



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Разработка системы для идентификации личности по ЭКГ с применением глубокого обучения

Докладчик: МАЛЫШЕВА Вероника

Студентка 4 курса, группа 5030103/80201

Руководитель: доцент, к.ф.-м.н. ЛОБОДА Ольга Сергеевна

Консультант: ассистент, к.т.н. ПАВЛОВ Виталий Александрович

АКТУАЛЬНОСТЬ

Биометрические системы идентификации:

- По отпечаткам пальцев
- По радужной оболочке глаза
- По изображению лица
- По геометрии ладони
- **По электрокардиограмме**

Преимущества идентификации по ЭКГ:

1. ЭКГ является уникальной для каждого человека
2. ЭКГ практически невозможно подделать [1]
3. Легко осуществить повторное распознавание личности [2]
4. Считывания ЭКГ происходит автоматически

1. Фролов А.В., Дик С.К., Лихачевский Д.В., Давыдов М.В., Чечик Н.М. Цифровая обработка биомедицинских сигналов и изображений. – Минск : БГУИР, 2016. – 64 с.

2. Ogiela M.R., Ogiela L. On using cognitive models in cryptography // in Proceedings of the 30th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA '16, pp. 1055–1058, Crans-Montana, Switzerland, March 2016.

ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ

$$X_Q \in \begin{cases} I_k & , \text{если } \max_k \{S(X_Q, X_{Ik})\} \geq t, k \in 1, 2, \dots, N \\ I_{N+1} & , \text{в противном случае} \end{cases}$$

X_Q – входной вектор признаков

$I_k, k \in \{1, 2, \dots, N, N + 1\}$ – идентификатор личности

X_{Ik} – биометрический шаблон, соответствующий идентификатору I_k

t – заранее определённый порог

I_{N+1} – обозначает случай, когда для пользователя не может быть определен подходящий идентификатор

S – функция, измеряющая сходство между векторами признаков X_Q и X_{Ik}

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка биометрической системы, состоящей из устройства, алгоритма для обработки данных и сверточной нейронной сети, позволяющей определить личность человека с помощью ЭКГ

Специфика работы:

Нейронная сеть должна быть способна работать с сигналами, снятыми на непрофессиональное медицинское оборудование

ЗАДАЧИ

- 1 Анализ существующих биометрических систем
- 2 Обзор систем идентификации на основе нейронных сетей
- 3 Разработка устройства для снятия ЭКГ
- 4 Сбор собственной деперсонализированной базы данных
- 5 Разработка алгоритма обработки сигнала ЭКГ
- 6 Построение сверточной нейронной сети
- 7 Анализ рынка для разработанного датчика ЭКГ

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

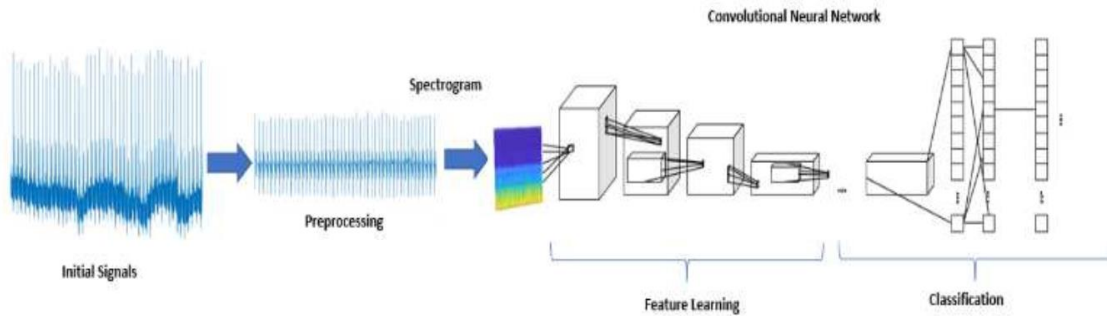


Рис 1. Блок-схема системы [4]

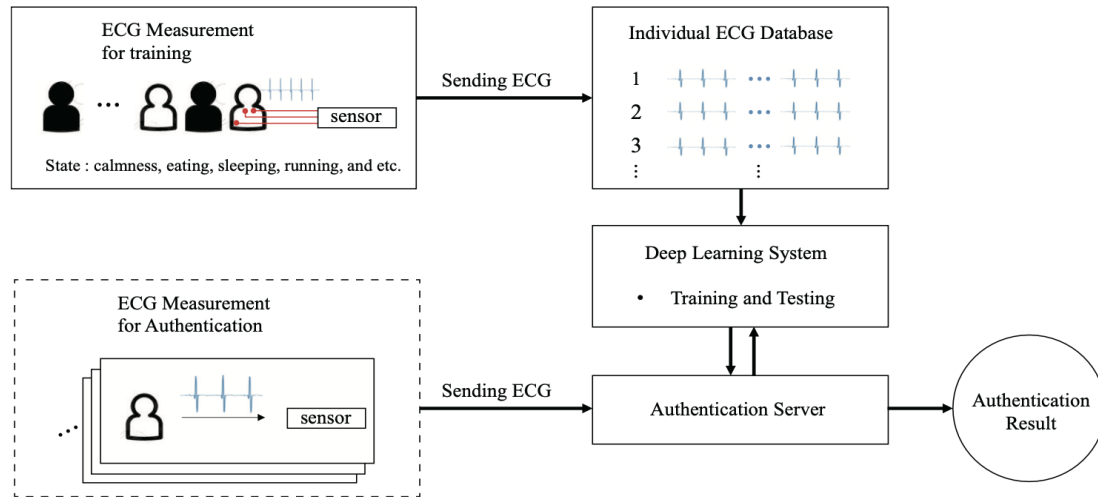


Рис 2. Блок-схема системы [5]

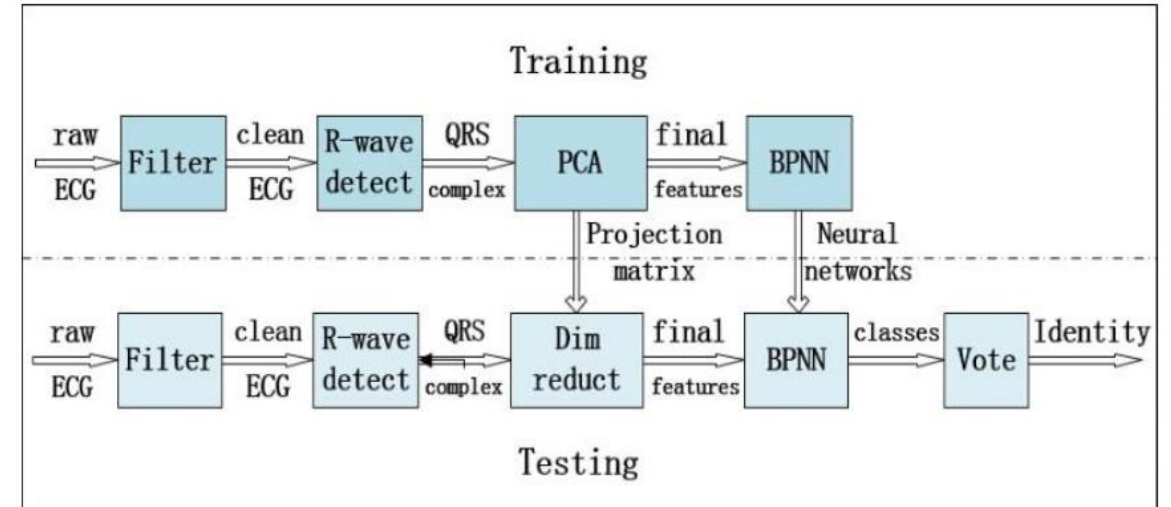


Рис 3. Блок-схема системы [6]

4. Cordoş C., Mihailă L., Faragó P. and Hintea S. ECG signal classification using Convolutional Neural Networks for Biometric Identification // 2021 44th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP). – 2021. – P. 167-170.

