

6. Abderahman Rejeb, Alireza Abdollahi, Karim Rejeb, Horst Treiblmaier, Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 198, 2022, 107017, ISSN 0168-1699.

7. Suman Paneru, Idris Jeelani, Computer vision applications in construction: Current state, opportunities & challenges, Automation in Construction, Volume 132, 2021, 103940, ISSN 0926-5805.

8. Sindiramutty, Siva Raja & Tan, Chong & Goh, Wei Wei. (2024). Eyes in the Sky: Privacy and Ethical Considerations in Drone Cybersecurity. 10.4018/979-8-3693-0774-8.ch017.

9. Бавбель, Е. И. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов в обеспечении безопасности дорожного движения = Features of use of unmanned aerial vehicles in ensuring road safety / Бавбель Е. И. // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 61–63.

10. Анискевич, А. С. Проблемы проведения аэрофотосъемки с применением БПЛА = Problems of conducting aerial photography using UAV / А. С. Анискевич, Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 664–666.

УДК 004.383::616-079

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВ НЕИНВАЗИВНОЙ ГЛЮКОМЕТРИИ

А. И. Дыдик

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

The existing devices of non-invasive glucometers are considered. The variant of realization of optical glucometer based on sensors BIR-BM1331 and BL-L3522PD with the possibility of saving measurement data on a cloud server is proposed. Thanks to this, the attending physician has the possibility of remote control over the patient's condition and compliance with the recommendations on self-control. Further improvement should be directed towards ergonomics of the device.

Введение. Самоконтроль гликемии занимает важнейшее место в лечении сахарного диабета. Недостаточная частота или нерегулярность измерений уровня глюкозы, погрешности измерений, ошибки при ведении дневника влияют на успешность профилактики осложнений сахарного диабета.

Традиционные системы инвазивной глюкометрии доставляют пациенту дискомфорт и, как следствие, могут снизить частоту проведения измерений. Все больше возрастает интерес к неинвазивным методам, основанным на вычислении гликемии по косвенным физиологическим признакам.

Реализация неинвазивного оптического глюкометра. С целью упрощения процедуры регулярного самоконтроля уровня гликемии был разработан неинвазивный оптический глюкометр и мобильное приложение для него. Оптический глюкометр использует принцип ближней инфракрасной спектроскопии и реализован на базе датчиков BIR-BM1331 и BL-L3522PD.

Проведенные серии натуральных экспериментов показали линейный характер зависимости результатов, полученных классическим инвазивным способом (тест-полоски) и методом ближней инфракрасной спектроскопии [1]. Изучено влияние на регистрируемый параметр различных физических и физиологических факторов, таких как неподвижность руки в процессе измерения, уровень ее расположения, а также телосложение испытуемого, цвет кожи и её толщина, температура кожных покровов в момент измерения. Для каждого нового пользователя необходимо выполнять индивидуальную калибровку устройства с использованием результатов, полученных классическим способом, например, инвазивным домашним глюкометром Bionime GM100.

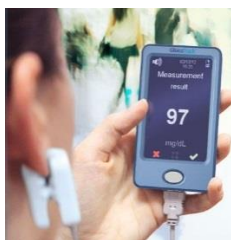
Разработанный оптический глюкометр отслеживает отклонение получаемых значений и, если отклонение выходит за рамки допустимого, на дисплее устройства выводится сообщение об этом. Для хранения и визуализации результатов проведенных измерений разработано мобильное приложение с возможностью подключения к удаленной базе данных [2]. Программное обеспечение глюкометра отправляет в мобильное приложение JSON-объекты с результатом измерения и временем проведения измерения. Для передачи данных используется либо домашняя Wi-Fi-сеть, либо созданная устройством локальная сеть. Применение удаленной базы данных позволит лечащему врачу дистанционно просматривать электронные дневники самоконтроля пациентов и при необходимости вносить коррективы в их лечение.

Обзор существующих решений. Для выбора направления дальнейшего совершенствования разработанного устройства рассмотрим варианты реализации подобных устройств, представленные на зарубежном рынке (рисунок 1).

Неинвазивный монитор уровня сахара в крови GlucoBeam производства RSP Systems (Дания) использует для измерений технологию рамановской спектроскопии (Critical Depth Raman Spectroscopy). Это устройство на базе лазерного луча определенной длины волны позволяет через кожу проводить измерения концентрации веществ в межклеточной жидкости [3].



GlucoBeam



GlucoTrack



Омелон В-2



EDVAIS (Brainbeat)

Рисунок 1 – Варианты реализации неинвазивных глюкометров

Израильская фирма Integrity Applications создала GlucoTrack – устройство, несколько напоминающее своим датчиком пульсоксиметр, который закрепляется на мочке уха. Чтобы измерить уровень сахара в крови, проходящей через мочку уха, глюкометр GlucoTrack использует сразу три различных технологии – ультразвуковое и электромагнитное излучение, а также данные контроля температуры. Вся информация отправляется в похожий на смартфон прибор, который позволяет просмотреть текущий результат, а также оценить тенденции путем просмотра измерений за определенный период. Все результаты могут также быть загружены во внешнее устройство с помощью стандартного кабеля USB [4].

