

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО АЛГОРИТМА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В ПОДКОЖНОМ ДАТЧИКЕ НА ОСНОВЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Мещеряков Г.О., Манкевич С.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Осипов А.Н. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ЭТТ

**Аннотация.** В данной работе разрабатывалась программа для моделирования помехоустойчивого алгоритма измерения концентрации глюкозы в крови на основе псевдослучайной последовательности. Данный метод используется в подкожных датчиках глюкозы. Ограниченные энергетические возможности подкожных датчиков обуславливают проведение измерений при низких интенсивностях флуоресценции и, соответственно, при высоком уровне отношения сигнал/шум. Для повышения этого отношения предлагается использовать помехоустойчивый алгоритм на основе псевдослучайной последовательности.

**Ключевые слова:** датчик, псевдослучайная последовательность, матлаб.

**Введение.** Диабет – это хроническое заболевание, которым страдают миллионы людей во всем мире и которое может привести к серьезным осложнениям, таким как слепота, почечная недостаточность и сердечно-сосудистые заболевания. Точный и надежный мониторинг концентрации глюкозы в крови необходим для эффективного лечения диабета. В настоящее время существуют различные методы и устройства для измерения концентрации глюкозы в крови, включая системы непрерывного мониторинга глюкозы (CGM), оптические датчики глюкозы и электрохимические датчики глюкозы. Системы CGM обеспечивают непрерывное получение данных о глюкозе и являются наиболее перспективными.

**Основная часть.** Обеспечение точности измерения глюкозы является одной из важных и сложных задач при проектировании данных систем. В связи с этим в данном докладе рассматривается вопрос применения помехоустойчивого алгоритма измерения концентрации глюкозы в крови на основе псевдослучайной последовательности. В работе рассмотрен флуоресцентный метод измерения глюкозы. Сущность метода заключается в том, что интенсивность флуоресценции геля, контактирующего с внеклеточной жидкостью человека, зависит от концентрации глюкозы в этой жидкости. Данный метод используется в подкожных датчиках глюкозы. Ограниченные энергетические возможности подкожных датчиков обуславливают проведение измерений при низких интенсивностях флуоресценции и, соответственно, при высоком уровне отношения сигнал/шум. Для повышения этого отношения предлагается использовать помехоустойчивый алгоритм на основе псевдослучайной последовательности.

В данной работе была разработана программа в среде Матлаб, которая работает следующим образом:

1. Генерируется сигнал, состоящий из заданной  $m$ -последовательности  $(t)$ . Этим сигналом моделируется облучение геля для получения флуоресценции. Соответственно отклик геля на облучения имеет тот же вид что и  $(t)$ . Амплитуда флуоресценции тем больше, чем больше амплитуда сигнала облучения геля.  $M$ -последовательность представляет собой периодическую и детерминированную последовательность двоичных значений, которая используется в качестве основы для измерения концентрации глюкозы в нашем алгоритме.

2. Программа генерирует белый шум  $n(t)$ .

3. Сигнал  $(t)$  умножается на экспоненциальную зависимость.

$$S_2(t) = S_1(t) \cdot f(x) \quad (1)$$

4. Формируется аддитивная смесь сигнала флуоресценции геля и шума:

$$S_3(t) = S_1(t) + n(t) \quad (2)$$

На этом этапе накладывается шум на смоделированный сигнал. Теперь сигнал содержит как сигнал глюкозы, так и сигнал шума.

5. Выполняется умножение сигнала на сигнал с шумом

$$S(t)_4 = S_2(t) \cdot S_1(t) \quad (3)$$

6. Далее определяется концентрация глюкозы в соответствии с выражением:

$$A = \sum_{i=0}^n \Sigma S(t)_4 \quad (4)$$

где  $n$  – количество отсчетов последовательности.

Значение  $A$  представляет собой расчетную концентрацию глюкозы, и оно используется для сравнения с фактической концентрацией глюкозы, измеренной другими методами, чтобы подтвердить точность и надежность нашего алгоритма. При проведении моделирования изменение параметров шума вызывает необходимость изменения параметров псевдослучайной последовательности (частоты, длительности) для обеспечения наилучшего отношения сигнал\шум [5].

**Заключение.** В работе был рассмотрен вопрос моделирования помехоустойчивого алгоритма измерения концентрации глюкозы в крови на основе псевдослучайной последовательности. Результаты моделирования позволяют обеспечить точные и надежные измерения глюкозы и могут быть использованы при проектировании подкожных датчиков глюкозы.

### Список литературы

1. Комплект системы Eversense E3 CGM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://global.eversenseddiabetes.com/patient-education/eversense-user-guides/>
2. Обзор существующих методов и аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://global.eversenseddiabetes.com/patient-education/eversense-user-guides/>
3. Процедура введения датчика и подготовки пациента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://global.eversenseddiabetes.com/healthcare-providers/healthcare-provider-resource-page/#toggle-id-1>
4. Система постоянного мониторинга глюкозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.diacheck.ru/product/sistema-postoyannogo-monitorirovaniya-glyukozy-ipro2-model-mmt-7745>
5. Датчик компании Abbott [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.freestylelibre.ru/libre/products/sensors.html>
6. Датчик компании Dexcom, CGM-система G4 Platinum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dexcom.by/пошаговая-инструкция-по-установке-nightscout/>
7. Medtronic с платформами MiniMed 640G и 530G [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.medtronic-diabetes.com/ru-RU/support/manuals>

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

## CONTROL SIMULATION OF A NOISE-IMMUNE ALGORITHM FOR MEASURING GLUCOSE IN A SUBCUTANEOUS SENSOR BASED ON A PSEUDO-RANDOM SEQUENCE

*Meshcheryakov G.O., Mankevich S.V.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Osipov A.N. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ETT*

**Annotation.** In this work, a program was developed for modeling an noise-resistant algorithm for measuring blood glucose concentration based on a pseudo-random sequence. This method is used in subcutaneous glucose sensors. The limited energy capabilities of subcutaneous sensors cause measurements to be made at low fluorescence intensities and, accordingly, at a high signal-to-noise ratio. To increase this ratio, it is proposed to use an noise-immune algorithm based on a pseudo-random sequence.

**Keywords:** sensor, pseudo-random sequence, matlab.