5. Kim BH, Pyun JY. ECG Identification For Personal Authentication Using LSTM-Based Deep Recurrent Neural Networks // Sensors (Basel). – 2020.

6. Wu, J., & Zhang, Y. ECG identification based on neural networks // 11th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP). – 2014. – P. 92-96.

ОБЗОР И ДАТАСЕТ

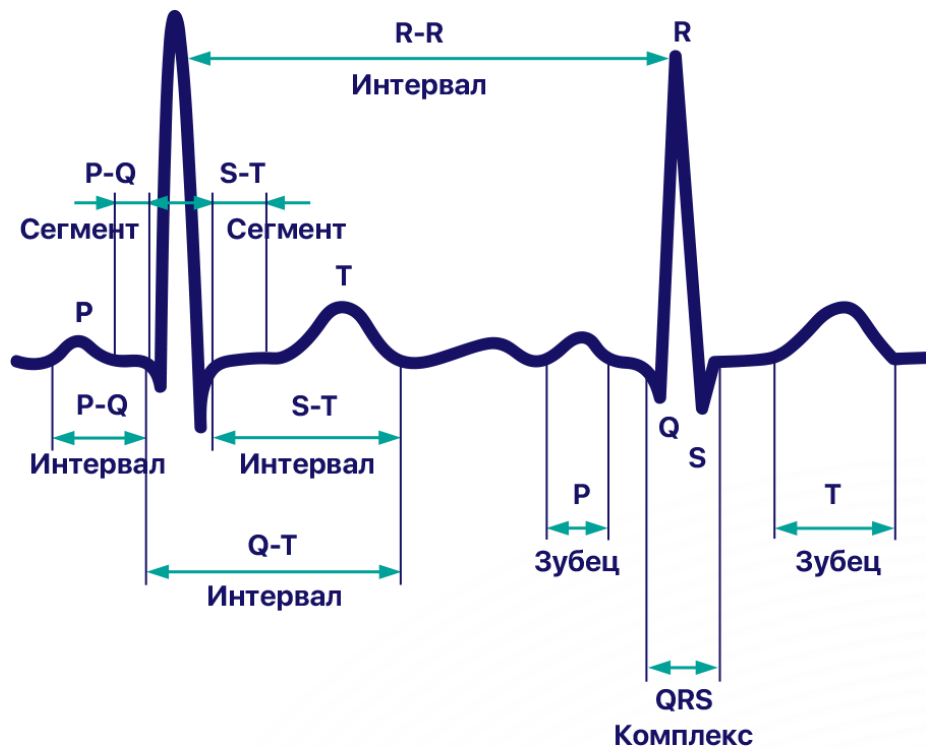


Рис 4. PQRST комплекс

Базы данных для исследования:

1. Открытая база данных PhysioNet [7-8]
2. Данные собранные со студентов СПбПУ, которые впоследствии были деперсонализированы

7. García-González, M.A., Argelagós-Palau, A., Fernández-Chimeno, M., & Ramos-Castro, J. A comparison of heartbeat detectors for the seismocardiogram // Computing in Cardiology 2013. – 2013. – P. 461-464.

8. Goldberger, A.L., Amaral, L.A., Glass, L., Hausdorff, J.M., Ivanov, P.C., Mark, R.G., Mietus, J.E., Moody, G.B., Peng, C., & Stanley, H.E. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals // Circulation, 101 23, E215-20. –2000.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА

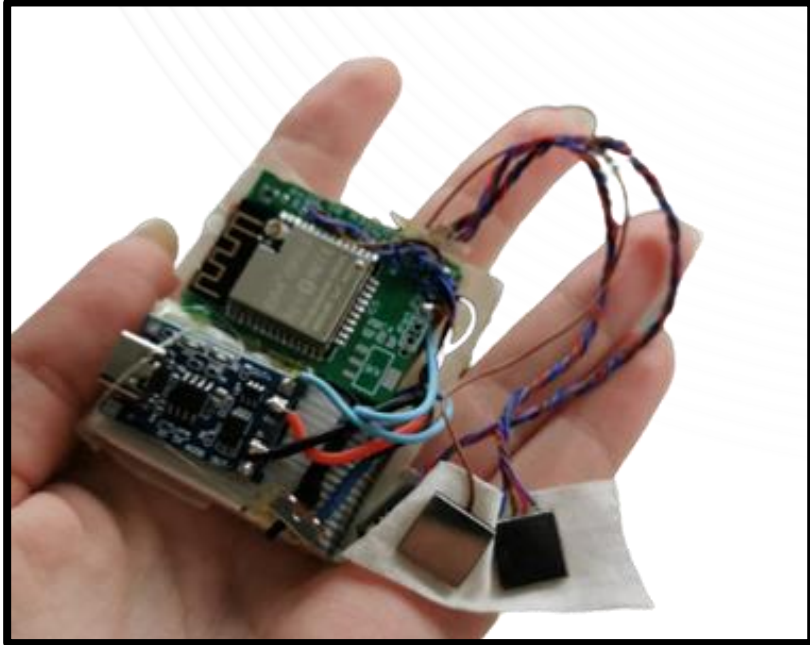


Рис 5. Первый прототип беспроводного устройства для мониторинга ЭКГ с возможностью сбора и анализа полученных данных

