

УДК 004.023

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ САХАРА В КРОВИ БОЛЬНЫХ ДИАБЕТОМ

Д. т. н. В. С. Глухов, А. В. Глухова

Национальный университет «Львовская политехника»

Украина, г. Львов

valeriygl@ukr.net, aleksandra.glukhova@gmail.com

Приводятся результаты исследования возможностей современных компьютерных средств для неинвазивного определения в домашних условиях уровня сахара в крови больных диабетом. Исследовалось влияние уровня сахара на спектр человеческого голоса. При исследовании использовались доступные в домашних условиях компьютерные средства и программы. Были выявлены участки спектра, на которых прослеживается близкая к линейной зависимость амплитуды звуковых колебаний от уровня сахара в крови. Показана возможность реализации на основе смартфона неинвазивного глюкометра для оперативного использования в домашних условиях.

*Ключевые слова:* неинвазивный глюкометр, смартфон, спектр голоса

Для измерения в домашних условиях уровня сахара в крови больных диабетом в настоящее время используются портативные приборы (глюкометры), которые требуют расходных материалов (тестовых полосок, 1 тестовая полоска на 1 анализ). Для анализа необходима капля крови (инвазивный анализ). В последнее время появляется информация о попытках использовать возможности современной компьютерной техники для проведения в домашних условиях неинвазивного анализа уровня сахара крови с использованием вычисления спектра голоса больного [1—3]. При этом параметры спектра (частоты и пики), связанные с уровнем сахара, или не раскрываются, или не подтверждаются при проверке.

В данной работе проведена оценка корреляции частотного спектра человеческого голоса и уровня сахара в его крови. Оценка проводилась для больного диабетом 1-го типа. Использовались доступные в домашних условиях средства: Смартфон Lenovo A859, версия Android 4.2.2, инструмент Диктофон; ПК с ОС WindowsXP, электронная таблица, свободный цифровой регистратор звуковых файлов Audacity 1.2.6. Голос человека (4-х кратное произнесение названия ноты «ми») фиксировался на смартфоне, по каналу USB переписывался в ПК, где с помощью программы Audacity проводилась обработка 3-х последних звучаний: нормализация (рис. 1) и вычисление спектра (рис. 2, 16384 точки, окно Бартлетта, частота записи в журнал).

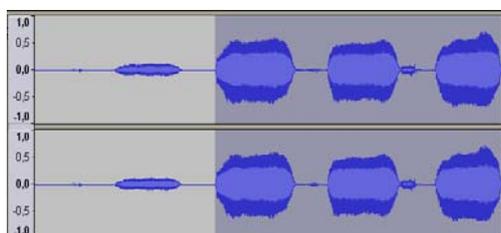


Рис. 1. Результат нормализации

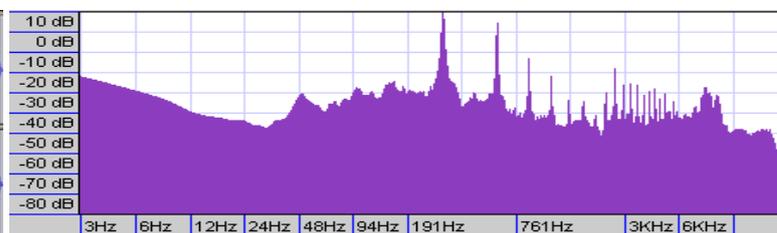


Рис. 2. Результат вычисления спектра

Результаты вычисления спектра экспортировались в виде текстового файла \*.txt (два столбца значений «Частота (Гц) — Уровень (дБ)» ( $f - u$ ), 8192 значения ( $i$ ) в диапазоне от 2,929688 Гц до 23997,070313 Гц) и заносились в электронную таблицу. Для анализа были выбраны  $j=5$  спектров голоса, которые соответствовали содержанию сахара  $p_1=3,6$ ,  $p_2=6,3$ ,  $p_3=8$ ,  $p_4=10$  и  $p_5=12$  ммоль/л ( $p_j < p_{j+1}$ ,  $j=1 \dots 4$ ), нормальным считается уровень сахара 3,0...6,0 ммоль/л. При анализе спектра ищались такие частоты  $f_k$  ( $k=1 \dots i$ ), для которых выполняется условие (1):  $u_{kj} < u_{k(j+1)}$  для всех  $j$  (большему уровню сахара должна соответствовать большая амплитуда колебания данной частоты).

