



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Приборостроение»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к курсовой работе
«Исследование
биоэлектрической активности
мозга в цикле
«бодрствование - сон»

Автор
Цыбрий И.К.

Ростов-на-Дону, 2014



Аннотация

Методические указания предназначены для студентов направления 201000.62 очной формы обучения.

Автор

к.т.н., доцент Цыбрий И.К.





Оглавление

1 Общие положения	4
2 Исходные данные для выполнения курсовой работы	5
3 Порядок выполнения курсовой работы	6
3.1 Визуальный метод оценки ЭЭГ цикла "бодрствование - сон"	6
3.2 Спектральный анализ ЭЭГ цикла "бодрствование - сон"	7
3.3 Автокорреляционный анализ ЭЭГ цикла "бодрствование - сон"	9
4 Требования к содержанию и оформлению пояснительной записки	15
Литература	17



Исследование биоэлектрической активности мозга
в цикле “бодрствование - сон

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовая работа предназначена для:

- проверки усвоения студентами теоретического материала по курсу: “Методы обработки биомедицинских сигналов данных”;
- получения навыков выбора адекватных способов представления экспериментальной информации, построения соответствующих математических моделей обработки и анализа информации;

- применения спектрального и автокорреляционного анализа ЭЭГ с использованием универсальных компьютерных программ.

Правила выбора варианта, а также требований к содержанию и оформлению курсовой работы приведены ниже.

Вариант курсовой работы выбирается из таблицы 1. Номер варианта включает два символа. Первый цифровой символ выбирается по последней цифре номера группы, второй цифровой символ выбирается по номеру фамилии студента в алфавитном списке группы. Например, студент группы 32 значит в списке группы под номером 14. Тогда номер варианта – 2.14.

Таблица 1

№ варианта	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20
	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20
	2.21	2.22	2.23	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28	2.29	2.30



Исследование биоэлектрической активности мозга
в цикле "бодрствование - сон"

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1 Анализ изменений биоэлектрической активности мозга, происходящих в цикле "бодрствование - сон", осуществляется по ЭЭГ, полученным на установке «Энцефалан-131-03».

2 Время записи фоновой ЭЭГ для каждого варианта – 1 минута.

3 Исходные данные для каждого варианта представлены в виде массивов данных в электронном виде. Пример массива экспериментальных данных показан в таблице 2.

Таблица 2

Отведения									
O2-A2	O1-A1	P4-A2	P3-A1	C4-A2	C3-A1	F4-A2	F3-A1	F8-A2	F7-A1
Бодрствование									
0	106	51	44	11	-16	-33	-60	10	28
0	65	18	-14	-2	-56	-39	-73	-5	18
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Дремота									
-59	-3	-61	-86	-57	-113	-89	-133	-43	-25
-113	-55	-126	-135	-97	-148	-115	-156	-67	-43
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Медленный сон									
-119	-81	-140	-151	-85	-142	-73	-115	-45	-13
-136	-95	-149	-150	-71	-131	-50	-96	-14	3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1 Визуальный метод оценки ЭЭГ цикла “бодрствование - сон”

Качественный визуальный анализ ЭЭГ должен включать:

- построение графиков ЭЭГ для всех отведений и состояний в соответствии с полученным заданием;
- выявление и исключение артефактов;
- анализ выраженности альфа-ритма (отсутствует; выражен вспышками или регулярной компонентой);
- форма альфа-ритма (веретенообразный с хорошо выраженными веретенами, веретенообразный с плохо выраженными веретенами, не модулированный по амплитуде);
- наличие медленно-волновой активности;
- определение относительной интенсивности ритмов ЭЭГ в зависимости от отведения и состояния, для чего производится медианное сглаживание ЭЭГ по 15 точкам и определяется размах данных в модуле “Анализ данных” программы Excel. Пример сглаживания приведен на рисунке 1.

В результате выполнения пункта 3.1 должны быть:

- приведены результаты качественного анализа ЭЭГ;
- построена диаграмма, показывающая динамику изменения ритмов ЭЭГ во всех отведениях и состояниях.