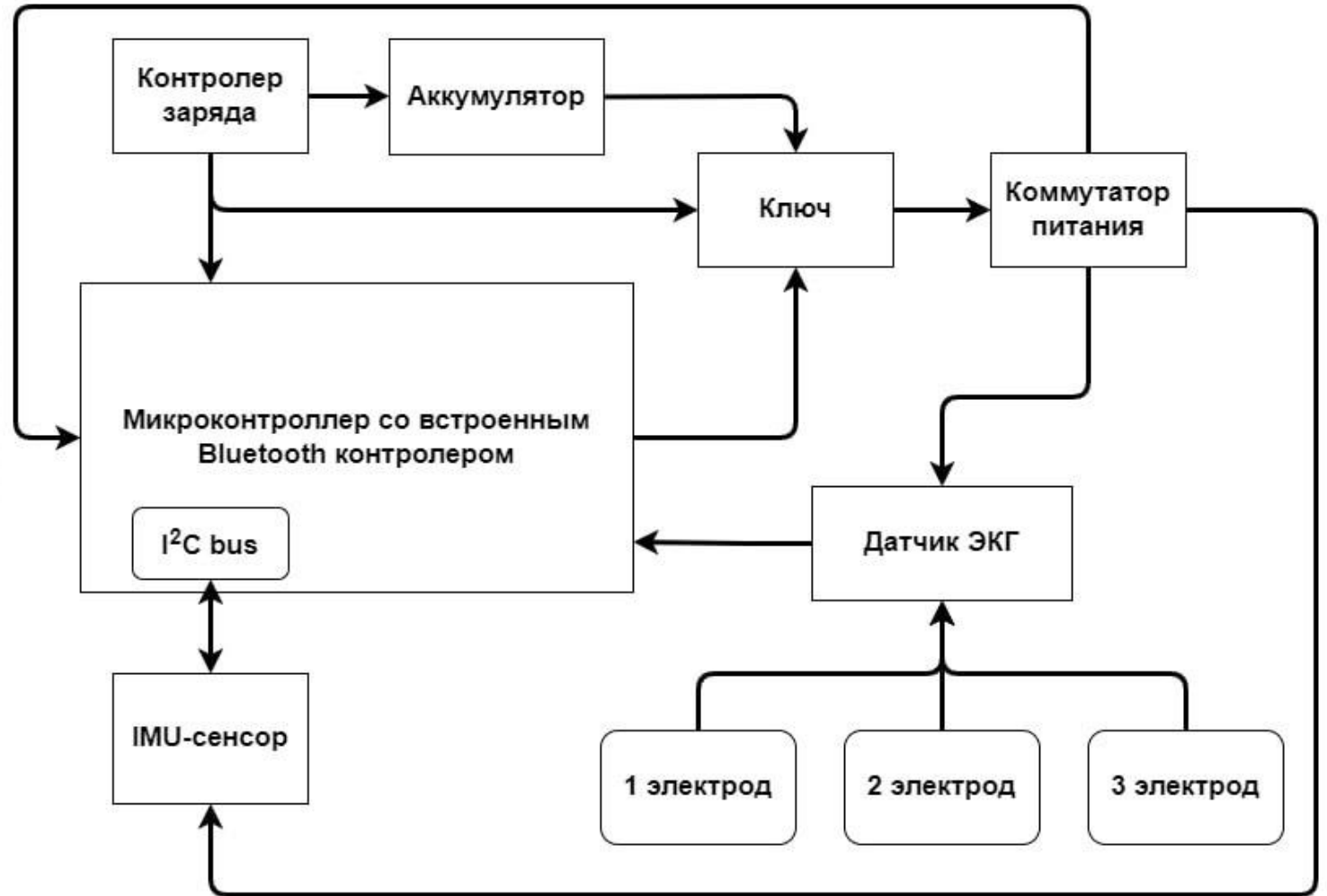


Рис 6. Функциональная схема устройства

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ

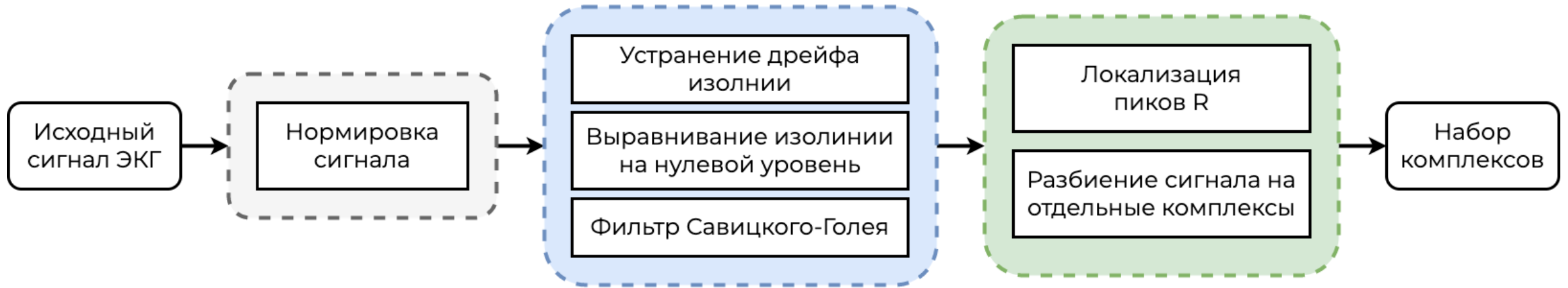


Рис. 7. Схема обработки сигнала

9. Savitzky A., Golay M.J.E. Smoothing and Differentiation of Data by simplified Least Squares Procedures // Analytical Chemistry. – 1964. – P. 1627-1639
10. Zheng L., Lall C., Chen Y. Low-distortion baseline removal algorithm for electrocardiogram signals. Computing in Cardiology. – 2012. – P. 769-772.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

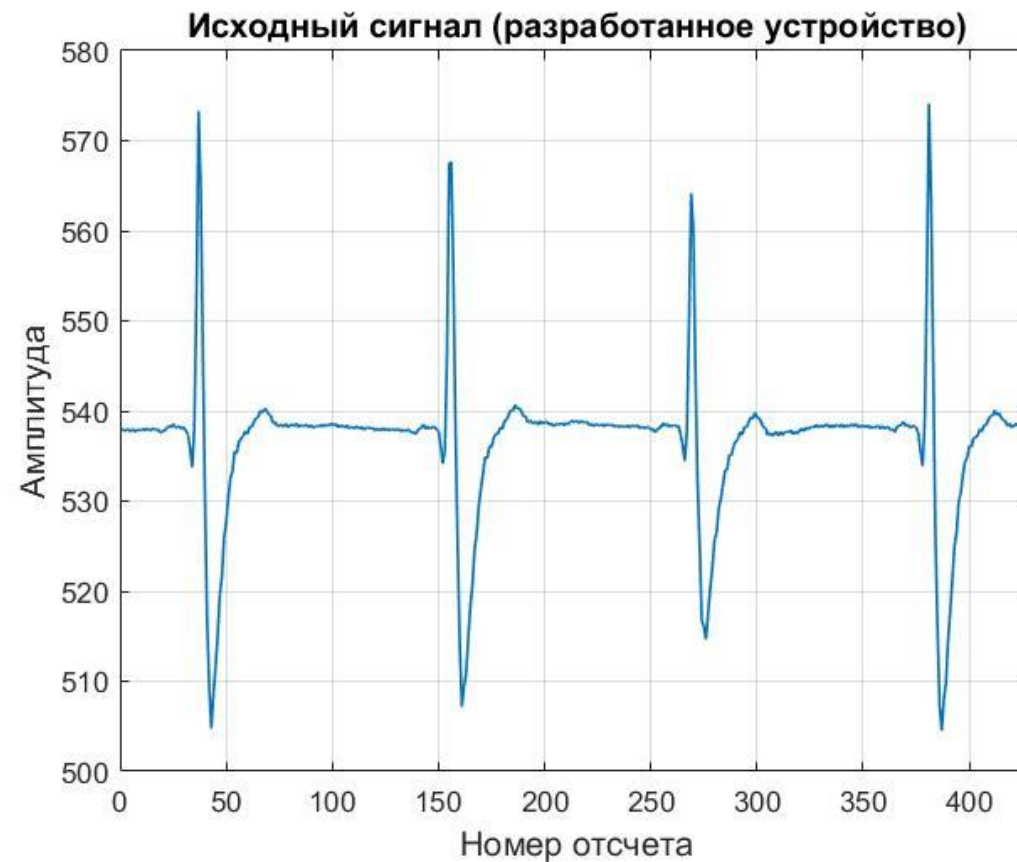
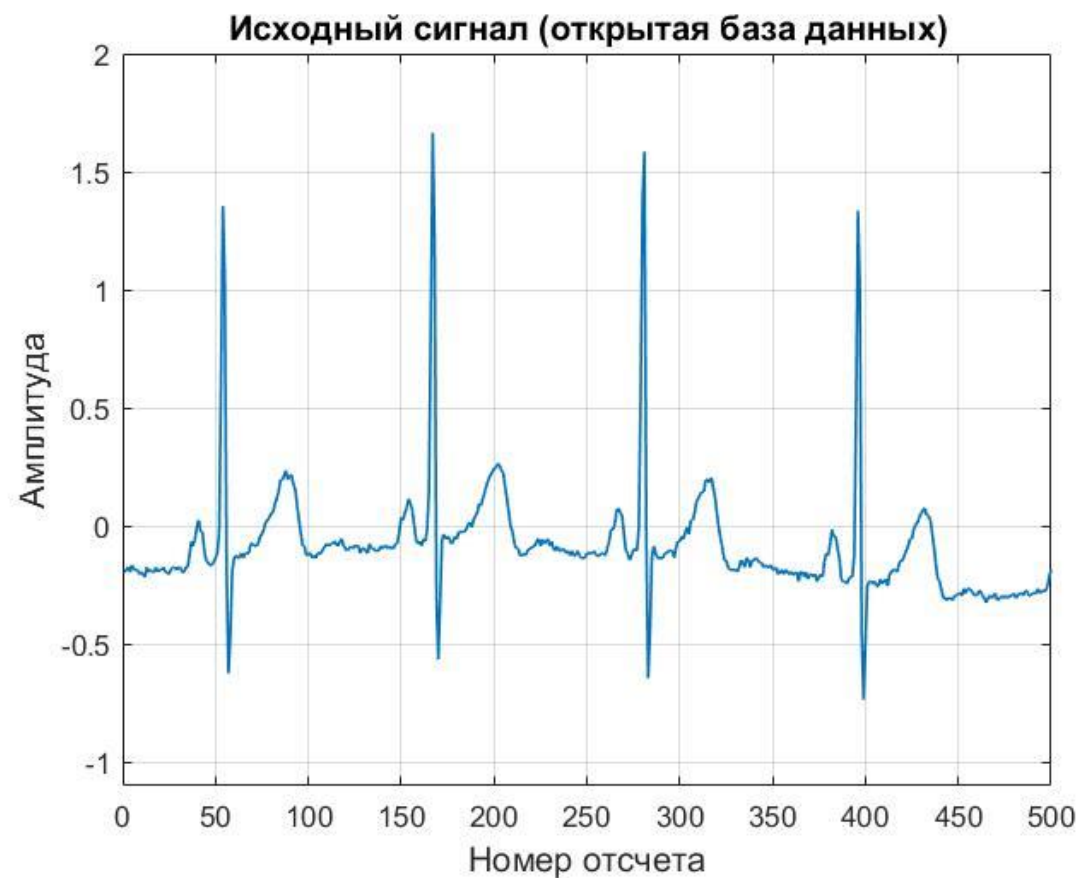