Результаты поиска показаны на рис. 3, где вертикальными линиями отмечены частоты, для которых выполняется указанное неравенство.

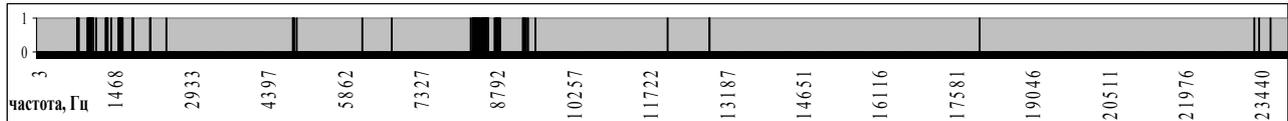


Рис. 3. Линейчатый спектр признаков, подходящих для вычисления уровня сахара

Для двух диапазонов частот 1561...1632 Гц («1600 ср») и 8542...8649 Гц («8600 ср»), на которых неравенство выполняется наиболее часто, было подсчитано числовое значение параметра, связанного с уровнем сахара — суммарный условный уровень амплитуд всех частот этих диапазонов (рис. 2). Его близкая к линейной зависимость от уровня сахара показана на рис. 4.

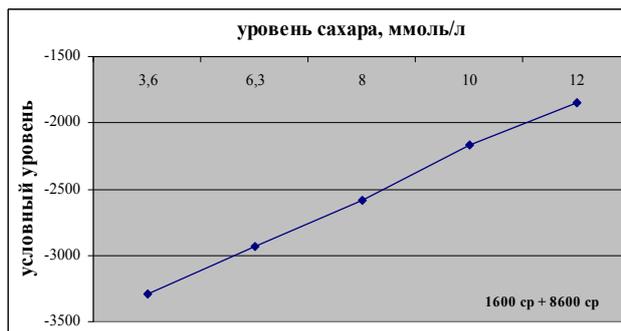


Рис. 4. Зависимость параметров спектра от уровня сахара в крови

Дальнейшие работы по созданию неинвазивного глюкометра для определения уровня сахара в крови больного диабетом должны включать создание для смартфонов комплекса программ для спектрального анализа сделанных с помощью диктофона записей, нахождение по условию (1) частот, характеристики которых связаны с уровнем сахара, определение, индикацию и документирование вычисленного уровня сахара.

Особенностями данного исследования являются: ограниченное количество пациентов и результатов анализов; использование для эталонных результатов показаний домашних глюкометров, а не результатов лабораторных анализов. Необходимо проведение дополнительных исследований для определения влияния на полученные результаты индивидуальных особенностей пациентов: температуры, артериального давления, наличия других заболеваний, возраста, пола, продолжительности болезни. Необходимо учитывать невозможность использования предлагаемого метода при низких уровнях сахара, когда человек не может говорить; не определена погрешность метода, необходимость и частота калибровки неинвазивного глюкометра; не проверялась обратная зависимость в условии (1).

В результате исследований выявлена близкая к линейной зависимость некоторых характеристик спектра человеческого голоса от уровня сахара в его крови, что открывает возможность создания неинвазивного глюкометра на основе смартфонов для оперативного применения в домашних условиях.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Патент RU 2510023, Россия. Устройство для определения содержания глюкозы в крови / Козлова А. Я., Фролов А. М., Улановский Я. Б., Фаткин М. А.— 2014.
2. Патент RU2506893, Россия. Способ неинвазивного определения содержания глюкозы в крови по голосу человек / Козлова А. Я., Фролов А. М., Улановский Я. Б.— 2012.
3. Моторин В., Мананков А. Ни капли крови диабету! // Техника – молодежи.– 2015.– № 4 (983).– С. 28–34.

V. S. Hlukhov, O. V. Hlukhova

#### Computer equipment for noninvasive determination of blood sugar level of diabetes patients

The paper discusses research results of capabilities of modern computer tools for noninvasive determination of blood sugar levels of diabetics in home conditions. The effect of glucose on the spectrum of the human voice was studied, using computer equipment (smartphone, PC) and programs (recorder, spectrum analyzer, E-table) available at home. Range of voice frequencies have been identified with nearly linear dependence between sound vibrations amplitudes and blood sugar level. It is shown, that there is a possibility to use a smartphone as a base for a noninvasive glucometer for operational use in home conditions.

Keywords: *noninvasive glucometer, smartphone, voice spectrum.*