,0276	0,012	0,049	0,0279
14	18	0,010	0,042	0,0244	0,005	0,043	0,0336
15	19	0,009	0,037	0,0212	0,003	0,037	0,0312
16	20	0,039	0,032	0,0015	0,019	0,031	0,0046
$\Sigma$				0,2486			0,2862

Таблица 3 – Расчет критерия Пирсона  $\chi^2$  для степенной и экспоненциальной моделей

№ пп	X	Степенная модель			Экспоненциальная модель		
		$W_3$	$P_3$	$\frac{[W_3 - P_3]^2}{P_3}$	$W_4$	$P_4$	$\frac{[W_4 - P_4]^2}{P_4}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5	0,018	0,032	0,0061	0,048	0,032	0,0080
2	6	0,015	0,037	0,0131	0,002	0,036	0,0321
3	7	0,016	0,042	0,0161	0,011	0,039	0,0201
4	8	0,016	0,046	0,0196	0,022	0,042	0,0095
5	9	0,014	0,050	0,0259	0,000	0,045	0,0450
6	10	0,014	0,053	0,0287	0,008	0,047	0,0324
7	11	0,014	0,055	0,0306	0,013	0,049	0,0264
8	12	0,045	0,056	0,0022	0,016	0,049	0,0222
9	13	0,049	0,056	0,0009	0,078	0,049	0,0172
10	14	0,048	0,055	0,0009	0,074	0,049	0,0128
11	15	0,048	0,053	0,0005	0,068	0,047	0,0094
12	16	0,016	0,050	0,0231	0,027	0,045	0,0072
13	17	0,015	0,046	0,0209	0,019	0,042	0,0126
14	18	0,016	0,042	0,0161	0,037	0,039	0,0001
15	19	0,017	0,037	0,0108	0,060	0,036	0,0160
16	20	0,049	0,032	0,0090	0,120	0,032	0,2420
$\Sigma$				0,2244			0,5130

Анализ расчетных данных таблиц 2 и 3 позволяет установить, что наибольшая плотность вероятностей по всем четырем моделям соответствует интервалу чувствительности от 7 до 10 мм/мВ. Это означает, что в этих пределах обеспечивается наиболее стабильная погрешность прибора 5,3%...6,7%.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе достигнута поставленная цель – построена последовательность проведения статистического анализа погрешностей кардиографа «MEDINOVA ECG-9801».

Выполнены следующие задачи:

- Рассмотрены виды, принцип работы и структурные схемы электрокардиографов;
- Обоснован перечень физиологических показателей, измеряемых кардиографом;
- Проведен статистический анализ погрешностей кардиографа.

Также было приведено физическое обоснование метода кардиографии, были установлены виды погрешностей, возникающих при проведении измерений, в частности существование погрешностей прибора и погрешностей самого процесса измерений, были изучены виды помех, возникающих при приведении ЭКГ, были рассмотрены режимы поверки кардиографа, включающие в себя эксплуатационные правила проведения поверки.

Данная ВКР будет полезна преподавателям и студентам, обучающимся по направлению «Биотехнические системы и комплексы», медицинским работникам, реализующим свою деятельность в области кардиологии.