Рис. 8. Исходные сигналы

ОБРАБОТКА

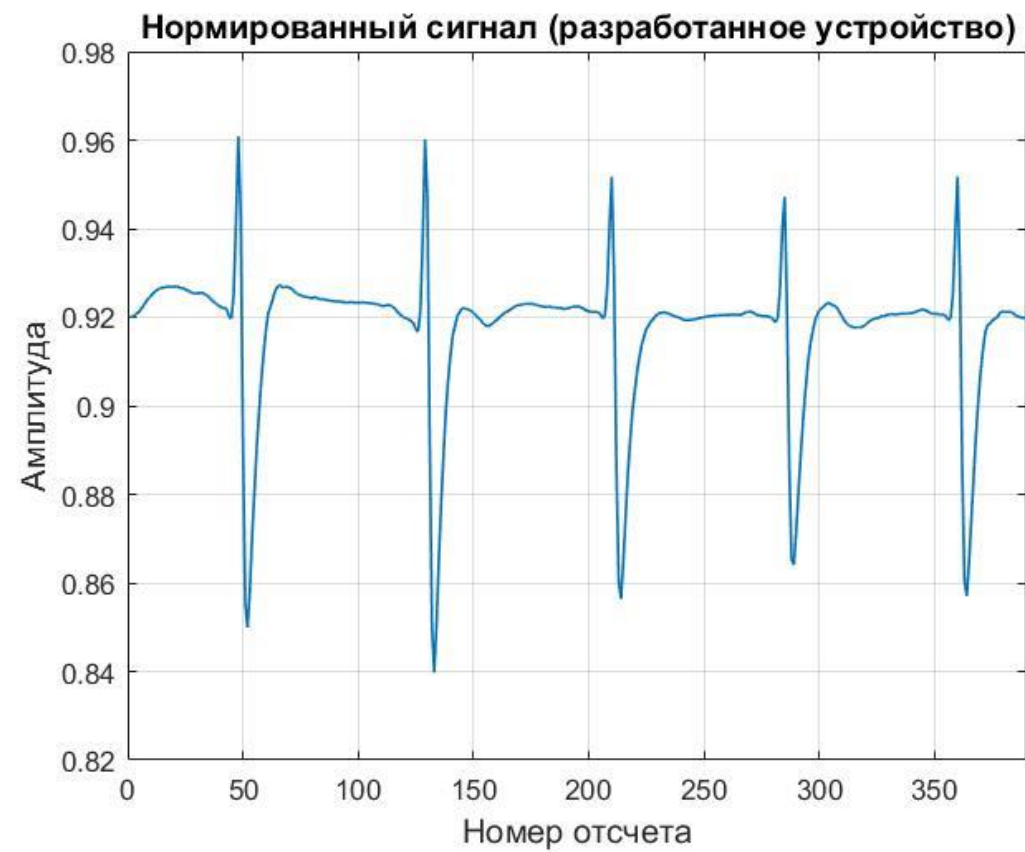
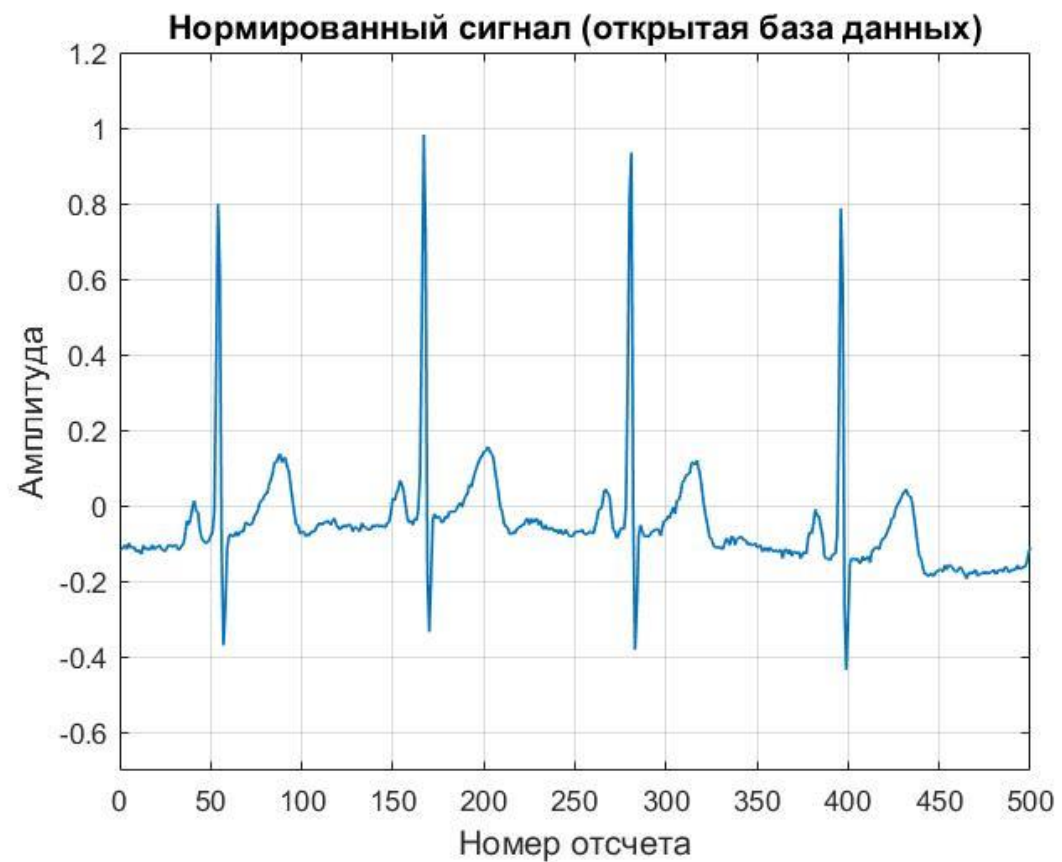


