

Вінницький національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БАРАНОВСЬКИЙ ДМИТРО МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 004.9:615.47+614.2

ДИСЕРТАЦІЯ

**АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ГЛІКЕМІЧНИМ ПРОФІЛЕМ**

05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи
технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Барановський Д. М.

Науковий керівник: Злепко Сергій Макарович, доктор технічних наук,
професор

Вінниця - 2019

АНОТАЦІЯ

Барановський Д. М. Апаратно-програмний комплекс для моніторингу та управління глікемічним профілем. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.11.17 – «Біологічні та медичні прилади і системи» – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2018.

Основу штучної підшлункової залози складає біокібернетична концепція апаратно-програмного комплексу моніторингу та управління глікемічним профілем, для якого характерні три базових передумови. Перша полягає в тому, що процес зміни глікемічного профілю є таким, який саморегулюється тільки в режимі норми особливих показників процесу. При виході за межі норми він стає нерегульованим, непередбаченим і непрогнозуємим та потребує зовнішнього управління для повернення його до норми. Друга передумова полягає в тому, що традиційна інсулінотерапія здійснює функції штучного регулятора, який підключається паралельно природному і виправляє дефекти організму. Особою, що приймає рішення щодо управління глікемічним профілем хворого, є лікар, який здійснює його, отримуючи відповідні данні про глікемію. І нарешті, третьою передумовою, яка відрізняє апаратно-програмний комплекс для моніторингу та управління глікемічним профілем від штучної бета клітини, є наявність біомедичного зворотного зв'язку, який виконує функції контролю за реакцією організму хворого на інсулінотерапію і формує пропозиції і рекомендації для коригування і підтримки рівня цукру в крові в нормі. Крім того, при діагностуванні і лікуванні хворого на цукрового діабету I типу, разом із прямими ознаками хвороби, виникає задача психологічного характеру, яка має суттєвий вплив на загальну ефективність лікування і потребує як мінімум, її формування та оцінювання, а як максимум – розроблення заходів і засобів для її розв'язку. Як правило, усі існуючі прилади і системи використовують неінвазивні методи визначення цукру в крові, при

яких застосовують тільки один спосіб отримання інформації про фізичні явища, які корелюють з глюкозою крові. Але практика довела, що цієї інформації недостатньо, оскільки не завжди враховується вплив зовнішнього середовища та інших непередбачених факторів, які пов'язані не з концентрацією глюкози, а з іншими причинами. Рішення проблеми полягає в одночасному застосуванні двох і більше методів, які мають різні принципи реєстрації та оброблення первинних сигналів. В дисертаційній роботі для цього запропоновано комбінацію трьох методів, і відповідно, застосування трьох давачів цукру (глюкози) в крові, які мають різні принципи реєстрації та природу походження.

Робота виконувалась на кафедрі біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету відповідно до планів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт в рамках держбюджетної теми «Інформаційна технологія низько інтенсивної світлової стимуляції і корекції функціонального стану вояків Збройних Сил України» (№ держ. реєстрації 0117U000572), де автор приймав участь як виконавець.

Наукові положення, одержані особисто дисертантом, та їх новизна:

1. Вперше розроблено метод визначення психологічного персоніфікованого стану пацієнта, як обов'язкової складової лікувально-діагностичного процесу важкохворих на ЦД I типу, представленої структурно-функціональною взаємодією психолога з особистісною мотиваційно-смісловою сферою пацієнта, і визначаємої за критерієм, який відображає особливості емоційного регулювання соматичного стану хворого шляхом оцінювання його персоніфікованого реагування на хворобу та критерієм об'єктивного визначення поточного психологічного стану пацієнта.

2. Вперше запропоновано комбінований метод моніторингу і визначення рівня глюкози в крові людини, представлений сукупністю методів визначення рівня глюкози у повітрі, що видихає пацієнт, методу оцінювання емоційного стресу за параметрами фотоплетизмограми і методу подібності форми фотоплетизмограми зразковим шаблонам, який повністю відповідає критерію неінвазивності, зберігаючи неруйнівність шкірного покриву і

представлений, інтерактивним процесом оцінювання фізіологічних параметрів глікемічного профілю, що забезпечує безперервний моніторинг та управління глікемічним профілем хворого.