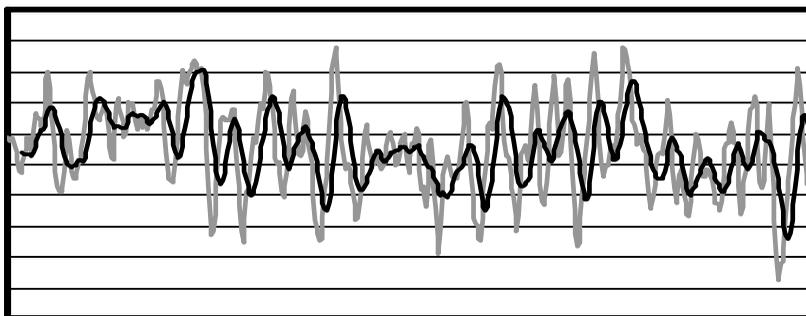


Рисунок 1 – Сглаживание ЭЭГ



3.2 Спектральный анализ ЭЭГ цикла “бодрствование - сон”

При проведении спектрального анализа наиболее часто применяются такие характеристики, как спектральная плотность мощности или спектральная плотность амплитуды ритмов ЭЭГ.

3.2.1 Построить амплитудные спектры ЭЭГ, для чего можно воспользоваться компьютерными программами Excel, Matlab, Mathcad и другими аналогичными.

Порядок получения спектров ЭЭГ в программе Excel приведен ниже:

- в модуле “Анализ данных” открыть блок “Анализ Фурье”;
- так как для спектрального анализа используется алгоритм быстрого преобразования Фурье, входной интервал должен содержать 2^k точек исходной ЭЭГ, например, 2048 точек;
- результатом спектрального анализа является массив чисел, представляющих собой комплексный спектр ЭЭГ;;
- для получения спектральных характеристик ЭЭГ необходимо воспользоваться входящей в состав Excel программой “Функция”;;
- по полученным массивам данных построить графики спектров модулей ЭЭГ для всех отведений и состояний.

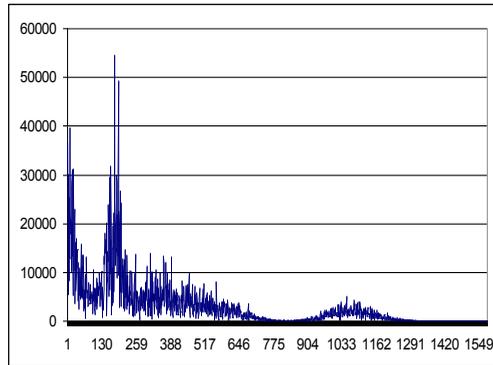
Пример таких графиков приведен на рисунке 2. Для уменьшения влияния высокочастотного фона графики спектров ЭЭГ сглаживались с использованием медианного сглаживания по 15 точкам в программе Excel.

Чтобы говорить о временном и частотном масштабах, необходимо знать, с какой частотой брались отсчеты анализируемого сигнала. Если последовательность $\{x(k)\}$ представляет собой отсчеты, взятые с частотой дискретизации F_s (то есть с интервалом $1/T = F_s$), то частоты анализа, соответствующие спектральным отсчетам, полученным в результате вычисления ДПФ, будут расположены с шагом F_s/N (частота дискретизации Энцефалан 256 Гц).

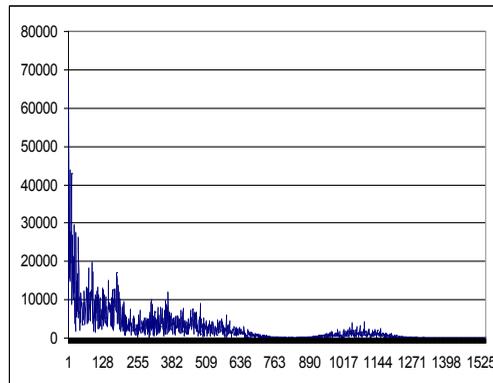
Первый элемент полученного вектора соответствует нулевой частоте, последний — частоте $F_s(N-1)/N$.



Исследование биоэлектрической активности мозга в цикле “бодрствование - сон



а



б

Рисунок 2 – Спектры модулей ЭЭГ для затылочного (а) и лобного (б) отведений

3.2.2 Выполнить визуальный анализ спектров, ответив на следующие вопросы:

- Какой ритм является доминирующим в состоянии бодрствования?

