

Кульмамиров С. А., Мансурова М. Е.,
Махамбетов К. О., Ташенова Г. Т.

ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ

Учебное пособие

Нур-Султан - 2020

2.6 Активные и пассивные процедуры	68
2.7 Система человек — машина	69

3 ФИЛЬТРАЦИЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ

72

3.1 Помехи	72
3.1.1 Случайный шум	72
3.1.2 Усреднение по ансамблю	74
3.1.3 Усреднение по времени	75
3.1.4 Структурированный шум	76
3.1.5 Физиологическая помеха	76
3.1.6 Стационарные и нестационарные процессы	77
3.2 Примеры помех	78

3.2.1 Помехи в потенциалах, связанных с событиями

78

3.2.2 Высокочастотные помехи в ЭКГ

79

3.2.3 Двигательные артефакты в ЭКГ

79

3.2.4 Сетевая наводка в ЭКГ

80

3.2.5 Интерференция ЭКГ плода и ЭКГ матери

81

3.3 Фильтры

82

3.3.1 Преобразование Фурье

83

3.3.2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ)

84

3.3.3 Линейные инвариантные системы

86

3.3.4 Цифровые фильтры

86

3.3.5 КИХ фильтры

88

3.3.6 Z-преобразование. Фильтры первого порядка

89

3.3.7 Фильтры второго и высших порядков

91

3.3.8 Полосовой фильтр

92

3.3.9 Полосно-заграждающий фильтр

93

3.3.10 Гребенчатый фильтр

94

3.4 Фильтрация во временной области

94

3.4.1 Синхронное усреднение

94

3.4.2 Фильтры скользящего среднего

96

3.4.3 Операторы для устранения низкочастотных артефактов, основанные на производной	100
3.5 Фильтрация в частотной области	105

3.5.1 Устранение высокочастотных шумов: фильтры нижних частот Баттерворта	106
--	-----

3.5.2 Устранение низкочастотных шумов: фильтры верхних частот Баттерворта	111
--	-----

3.5.3 Устранение периодических артефактов: режекторные и гребенчатые фильтры	111
---	-----

3.6 Оптимальная фильтрация: фильтр Винера	112
---	-----

3.7 Выбор подходящего фильтра	117
-------------------------------------	-----

4 НОВЫЙ ПОДХОД ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ И МЕДИЦИНЕ

119

4.1 Цели и задачи дисциплины	119
------------------------------------	-----

4.2 Содержание дисциплины	120
---------------------------------	-----

4.3 Задачи и контрольным мероприятиям	123
---	-----

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	127
------------------	-----

ЛИТЕРАТУРА	129
------------------	-----

**Кульмамиров С. А., Мансурова М. Е.,
Махамбетов К. О., Ташенова Г. Т.**

**Основы цифровой обработки
биомедицинских сигналов**

Учебное пособие.

Сдано в набор 11.05.2020. Подписано в печать 01.06.2020.
Формат 60х84/16. Заказ № 1140. Усл. печ. л. 8,5. Тираж 50 экз.

Типография ЕНУ им. Л. Н. Гумилева.
000010, г. Нур-Султан, пр. Казымукана 4