

# ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 004.021

## ОБНАРУЖЕНИЕ БЛОКАДЫ НОЖЕК ПУЧКА ГИСА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЦИФРОВОГО КАРДИОСИГНАЛА

Н. С. Давыдов

В данной работе были проанализированы диагностические признаки блокады сердца, на их основе был сформирован и исследован алгоритм, написана программа. В современном мире сердечнососудистые заболевания находятся из первых мест в рейтинге причин смертности населения. В связи с этим своевременная диагностика и лечение заболеваний является актуальной прикладной задачей. На основе известных диагностических признаков был написан алгоритм, на вход которого подаётся цифровой сигнал электрокардиограммы (ЭКГ-сигнал) с двигательным шумом, который в ходе работы алгоритма отфильтровывается. Далее определённые отведения электрокардиограммы проверяются на наличие признаков блокады ножек Гиса, связанных с деформацией QRS-комплекса, после чего программа предлагает свой диагноз. Поведение алгоритма было исследовано на нескольких образцах с различными диагнозами, чтобы выяснить вероятность ошибочного срабатывания и вероятность верного обнаружения болезни.

**Ключевые слова:** QRS-комплекс, сердечнососудистые патологии, деформация QRS-комплекса, среднее значение, электрокардиограмма.

В настоящее время, в связи с высокой смертностью населения от сердечнососудистых заболеваний, требуется разрабатывать новые методы диагностики этих заболеваний. Для достижения наибольшей мобильности и удобства, проверка пациента и контроль его состояния может осуществляться с применением мобильных устройств [1]. Однако не все современные мобильные устройства обладают достаточной для быстрых и точных расчётов производительностью. Многие из существующих методов обнаружения QRS-комплекса основаны на дискретном вейвлет-преобразовании либо на иных алгоритмах, требующих больших вычислительных затрат [2; 3]. В связи с этим, было решено разработать алгоритм обнаружения признаков блокады ножек пучка Гиса на основе известных медицине диагностических признаков, связанных с QRS-комплексом [4]. Для выделе-

ния QRS-комплекса был доработан алгоритм выделения R-зубцов в ЭКГ-сигнале на основе преобразования Гильберта [5].

В качестве обнаруживаемого заболевания была выбрана блокада ножек пучка Гиса. Пучок Гиса является частью проводящей системы сердца, и в случае блокады одной из его ножек можно наблюдать искажение комплекса QRS на электрокардиограмме. QRS-сегмент ЭКГ-сигнала является интервалом, содержащим в себе пики Q, R и S, которые отображают прохождения электрического импульса от верхушки к кончику сердца. В связи с этим при блокаде левой или правой ножки комплекс деформируется. Диагностические признаки этого заболевания следует искать во втором стандартном, первом, втором, шестом и пятом грудных отведениях.

Главным признаком наличия блокады ножек Гиса является уширение QRS-комплекса во втором стандартном отведении вследствие задержки прохождения электрического импульса по пучку Гиса (рис. 1). В норме, длина QRS-комплекса пациента без нарушения проводимости сердца должна составлять не более 0,08 секунд в случае пол-

---

© Давыдов Н. С., 2016.

Давыдов Никита Сергеевич,  
([atmail9496@gmail.com](mailto:atmail9496@gmail.com)),

магистрант факультета информатики  
Самарского университета,  
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

ного отсутствия блокады. Так как в ЭКГ-сигнале регистрируется несколько комплексов QRS, то для того, чтобы утверждать об уширении требуется вычислить среднюю длину комплекса по второму стандартному отведению с помощью следующей формулы:

$$T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S(i) - Q(i)),$$

где  $T$  – средняя протяжённость QRS-комплексов в сигнале,  $N$  – количество QRS-комплексов в ЭКГ-сигнале,  $S(i)$ ,  $Q(i)$  – координаты соответствующих зубцов  $i$ -ого комплекса.