Рис. 9. Нормированные сигналы

ОБРАБОТКА

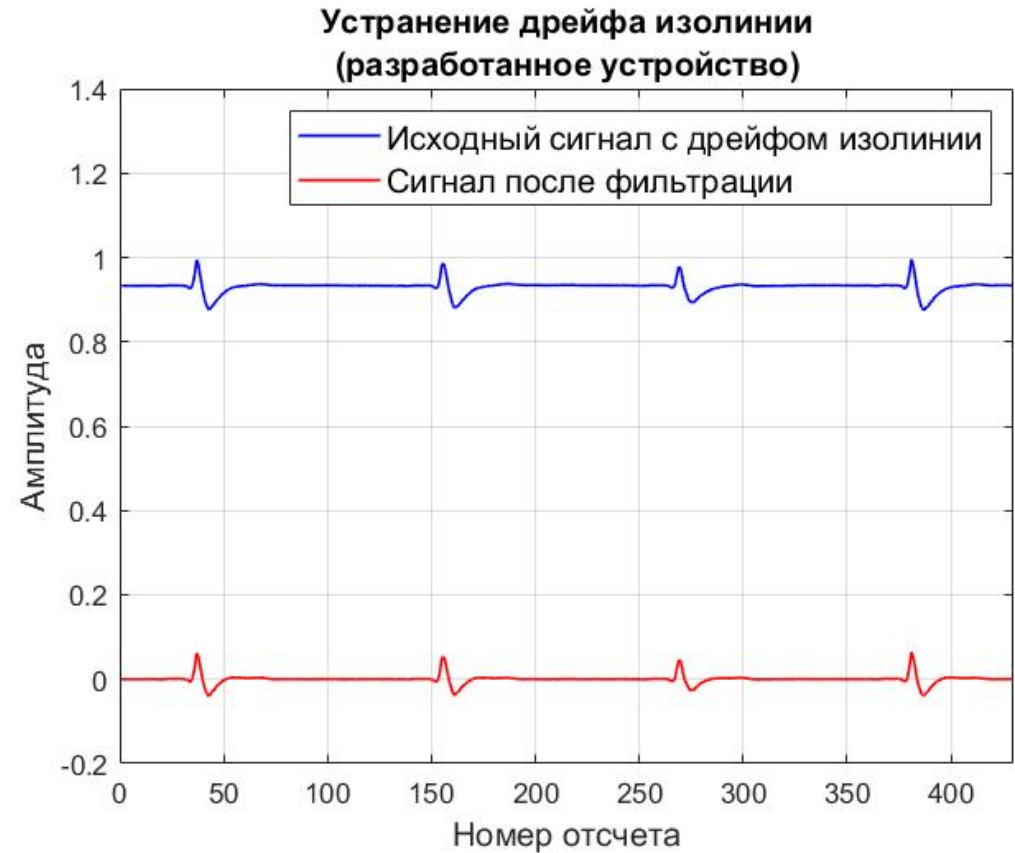
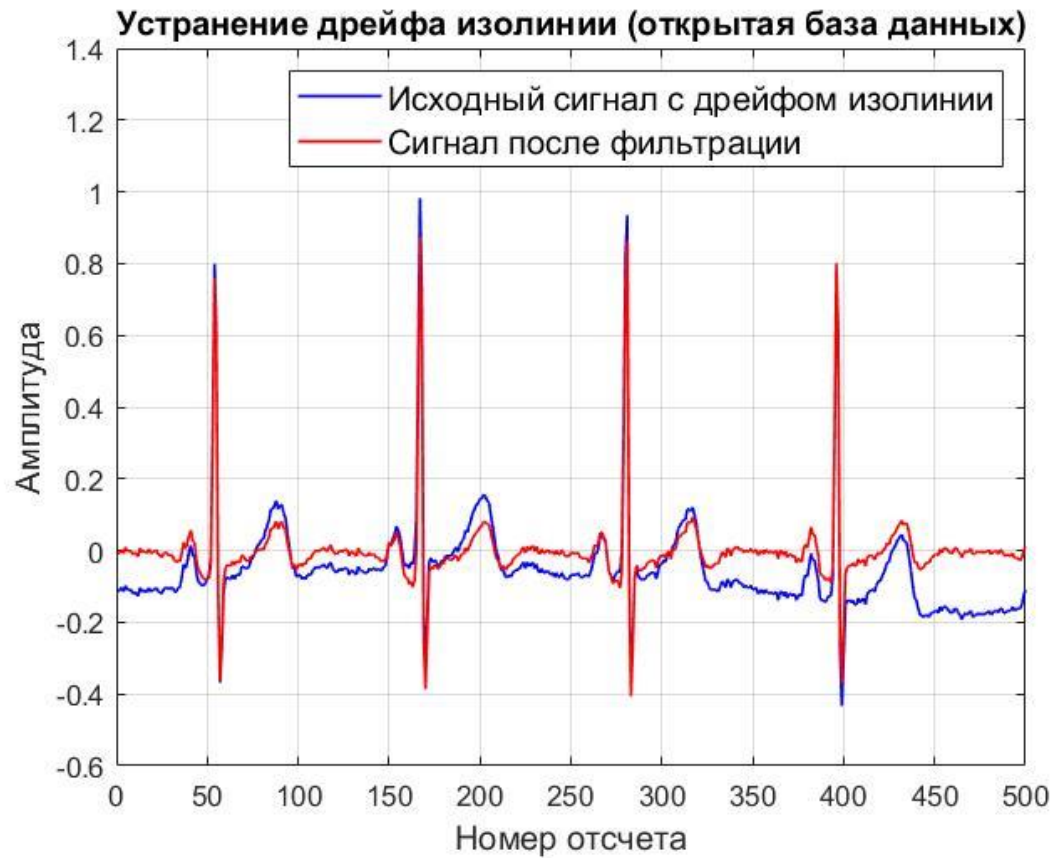


Рис. 10. Устранение дрейфа изолинии и выравнивание сигналов

ОБРАБОТКА

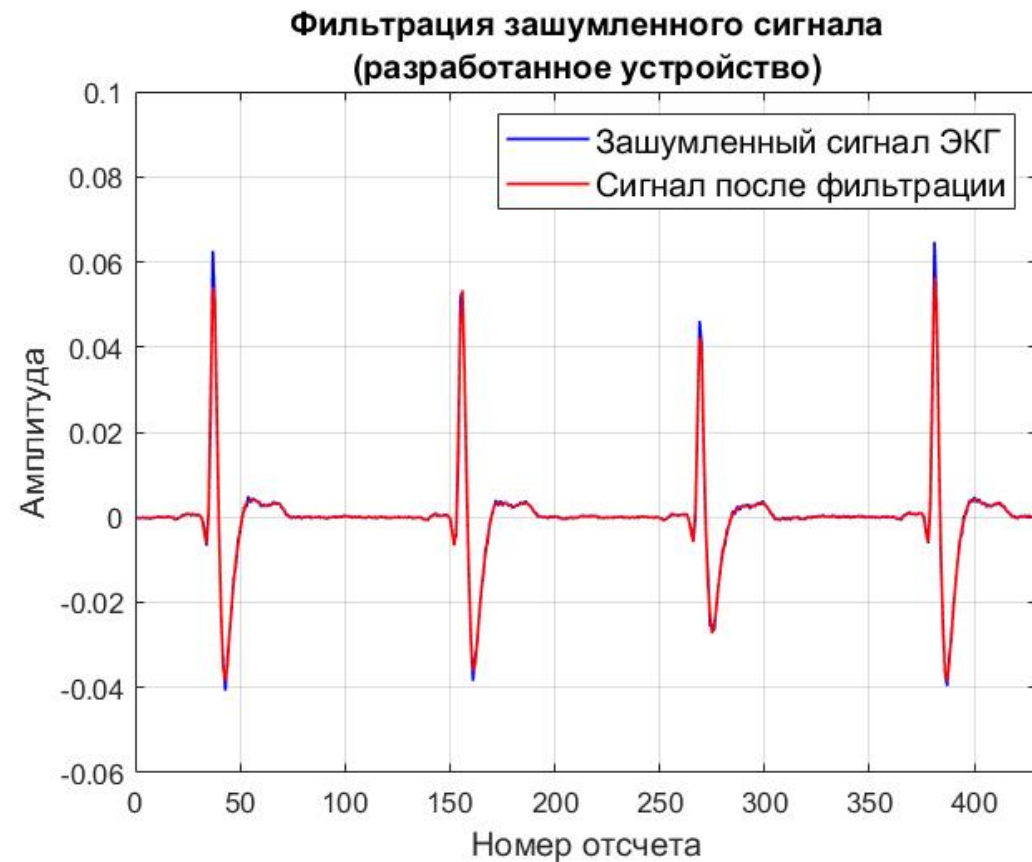


Рис. 11. Фильтрация зашумленных сигналов (фильтр Савицкого-Голея)