3. Удосконалено математичну модель процесу моніторингу та управління глікемічним профілем хворого на цукровий діабет I типу в частині мінімізації часової затримки надходження сигналу про зміни дози інсуліна з 5 – 15 хвилин до 3 – 4 хвилин шляхом неперервного контролю показників біосенсора глюкози в моніторинговому режимі та корегуванням рівня глюкози в крові після прийому їжі, фізичних навантажень або під час хвороби, що дозволило визначати і здійснювати подачу інсуліновою помпою малих, але частих доз інсуліна і забезпечило ефективну підтримку концентрації глюкози в крові хворого в діапазоні «норми» на протязі тривалого часу.

4. Удосконалено шляхом застосування математичної моделі математичної моделі моніторингу та управління глікемічним профілем, процес оцінювання відмінностей між параметрами λ (визначає кількість глюкози, утилізованої в 1 ОД інсуліну) і μ (відображає вивод глюкози через нирки при перевищенні критичного рівня), який виявив відсутність значимих розбіжностей, що підтвердило інформативність тільки одного значимого параметру α (чутливість до глюкози), який відповідає рівню глюкози і визначає швидкість вироблення інсуліну в межах встановленого діапазону норми, що підтверджує діагноз ЦД I типу.

Обґрунтування і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій та достовірність результатів досліджень забезпечується коректним використанням математичних моделей, їх успішною апаратно-програмною реалізацією та підтверджується збіжністю результатів теоретичних та експериментальних досліджень, в тому числі і розробленого апаратно-програмного комплексу.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Аналіз технічного рівня сучасних апаратно-програмних засобів і систем для контролю та управління глікемічним профілем хворих на ЦД 1-го

типу підтвердив недосконалість існуючих засобів і систем для проведення неперервного моніторингу контролю рівня цукру в реальному часі та управління глікемічним профілем з затримкою його змін в межах 5 – 15хв, що зумовлено відсутністю математичних моделей та автоматичного зворотного зв'язку «глюкоза-інсулін», який здійснює реальна підшлункова залоза.

2. Експериментально доведено ефективність та адекватність системного підходу до розроблення апаратно-програмного комплексу на етапі створення експериментального та дослідного зразків, що дозволило застосувати до реєстрації даних комбінований принцип, який поєднав біологічну і технічну складові на рівні об'єднання їх задач в єдиний комплекс з цільовою функцією, блоками і зв'язками між ними, що надало нове розуміння АПК як комплексу з самостійним вибором функцій із деякої множини рівнозначних біологічних і технічних компонент.

3. Узагальнення отриманих результатів психологічного тестування за методиками Бехтерівського інституту показало, що хворі на ЦД I типу виявили, в своїй більшості, негативний особистісний сенс хвороби, продемонструвавши поведінку, яка була пов'язана з ризиками для життя але вільна від почуття страху, в той же час, як хворі на ЦД II типу показали, що для них здоров'я є однією із головних цінностей, а особистісний сенс хвороби має конфліктний характер.

4. Експериментальним шляхом встановлено, що створення біосенсора вимірювання глюкози, який відповідає комплексу необхідних характеристик – стабільності, відтворюваності результатів, стійкості до забруднення, селективності, чутливості, температурної стійкості і має тривалий час життєздатності можливо лише за умови, що такий біосенсор за своєю сутністю є інтегральним мультипараметричним сенсором.

Всі результати наукових і практичних досліджень, що увійшли до дисертаційної роботи, отримані і розроблені автором особисто. Особистий внесок здобувача в працях, написаних у співавторстві полягає в наступному: в [1] проведено аналіз медичних додатків для діагностики і моніторингу роботи

