

*Н. А. Неверов, Д. И. Андрианов**

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ P- И T-ЗУБЦОВ КАРДИОГРАММЫ

Источником электрической активности сердца является синусовый узел, расположенный в правом предсердии, поэтому анализ кардиограммы начинается с P-зубца, а отклонения в нем могут указывать на нарушения работы как предсердий, так и проводимости электрических импульсов.

Отклонение параметров T-зубца от нормальных значений может свидетельствовать о нарушении кровоснабжения миокарда, возникающего из-за поражения сосудов атеросклеротическими наростами, как следствие развития ишемической болезни.

Для увеличения эффективности оценки параметров P- и T-зубца предлагается применение непрерывного вейвлет-преобразования (CWT). Пусть s – сигнал и ψ – вейвлет. При непрерывном преобразовании вейвлет-коэффициенты сигнала s , соответствующие масштабному коэффициенту a и положению b , определяются формулой (1) [1]:

$$CWT(a,b) = (1/\sqrt{a}) \int_{-\infty}^{+\infty} s(t)\psi^*(t-b/a)dt . \quad (1)$$

Для возможности получать различные кардиосигналы был разработан одноканальный портативный электрокардиограф на базе микроконтроллера ATmega328P. С его помощью мы получали электрокардиограммы в реальном времени для дальнейшей обработки (рис. 1).

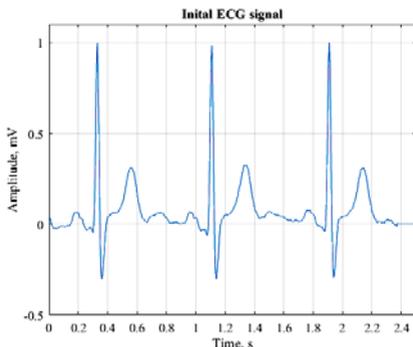


Рис. 1. Кардиосигнал, полученный с портативного электрокардиографа

* Работа выполнена под руководством зав. каф. «Биомедицинская техника», д-ра техн. наук ФГБОУ ВО «ПГТУ» С. В. Фролова.

На основе вейвлет-анализа был разработан алгоритм фильтрации ЭКГ-сигнала для выделения Р- и Т-зубца. Алгоритм состоит из нескольких частей.

1. Фильтрация сигнала на основе Фурье-преобразования для устранения дрейфа нулевой линии и создания полосового цифрового фильтра с полосой пропускания от 0,5 до 100 Гц (рис. 2).

2. Выполнение непрерывного вейвлет-преобразования с использованием коэффициентов аппроксимации биортогонального вейвлета (bior1.5). Разложение выполняется на масштабном интервале от 35 до 45 (рис. 3).

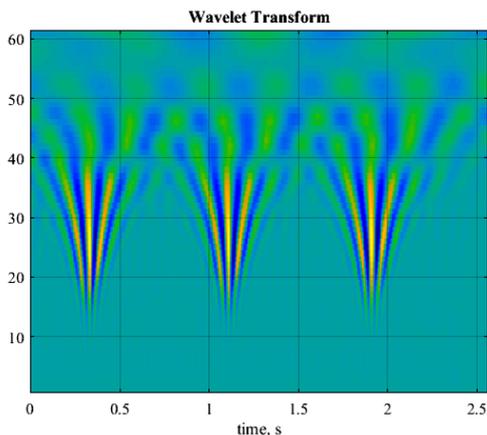


Рис. 3. Вейвлет-спектр исходного сигнала

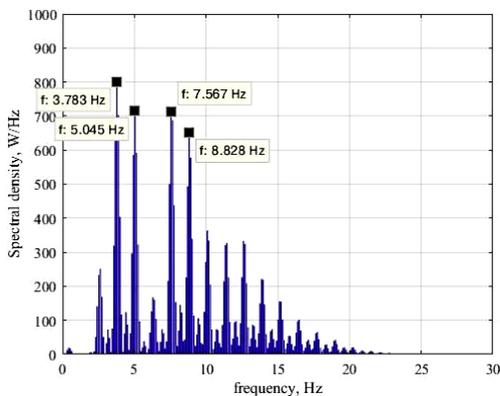


Рис. 2. Фурье-спектр исходного сигнала

3. Нахождение точек максимума ЭКГ-сигнала, выборка из них точек, соответствующих систоле.

4. Обнуление коэффициентов вейвлет-анализа в окрестности точек максимума систолы, чтобы удалить комплекс QRS, вносящий в сигнал наибольшее количество энергии, и возникающих на всех масштабах разложения (рис. 4).

5. Обнуление коэффициентов меньше нуля для устранения дрейфа нулевой линии и возникновения паразитных гармоник и восстановления сигнала (рис. 5).

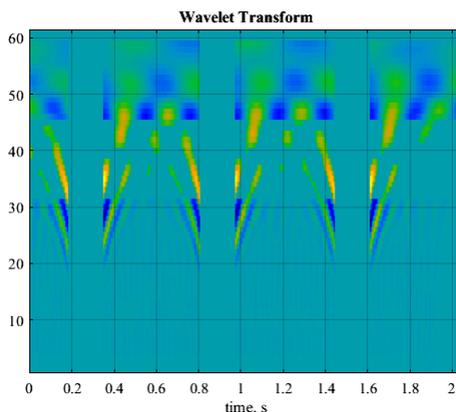


Рис. 4. Удаление QRS-комплекса

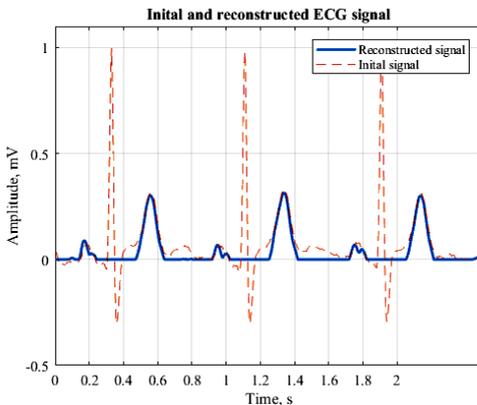


Рис. 5. Сигнал после обработки (сплошная линия) на фоне исходной электрокардиограммы (пунктирная линия)

Таким образом, на основе вейвлет-преобразования был синтезирован фильтр для выделения зубцов кардиосигнала. Благодаря этому возможно более точно оценивать их параметры как визуально, так и с помощью автоматизированных средств – тем самым выявлять отклонения от нормы, на ранних стадиях диагностировать развитие сердечных заболеваний.

На основе данных исследований возможно создание нейронной сети для распознавания следующих болезней: утолщение предсердий, мерцательная аритмия, сердечная блокада, экстрасистолия для Р-зубца, ишемия, инфаркт, перегрузка сердца для Т-зубца.

Благодаря развитию электроники возможно создание приборов, с низкой стоимостью, которые способны следить за сердечно-сосудистой деятельностью, при этом отправляя снятые сигналы на смартфон или на компьютер, где программа сделает предварительное заключение о состоянии сердца.

Список литературы

1. **Смоленцев, Н. К.** Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB [Электронный ресурс] / Н. К. Смоленцев. – М. : ДМК Пресс, 2009. – 448 с.

2. **Солдатова, В. Р.** Информационная система, повышающая эффективность работы врача-кардиолога / В. Р. Солдатова, В. В. Дубровин // В кн.: Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах : тез. докл. 3-й Междунар. конф. с элементами науч. школы. Тамбов, 25 – 27 апреля 2016 г. – Тамбов : Изд-во Р. В. Першина, 2016. – С. 427–428.

Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ТГТУ»