- Как изменяется максимальная амплитудная плотность α -ритма в при последовательном переходе от затылочных к лобным отведениям?

- Как можно оценить медленно-волновую активность мозга (тета- и дельта-ритмы) в различных отведениях, идентифицировать отдельные ритмы и определить их амплитудные характеристики?



Исследование биоэлектрической активности мозга в цикле "бодрствование - сон"

- Как изменяется по мере перехода от бодрствования к дремоте и медленному сну амплитуда и частотный диапазон α -ритма относительно фона?

- Какие ритмы преобладают в стадии медленного сна?

Данные об изменении спектральной плотности амплитуды ЭЭГ в медленно-волновом диапазоне и диапазоне α -ритма занести в таблицу 3, где:

$S_{\text{мв}}$ – спектральная плотность в области медленно-волновой активности;

S_{α} – спектральная плотность в диапазоне α -ритма;

$S_{\text{мв}}/S_{\alpha}$ – отношение спектральных плотностей, характеризует относительное преобладание интенсивности ритмов ЭЭГ в диапазоне медленных волн и α -ритма.

Таблица 3

Состояние	Отведения	Спектральная плотность ритмов ЭЭГ		
		$S_{\text{мв}}$	S_{α}	$S_{\text{мв}}/S_{\alpha}$
Бодрствование	O1-A1			
	O2-A2			
	...			
Дремота	O1-A1			
	O2-A2			
	...			
Медленный сон	O1-A1			
	O2-A2			
	...			

По данным таблицы построить графики зависимости $S_{\text{мв}}$, S_{α} и $S_{\text{мв}}/S_{\alpha}$ от состояния для разных отведений и описать, как изменяются (в %) спектральные характеристики ритмов ЭЭГ в процессе перехода от бодрствования к медленному сну.

3.3 Автокорреляционный анализ ЭЭГ цикла "бодрствование - сон"

Автокорреляционная функции применяется для выделения гармонических колебаний в составе ЭЭГ. Информационная ценность автокорреляционной функции (АКФ) определяется ее фильтрующим действием:



Исследование биоэлектрической активности мозга в цикле "бодрствование - сон"

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T-\tau} \left[\sum_{t=0}^{T-\tau} X(t)X(t+\tau) \right],$$

где $0 < \tau < T$ – время, на которое сдвигается исходный сигнал.

Если изучаемый сигнал представляет собой аддитивную смесь колебательных и случайных составляющих:

$$X(t) = \sum_{k=1}^N a_k \sin(k\omega t) + \varepsilon,$$

то АКФ такого сигнала будет равна:

$$R_{xx}(\tau) = \sum_{k=1}^N \frac{a_k^2}{2} \cos(k\omega\tau) + \varepsilon.$$

Причем амплитуда случайной составляющей убывает с возрастом τ , тогда как амплитуда периодической составляющей остается неизменной.

3.3.1 Построить автокорреляционные функции (АКФ), используя компьютерные программы Matlab, Mathcad или другие программы, в которых предусмотрено построение АКФ. Шаг для анализа τ обычно принимается равным 1.

3.3.2 Выполнить визуальный анализ АКФ, ответив на следующие вопросы:

- Какова характерная форма АКФ?
- О чем свидетельствует быстрый спад АКФ в области случайных процессов?
- Что представляет собой неслучайная часть АКФ?
- Чем объясняется затухание неслучайной части АКФ?

Для более детального анализа отобрать АКФ наиболее характерных отведений в состояниях бодрствования, дремоты и медленного сна: затылочного O2-A2, центрального C3-A1 и лобного F7-A1 .