Следующие признаки блокады ножек пучка Гиса находятся в первом и втором грудных отведениях. При блокаде левой ножки пучка Гиса наблюдается деформация QRS-комплекса и изменение его формы. В случае этой аномалии QRS-комплекс обладает уменьшенной амплитудой зубца R и увеличенной амплитудой зубца Q. В норме зубец R обладает вчетверо большей амплитудой по сравнению с зубцом Q. Для вычисления амплитуды каждого из зубцов требуется найти среднюю линию QRS-комплекса по следующей формуле:

$$\overline{QRS} = \frac{1}{N_1} \sum_{i=1}^{N_1} X(i) + \frac{1}{N_2} \sum_{i=1}^{N_2} Y(i),$$

где  $\overline{QRS}$  – среднее значение для QRS-комплекса,  $N_1$  – количество отсчётов между  $(i - 1)$ -ым S-зубцом и  $i$ -ым Q-зубцом,  $X(i)$  – отсчёт из промежутка между  $(i - 1)$ -ым S-зубцом и  $i$ -ым Q-зубцом,  $N_2$  – количество отсчётов между  $i$ -ым Q-зубцом и  $(i + 1)$ -ым S-зубцом,  $Y(i)$  – отсчёт из промежутка между  $i$ -ым Q-зубцом и  $(i + 1)$ -ым S-зубцом.

Далее вычисляются амплитуды зубцов R и Q относительно средней линии всего комплекса и их значения сравниваются друг с другом. Для блокады правой ножки пучка Гиса характерно изменение формы QRS-комплекса на форму буквы «М» (рис. 2). В этом случае требуется провести поиск локального максимума на промежутке в 0,05 секунд, так как именно на этом промежутке может находиться пик R1. Амплитуду этого зубца следует сравнить с зубцом S, так как согласно диагностическим признакам, после зубца S должен идти зубец T, не превышающий S по амплитуде.

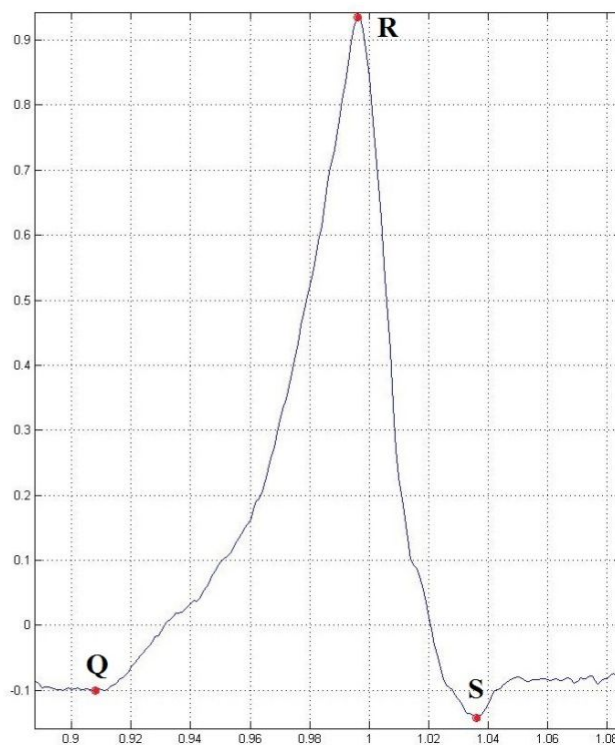
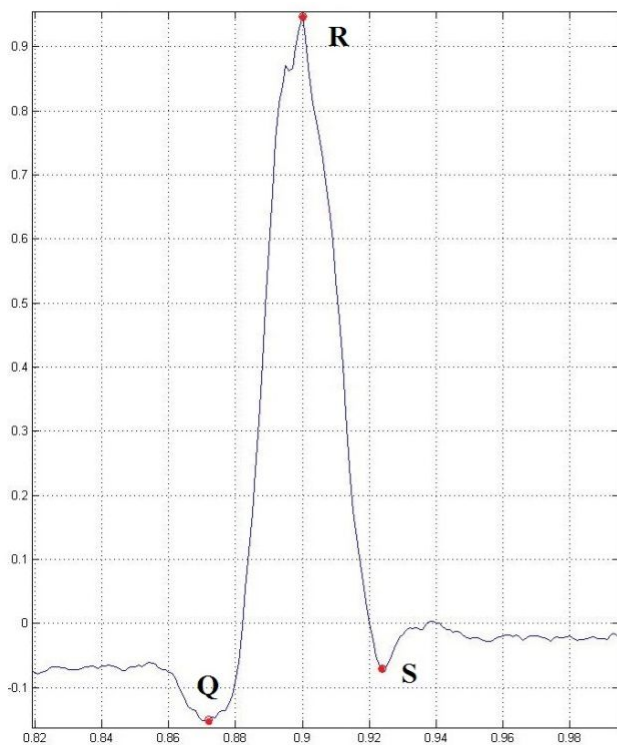
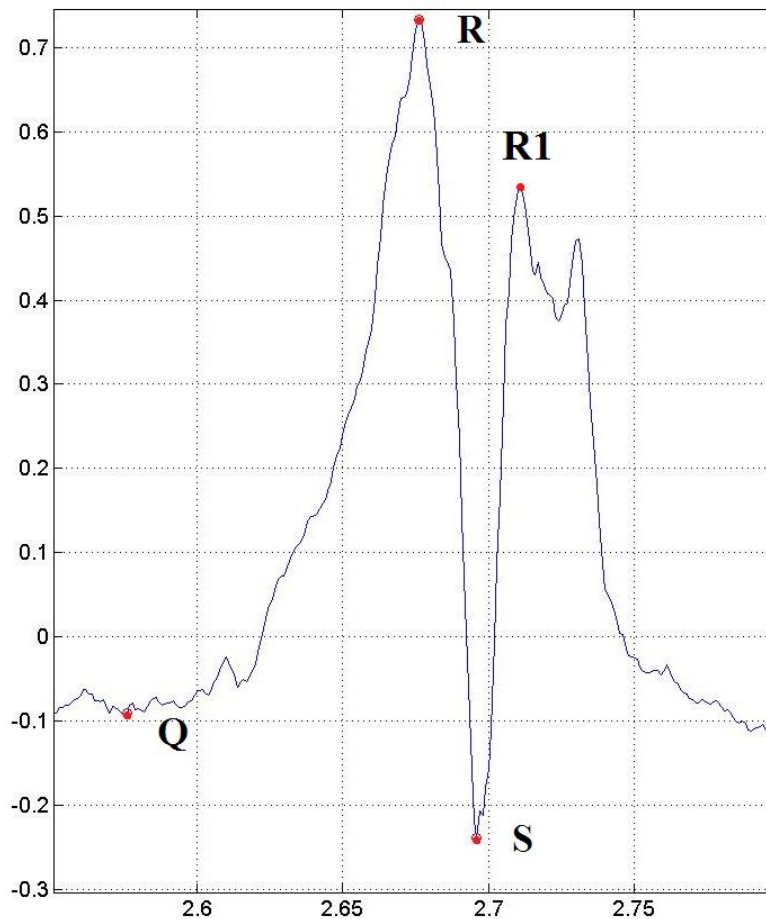