ОБРАБОТКА

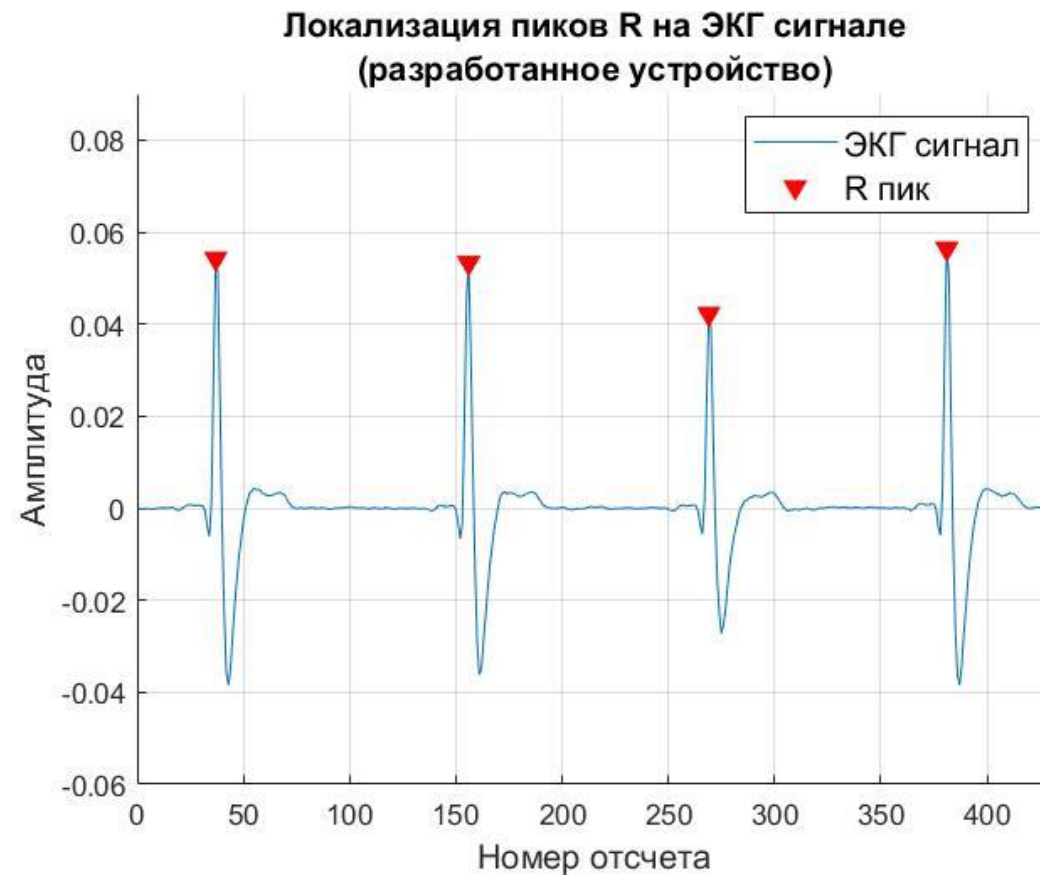
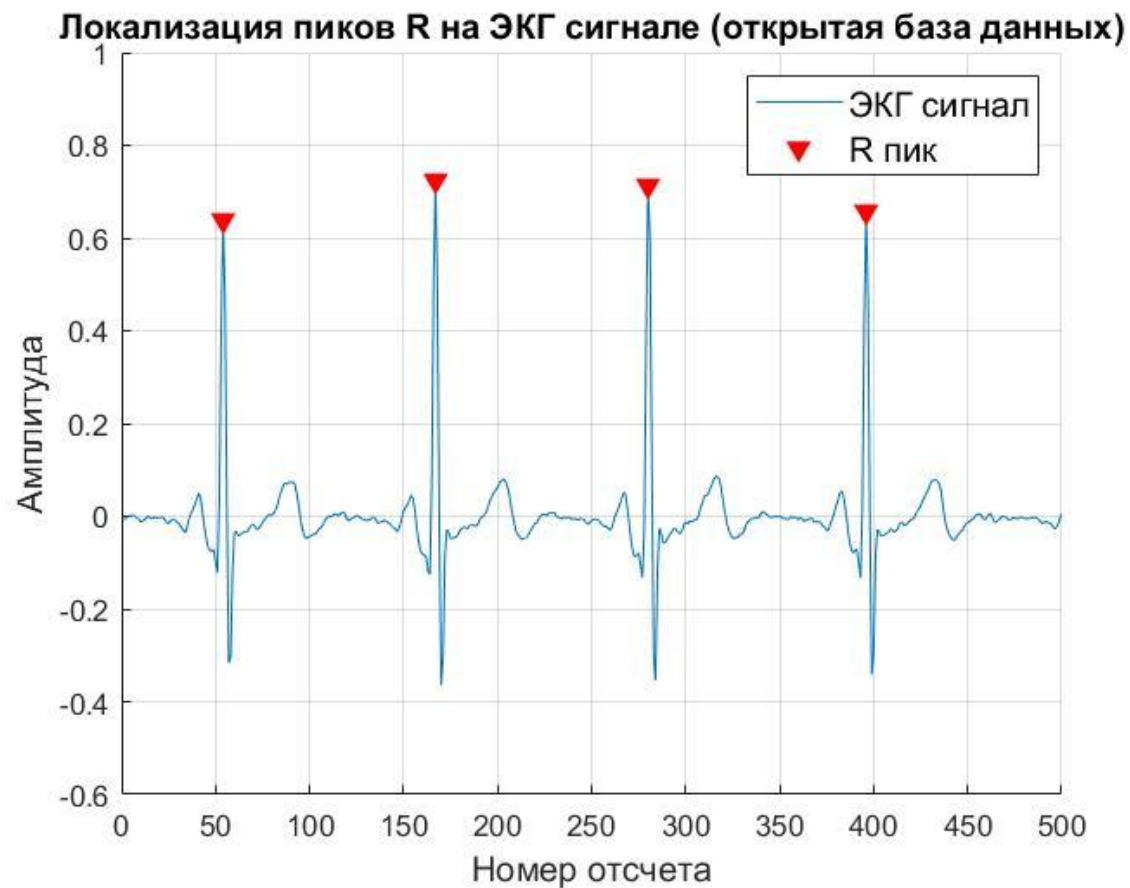