Ученые из Техасского университета в Далласе (США) разработали наручный сенсор в виде браслета, который способен в непрерывном режиме точно отслеживать уровень сахара, кортизола и интерлейкина-6, анализируя пот пациента. Устройство способно работать в таком режиме в течение недели, а для измерений сенсору достаточно лишь минимального количества пота, который образуется на теле человека без дополнительной стимуляции. Сенсор, встроенный в носимое на руке устройство, использует в своей работе специальный гель, который помогает сохранить образование пота для обеспечения более стабильных измерений.

Голландская компания NovioSense разработала оригинальный монитор для контроля уровня сахара на основе анализа слезной жидкости. Он представляет собой миниатюрный гибкий сенсор, похожий на пружинку, который помещается в нижнее веко и передает все измеряемые данные в соответствующее приложение на смартфоне. Он имеет 2 см в длину, 1,5 мм в диаметре и покрыт мягким слоем гидрогеля. Гибкий форм-фактор сенсора позволяет ему

точно прилегать к поверхности нижнего века, что позволяет не беспокоить пациента. Для своей работы устройство использует высокочувствительную и малопотребляющую технологию, которая позволяет измерять минутные изменения уровня сахара в слезной жидкости, точно отображающие количество сахара в крови пациента. Для коммуникаций со смартфоном сенсор использует NFC-технологию [5].

Слезную жидкость для контроля уровня сахара в крови решили использовать и ученые из Хьюстонского университета (США) и Корейского института науки и технологии. Они разрабатывают контактные линзы, которые будут работать в качестве сенсоров. Для измерения концентрации сахара используется спектроскопия комбинационного рассеяния, для чего на линзы наносится специальная наноструктура. Эта наноструктура состоит из напечатанных поверх золотой пленки золотых нанопроводников, которые интегрированы в гибкий материал контактных линз. Пока ученые разработали только концептуальную модель.

В Российской Федерации запатентованы изобретения: «Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови» [6] и «Устройство для неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови» [7]. Работа прибора Омелон В-2 основана на анализе параметров пульсовой волны при автоматическом измерении АД с помощью компрессионной манжеты. Соотношения значений САД и ДАД являются исходными данными для вычисления концентрации глюкозы в соответствии с прикладной программой прибора, использующей математические зависимости. Погрешность измерения концентрации глюкозы в сравнении с биохимическим анализом – от 15 до 20%.

Ещё один неинвазивный глюкометр – от российского производителя Brainbeat. Уникальность проекта заключается в измерении излучения в оптической области спектра поглощения глюкозы на трёх диапазонах [8] и в соответствующих специально разработанных алгоритмах, учитывающих широкий спектр возможных погрешностей измерения (обусловленных, в первую очередь, присутствием других компонент на значимых частотах). Таким образом, устройство не нужно постоянно калибровать с помощью инвазивного глюкометра, результаты измерений не зависят от потоотделения и типа кожи (различные расы и т.п.). Погрешность измерения – до 15%.

Как видно из обзора, существующие на рынке устройства неинвазивной глюкометрии имеют немалую погрешность измерений, большинство из них также требуют постоянной калибровки. Разработанное нами устройство имеет выгодное преимущество – возможность сохранения данных измерений на облачном сервере. Благодаря этому лечащий врач, которому предоставлен доступ к базе, имеет возможность дистанционного контроля за состоянием пациента и соблюдением рекомендаций по самоконтролю, что позволит ему выполнить коррекцию лечения своевременно. В то же время нерешенным является вопрос разработки конструкции устройства, поэтому дальнейшее совершенствование следует направить в направлении эргономики и дизайна корпуса устройства.

Список использованных источников

1. Дыдик А.И. Оптический метод неинвазивной глюкометрии / А. И. Дыдик // Новые горизонты – 2023, Минск, 9–10 ноября 2023 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Государственный комитет по науке и технологиям, Белорусский национальный технический университет, Институт по науке и технике БНТУ - Минск: БНТУ, 2023 - Т.1 - С. 154-156
2. Дыдик, А.И. Мобильное приложение для оптического глюкометра // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. Ч.1 / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н.Н. Шалобыта [и др.]. – Брест: Издательство БрГТУ, 2024. – С. 73 – 76.
3. Evercare.ru [Электронный ресурс] / Информационный портал в области телемедицины и цифрового здравоохранения – Режим доступа: evercare.ru/GlucoBeam – Дата доступа: 20.04.2023
4. GlucoTrack [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании GlucoTrack –Режим доступа: glucotrack.com/ – Дата доступа: 20.04.2023
5. Noviosense [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Noviosense – Режим доступа: <https://www.noviosense.com/> – Дата доступа: 17.05.2023.
6. Патент RU 2368303. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови / А. Д. Эльбаев, Х. А. Курданов, А. Д. Эльбаева – 27.09.2009. – Бюл. № 27
7. Патент RU 2317008. Устройство для неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови / А. Д. Эльбаев, Р. И. Эльбаева, Х. А. Курданов, Р. А. Перковский – 20.02.2008. – Бюл. № 5
8. Брейн Бит [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Brainbeat – Режим доступа: <https://brainbeat.ru/o-proekte> – Дата доступа: 21.05.2023.

УДК 004.031.6

ПОЛЕТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ПУСКОВЫХ УСТАНОВОК

П. В Жоглов, С. В. Чугунов

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
zhoglovpavel21@gmail.com

Flight controller - an electronic device that controls the flight of an aircraft. The term is applied to unmanned aerial vehicles, including aircraft models. The term autopilot is usually used for manned aircraft. The goal of our work is to develop and create a flight controller model using printed circuit board development technologies and Atmega328P microcontrollers.