Рис. 1. QRS-комплекс здорового пациента (слева) и пациента с блокадой (справа)



**Рис. 2. QRS-комплекс в первом грудном отведении при правой блокаде пучка Гиса**

Если второе стандартное отведение и первые два грудных отведения отсутствуют, то признаки блокады ножек пучка Гиса можно проверить в пятом и шестом отведениях электрокардиограммы. При блокаде левой ножки пучка Гиса в этих отведениях наблюдается небольшая зазубрина на нисходящем или восходящем колене QRS-комплекса. Для обнаружения аномалии-зазубрины требуется применить любой из имеющихся методов поиска локального максимума или минимума на промежутке между пиками Q и R или R и S. При наличии хотя бы одного побочного пика можно утверждать о наличии блокады левой ножки пучка Гиса.

Блокада правой ножки пучка Гиса характеризуется уширением всего QRS-комплекса, обнаружение которого было описано выше, и уширением S-зубца. В норме длина S-зубца составляет 0,02 секунды. Для обнаружения уширения этого зубца требуется сделать следующее: найти максимальное значение справа от S-зубца на промежутке в 0,01 секунды, найти значение слева от S-

зубца на промежутке 0,01 секунды и сравнить два этих значения. В случае, если значение слева больше значения справа – аномалия отсутствует, а в ином случае – можно утверждать о наличии патологии.

#### **Условия и методы исследования**

На основе сформулированных алгоритмов был написан программный комплекс на языке MATLAB с применением инструментария WFDB для эффективного использования данных ЭКГ-сигнала. Все опытные образцы были взяты из открытой базы данных Массачусетского технологического института, и каждый из образцов имел диагноз, поставленный врачом-специалистом, и все двенадцать отведений. Всего было выбрано 39 записей, из которых 30 имели частоту дискретизации 1000 Гц и 8 имели частоту дискретизации 257 Гц.