Рис. 12. Локализация пиков на сигналах ЭКГ

ОБРАБОТКА

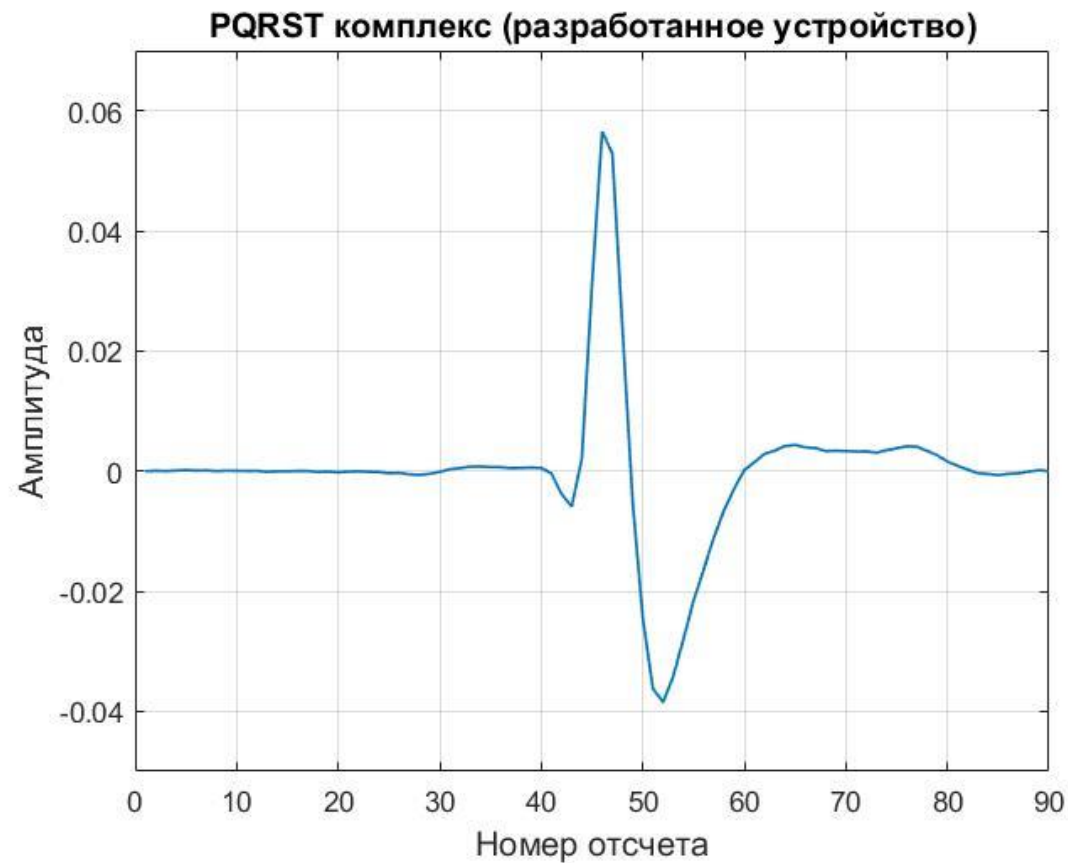
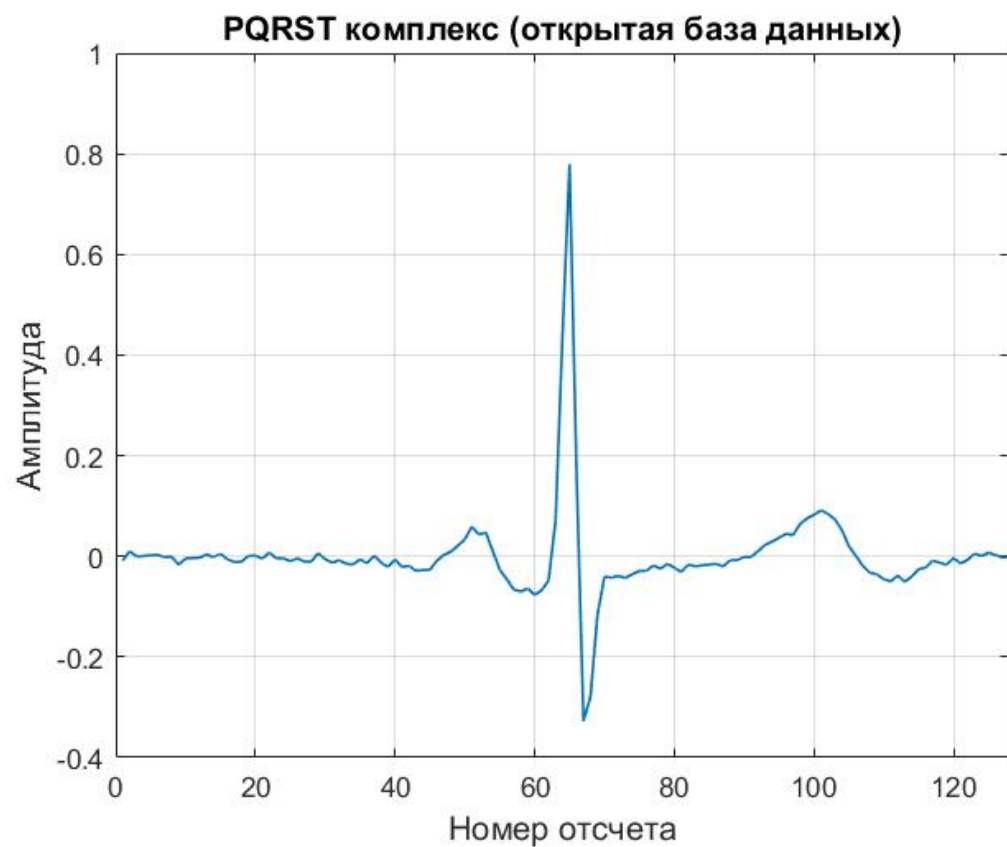