Исследование биоэлектрической активности мозга

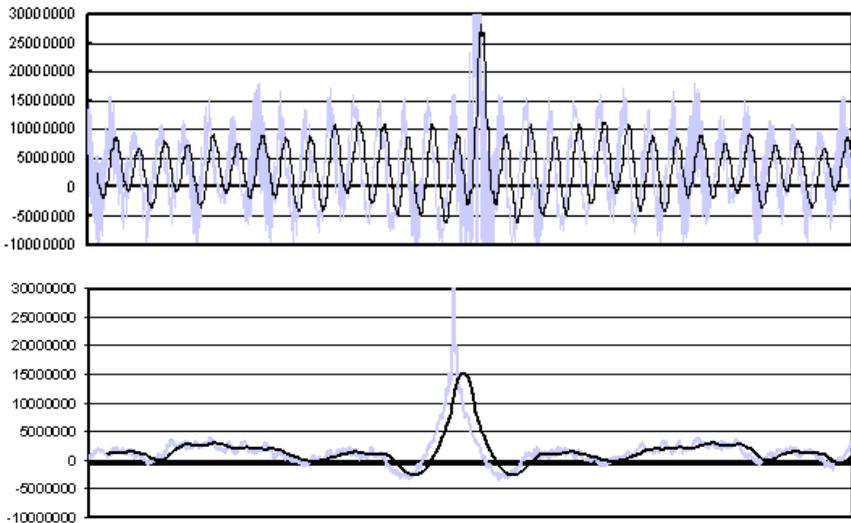


Рисунок 3 – АКФ ЭЭГ в затылочном отведении (бодрствование) и в лобном отведении (медленный сон)

3.3.3 Определить числовые величины, характеризующие обрабатываемую ЭЭГ:

- периодичность процесса - коэффициент отношения мощности периодической (квазипериодической) составляющей к мощности случайной составляющей;
- устойчивость колебаний - время затухания автокорреляционной функции.

Устойчивость колебаний определяется по величине задержки, при которой амплитуда периодических колебаний на коррелограмме уменьшается на 10% от максимальной. Результаты занести в таблицу 4.

Показать графически, как зависит устойчивость колебаний от физиологического состояния в разных отведениях.

Объяснить полученные результаты.



Исследование биоэлектрической активности мозга
в цикле "бодрствование - сон"

Таблица 4 – Определение устойчивости колебаний

Отведения	Устойчивость колебаний, %		
	Бодрствование	Дремота	Медленный сон
O2-A2			
C3-A1			
F7-A1			

Коэффициент периодичности колебаний, характеризующий степень приближения колебаний к гармоническому закону, определяется как отношение амплитудных значений периодической и случайной составляющей АКФ по следующему алгоритму:

- производится измерение отклонений на коррелограмме каждого колебания от пика до пика;

- вычисляется средняя величина амплитуды колебания

$$A_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N};$$

- определяется половина от этой средней амплитуды, которая представляется как средняя амплитуда периодической составляющей на данной коррелограмме:

$$A_n = A_{cp}/2;$$

- определяется разница между максимальным значением автокорреляционной функции и вычисленным средним значением амплитуды периодической составляющей,

- эта разница отражает амплитуду случайной составляющей:

$$A_c = A(0) - A_n;$$

- вычисляется отношение средней амплитуды периодической составляющей к амплитуде случайной составляющей. Эта количественная величина характеризует выраженность периодики на данной ЭЭГ:

$$K_n = A_n / A_c.$$

Результаты занести в таблицу 5.

Таблица 5 – Определение периодичности колебаний



Исследование биоэлектрической активности мозга
в цикле "бодрствование - сон"

Состояние	Коэффициент периодичности колебаний		
	O2-A2	C3-A1	F7-A1
Бодрствование			
Дремота			
Медленный сон			

Показать графически, как зависит периодичность колебаний от физиологического состояния в разных отведениях.

Проанализировать полученные данные, ответив на следующие вопросы:

- В каких отведениях наблюдается наибольшая периодичность и устойчивость колебаний?

- Как изменяется периодичность колебаний по мере перехода от бодрствования к медленному сну в затылочном, центральном и лобном отведениях?

Таблица 6

Состояние	Отведения	Ритмы ЭЭГ		
		α	θ	δ
Бодрствование	O2-A2			
	C3-A1			
	F7-A1			
Дремота	O2-A2			
	C3-A1			
	F7-A1			
Медленный сон	O2-A2			
	C3-A1			
	F7-A1			

Для более детального рассмотрения ритмов ЭЭГ целесообразно провести сглаживание АКФ методом скользящей медианы в программе Excel по 100 точкам.