В процессе эксперимента объем считываемой информации из цифрового ЭКГ-сигнала уменьшалось с целью выяснить, как объем информации влияет на вероятность верного обнаружения болезни.

Таблица 1

## Результаты экспериментального исследования

Номер эксперимента	Число образцов	Длительность, с	Частота дискретизации, Гц	Всего отсчётов	Чувствительность	Специфичность
1	30	100	1000	100000	0,67	0,75
	9	389	257			
2	30	80	1000	80000	0,67	0,75
	9	311	257			
3	30	75	1000	75000	0,67	0,75
	9	292	257			
4	30	50	1000	50000	0,67	0,71
	9	196	257			
5	30	25	1000	25000	0,53	0,75
	9	97	257			
6	30	12,5	1000	12500	0,67	0,75
	9	47	257			
7	30	6,25	1000	6250	0,73	0,75
	9	24	257			
8	30	3,125	1000	3125	0,67	0,71
	9	12	257			

**Результаты и их обсуждение**

В процессе проведения экспериментов алгоритм показал снижение уровня чувствительности при уменьшении числа считываемых отсчётов ЭКГ-сигнала (табл. 1). Подобное проведение алгоритма связано с тем, что большинство использованных методов основывается на нахождении среднего значения по сигналу. Среднее значение тем ближе к своему истинному значению, чем больше входных данных имеется на входе, потому уменьшение точности алгоритма ожидаемо падает при уменьшении объёма входных данных. Также количество тестовых материалов слишком мало, для точного определения чувствительности и специфичности алгоритма. Однако любая информация о пациенте является строго конфиденциальной и получить доступ к записям ЭКГ можно только по согласию пациента, потому количество тестовых образцов в медицине мало.

**Заключение**

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что сформулированный алгоритм на основе анализа ЭКГ-сигнала является не достаточно точным и требует доработки. Низкая чувствительность и специфич-

ность обусловлена тем, что в качестве главных признаков были взяты признаки, связанные с QRS-комплексом, однако в медицине используются и другие признаки, связанные с пиками, лежащими слева и справа от комплекса.

**Литература**

1. Taegyun J., Byoungcho K., Moongu J. Implementation of a portable device for real-time ECG signal analysis // *BioMedical Engineering OnLine*. 2014. Vol. 13. P. 1–13.
2. Xiaomin X., Ying L. ECG QRS Complex Detection Using Slope Vector Waveform (SVW) Algorithm // *International Journal of Computer Science Issues*. 2004. Vol 1. P. 3597–3560.
3. Sumathi S., Sanavullah M. Comparative Study of QRS Complex Detection in ECG Based on Discrete Wavelet Transform // *International Journal of Recent Trends in Engineering*. 2009. Vol. 5. P. 273–277.
4. Зудбинов Ю. И. Азбука ЭКГ. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 160 с.
5. Fedotov A. A., Akulova A. S., Akulov S. A. Effective QRS-Detector Based on Hilbert Transform and Adaptive Thresholding // *IFMBE Proceedings*. 2016. Vol. 57. P. 140–144.

## **BUNDLE BRANCH BLOCK DETECTION USING MATHEMATICAL ANALYSIS OF DIGITAL CARDIO SIGNAL**

N. S. Davydov

In this study we are analyzed diagnostic pieces of evidence of heart blocks and formulated the algorithm that was researched and realized and program complex Diseases of the cardiovascular system are in the second place after oncological diseases in the death rate in modern world. So this is an actual applied tasks for mathematical and computer modeling. Based on the known pieces of evidence, I wrote an algorithm that takes a digital ECG signal with movement noises that is filtering during algorithm's work. Then certain leads of electrocardiogram are checked for presence of evidence of bundle branch block connecting with deformation of QRS complex. After that, algorithm gives a conclusion about patient's state. The behavior of the algorithm was researched by several test samples with different diagnosis to find out probability of false positive answer.

**Key words:** QRS complex, cardiovascular pathologies, deformation of QRS complex, the average value, electrocardiogramme.

*Статья поступила в редакцию 12.09.2016 г.*