Рис. 13. Отдельные PQRST комплексы

ПОСТРОЕНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОСЕТИ

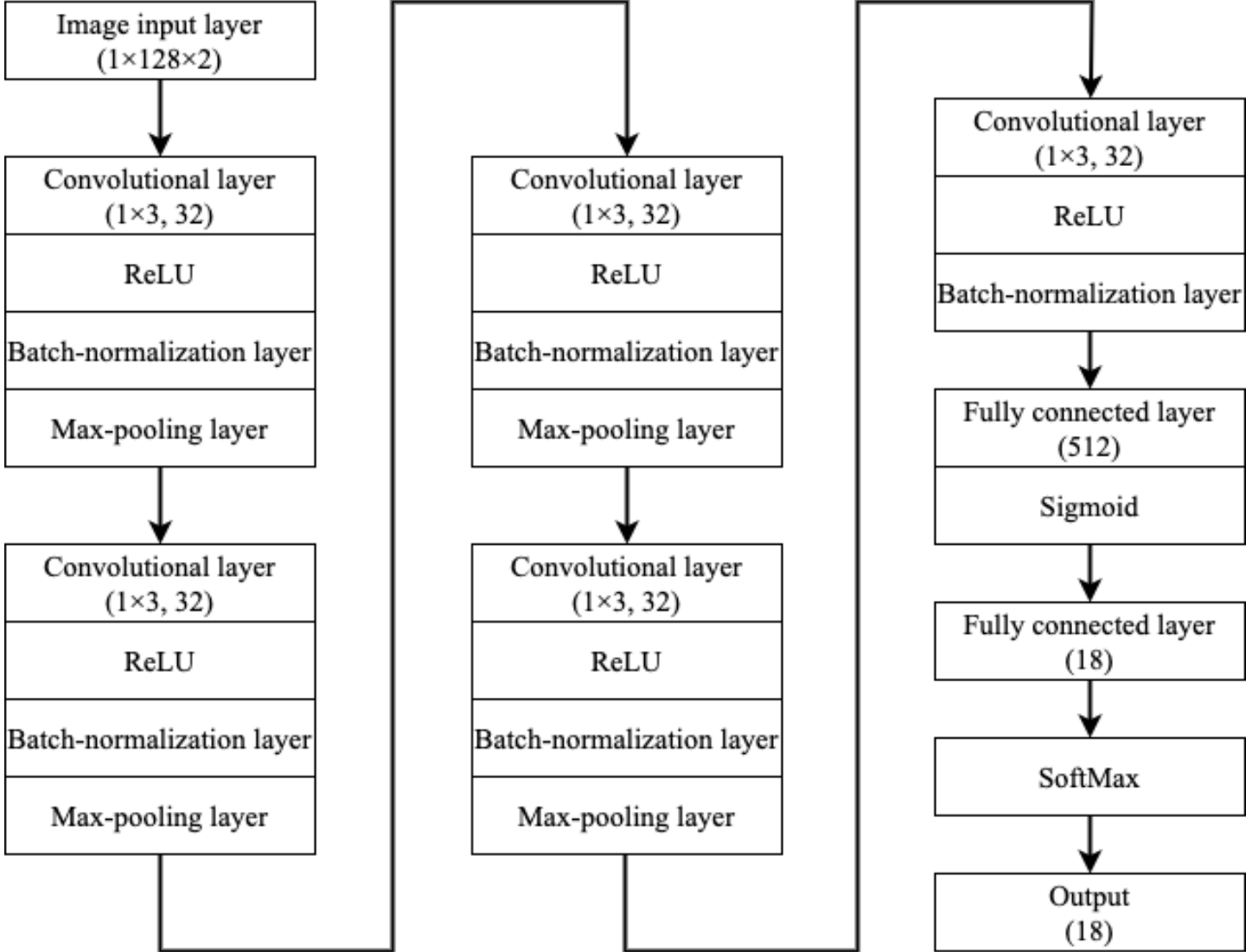


Рис. 14. Структура сверточной нейросети

РЕЗУЛЬТАТЫ

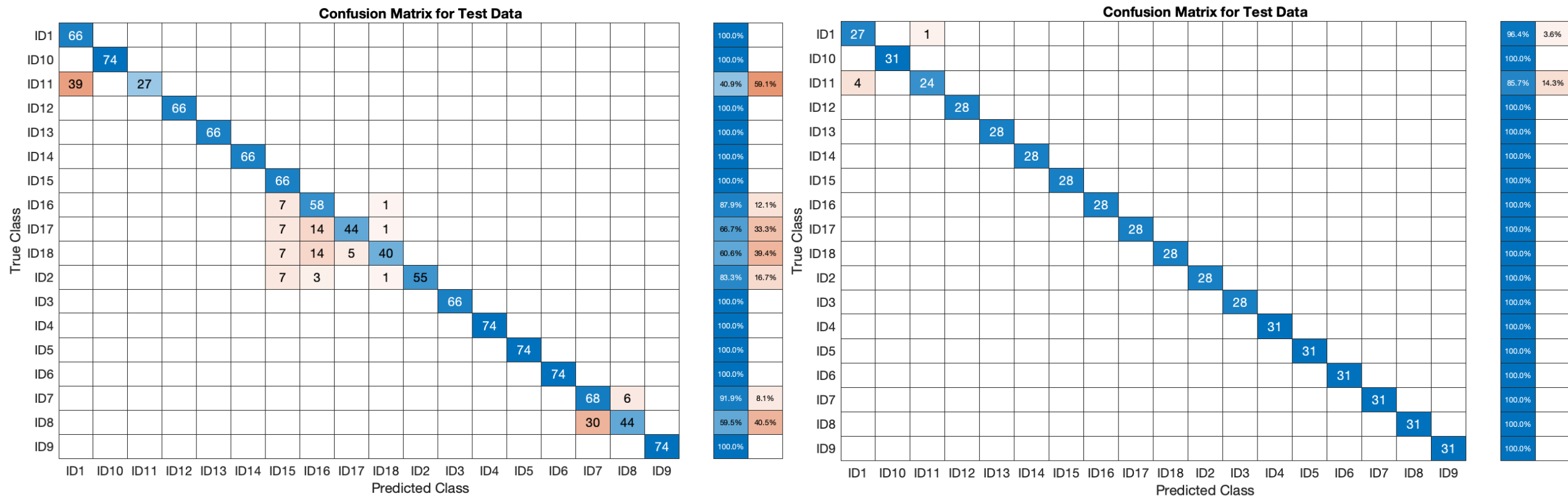


Рис. 15. Матрица ошибок (слева – 3 слоя в СНС, справа – 5 слоев)

КОММЕРЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

ЦЕЛЬ

Разработать датчик (MVP), позволяющий регистрировать ЭКГ с учетом активности совершаемой пользователем



Потребители:

- Производители медицинского оборудование для спортсменов
- Медицинские лаборатории
- Образовательные кружки, секции и кванториумы

В данном проекте рассматривается **B2B рынок**

ПАСПОРТ РАЗРАБОТКИ / ЗАДАЧИ

ЭФФЕКТЫ ОТ РАЗРАБОТКИ

- Повышение точности и увеличение количества регистрируемых параметров (ЭКГ, ЧСС, положение тела человека в пространстве + активность)
- Расширение возможностей при проведении исследований связанных с сердечной активностью

РАЗРАБОТКА САНКЦИОННО НЕЗАВИСИМОЙ ТЕХНОЛОГИИ

- Уклон в создание собственной продукции
- Использование как составного компонента в устройстве мониторинга состояния пациентов, а также спортсменов;
- До 70% отечественных компонентов
- Поддержка курса на импортозамещение

РЫНОЧНОЕ ПРОДВИЖЕНИЕ

- Создание уникального торгового предложения, не имеющего полноценных аналогов в РФ
- Ценовая политика обеспечивает доступность продукта для разных ценовых сегментов

СХЕМА КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1 Проведен анализ существующих биометрических систем
- 2 Осуществлен обзор систем идентификации на основе нейронных сетей
- 3 Разработано беспроводное устройство для снятия ЭКГ
- 4 Собрана собственная деперсонализированная база данных
- 5 Разработан алгоритм обработки сигнала ЭКГ
- 6 Построена сверточная нейронная сеть с точностью 95,8%
- 7 Произведен анализ рынка для разработанного датчика ЭКГ

ПУБЛИКАЦИИ

- 1 международная конференция «21st International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networks and Systems NEW2AN 2021», 2021 г. [11];
- 2 международная конференция «49th Anniversary International Summer School-Conference: Advanced problems of mechanics», 2021 г.
- 3 XV Всероссийской школе «Математическое моделирование и биомеханика в современном университете», 26–31 мая 2021 г. [12];
- 4 Всероссийская конференция «Неделя науки ФизМех», 4–9 апреля 2022 г.;

11. Malysheva V., Zaynullina D., Stosh A., Cherepennikov G. (2022) Application of Wavelet Transform for ECG Processing. In: Koucheryavy Y., Balandin S., Andreev S. (eds) Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. NEW2AN 2021, ruSMART 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 13158. Springer, Cham

12. Зайнуллина Д. М., Малышева В. Н., Стош А. О., Черепенников Г. А. (2021) Беспроводное устройство мониторинга ЭКГ с возможностью сбора и анализа полученных данных // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете: тезисы докладов XV Всероссийской школы, (с. Дивноморское, 26 мая — 31 мая 2021 г.) / Южный федеральный университет; ред.: А. О. Ватульян, М. И. Карякин, В. В. Дударев, Д. К. Плотников, А. В. Попов, В. О. Юров. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. — с. 57



POLYTECH

Peter the Great
St. Petersburg Polytechnic
University

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Докладчик: МАЛЫШЕВА Вероника

malysheva.vn@edu.spbstu.ru

+7 911 708 28 84