Результаты анализа ритмов ЭЭГ по АКФ занести в итоговую таблицу 6, характеризуя общую выраженность ритмов ЭЭГ по трем градациям: "хорошо выражен", "слабо выражен", "не выра-



Исследование биоэлектрической активности мозга
в цикле “бодрствование - сон

жен”.

На основании таблицы 6 сделать итоговые выводы о результатах работы.



4 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

- введение;
- литературный обзор;
- исходные данные;
- визуальный метод оценки ЭЭГ цикла “бодрствование - сон”;
- спектральный анализ ЭЭГ цикла “бодрствование - сон”;
- автокорреляционный анализ ЭЭГ цикла “бодрствование - сон”;
- заключение;
- список использованных источников.

Во **введении** должна быть определена цель курсовой работы, предложены методы её достижения и перечислены предполагаемые результаты.

В **литературном обзоре** необходимо на основании литературных источников:

- дать характеристику физиологическим особенностям и механизмам сна;
- описать основные ритмы ЭЭГ, принципы их получения и анализа;
- рассмотреть фазы сна и динамику изменений ЭЭГ в различных стадиях цикла “бодрствование - сон”;
- проанализировать имеющиеся сведения о современных методах и аппаратуре для изучения биоэлектрической активности мозга.

В **исходных данных** должен быть указан номер варианта и представлены графики ЭЭГ для всех отведений и состояний с нанесенными на них сглаживающими трендами.

Раздел **“Визуальный метод оценки ЭЭГ цикла “бодрствование - сон”** должен содержать:

- описание результатов качественного анализа ЭЭГ в соответствии с п.3.1;
- диаграмму изменения размаха ритмов ЭЭГ во всех отведениях и состояниях;
- выводы о возможностях и ограничениях визуального метода оценки ЭЭГ.

Раздел **“Спектральный анализ ЭЭГ цикла “бодрство-**



Исследование биоэлектрической активности мозга в цикле “бодрствование - сон”

вание - сон” должен содержать:

- графики амплитудных спектров ЭЭГ во всех отведениях и состояниях с нанесенными на них сглаживающими трендами;
- описание результатов визуального анализа спектров ЭЭГ и их изменения во всех отведениях и состояниях в соответствии с п.3.2.2;
- таблицы и графики зависимости спектральной плотности S_{mv} , S_a и S_{mv}/S_a от состояния для разных отведений;
- выводы о возможностях и ограничениях спектрального метода оценки ЭЭГ.

Раздел **“Автокорреляционный анализ ЭЭГ цикла “бодрствование - сон”** должен содержать:

- графики АКФ ЭЭГ во всех отведениях и состояниях с нанесенными на них сглаживающими трендами;
- описание результатов визуального анализа АКФ ЭЭГ и их изменения во всех отведениях и состояниях в соответствии с п.3.3.2;
- результатов расчетов периодичности и устойчивости колебаний, сведенные в соответствующие таблицы;
- построенные по данным таблиц графики зависимости периодичности и устойчивости колебаний от выбранных отведений и состояний;
- выводы о возможностях и ограничениях оценки ЭЭГ по характеристикам АКФ.

В **заключении** должна быть дана сравнительная оценка результативности использования различных методов анализа ЭЭГ в цикле “бодрствование - сон”.

Список использованных источников должен содержать все литературные источники, которые использовались при выполнении курсовой работы, включая источники Internet. Ссылки на используемые литературные источники в тексте пояснительной записки обязательны.

Общие **требования к оформлению** пояснительной записки подробно приведены в методических указаниях по дипломному проектированию /6/.



Исследование биоэлектрической активности мозга
в цикле “бодрствование - сон

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. Matlab. Обработка сигналов и изображений. СПб.: Питер. – 2005
2. Юнкеров Б.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований - М.: Наука, 2002.
3. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. - М., ИНФРА-М, 2002
4. Дьяконов В., Круглов В. Matlab. Анализ, идентификация и моделирование систем. – СПб.: Питер, 2002.
5. Марпл С.Ю. Цифровой спектральный анализ и его приложения.- М.: Мир,1990
6. Дипломное проектирование по специальности 200101 – Приборостроение / Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006