серця в домашніх умовах, в [2] розглянуто особливості взаємодії ЕМ-випромінювання з біооб'єктами, в [26] наведено критерії діагностики гвинтових з'єднань в ультразвуковій томографічній апаратурі, в [27] запропоновано метод інформаційної підтримки професійної діяльності працівників служби надзвичайних ситуацій, в [3] наведено методiku розрахунку ефективності медичних інформаційних систем і технологій, в [10] проведено аналіз літератури і результатів експериментальних досліджень особистісного адаптаційного потенціалу людини, у [11] відображено стан сучасних досліджень за проблемою створення низькоенергетичних технологій для оцінки і корекції функціонального стану оператора, в [12] наведено особливості експертних систем для діагностики технічного стану біомедичної апаратури, в [13] здійснено патентний пошук та проаналізовано сучасні методи вимірювання ЧСС, в [14] проведено аналіз сучасних закордонних та вітчизняних засобів і приладів для телеметричного моніторингу життєвих функцій людини, в [4] запропоновано підсистему підтримки прийняття рішень лікарем для автоматизованої системи визначення ризику виникнення інфаркту міокарда, в [15] запропоновано додатковий рівень захисту в багаторівневій системі захисту і управління медичним діагностичним обладнанням, в [5] вдосконалено систему комплексного захисту комп'ютерних рентгенівських томографів, в [16] визначено проблеми створення сучасної системи направлень пацієнта до лікарів, в [24] проаналізовано існуючі сучасні інформаційні технології і системи для ранньої діагностики онкологічних захворювань за рівнем циркулюючих пухлинних клітин, в [6] розглянуто поточний стан проблеми створення сучасних засобів та пристроїв для телемоніторингу та керування життєвими функціями організму людини, в [25] досліджено механізми дії електромагнітного випромінювання на біооб'єкт, що знаходиться в водному середовищі, в [17] наведено тенденції розвитку мобільних медичних додатків в Україні, в [9] обрано інформативні фізіологічні показники для оцінювання функціонального стану оператора в умовах обмеженої рухливості, в [23] запропоновано використання методу нечіткої логіки, в [18] розроблено

пристрій для регулювання напруги, в [19] запропоновано включити пульсоксиметр до схеми «кнопки життя», в [7] запропоновано оновлювати персоніфіковані голосові еталони.

Ключові слова: цукровий діабет, апаратно-програмний комплекс, моніторинг, рівень глюкози, підтримка прийняття рішень, діагностика, глікемічний профіль.

SUMMARY

Baranovsky D. M. Hardware and software complex for monitoring and control of the glycemic profile. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 05.11.17 – «Biological and medical devices and systems» – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, 2018.

The basis of the artificial pancreas is the biocybernetic concept of the hardware and software complex for monitoring and managing the glycemic profile, which is characterized by three basic preconditions. The first is that the process of changing the glycemic profile is such that it is self-regulated only in the mode of the norm of the special indicators of the process. When going beyond the norm, it becomes unregulated, unpredictable and unpredictable, and requires external management to return it to the norm. The second prerequisite is that traditional insulin therapy carries out the functions of an artificial regulator, which connects in parallel to the natural and corrects defects in the body. The person who decides on managing the patient's glycemic profile is the doctor who carries it out, receiving relevant data on glycemia. Finally, the third prerequisite that distinguishes the hardware and software complex for monitoring and management of the glycemic profile from the SBC is the availability of biomedical feedback that carries out the functions of controlling the patient's response to insulin therapy and formulates suggestions and recommendations for adjusting and maintaining the level of sugar in the blood is normal. In addition, when diagnosing and treating a patient with diabetes mellitus type I, along with direct signs of illness, there is a problem of psychological nature,

which, unfortunately, has a significant impact on the overall effectiveness of treatment and requires, at a minimum, its formation and evaluation, and as a maximum, the development of measures and means for its solution. As a rule, all existing devices and systems use non-invasive methods for determining blood sugar in which only one method is used to obtain information on physical phenomena that correlate with blood glucose. But, unfortunately, the practice has proved that this information is not enough, due to the complexity of taking into account the influence of the environment and other unforeseen factors that are associated not with the concentration of glucose, but for other reasons. The solution to problems is the simultaneous application of two or more methods that have different principles for the registration and processing of primary signals. In the dissertation work for this purpose a combination of three methods is suggested, and accordingly the use of three donors of sugar (glucose) in blood, which have different registration principles and nature of origin.

The work was carried out at the Department of Biomedical Engineering of the Vinnytsia National Technical University in accordance with the plans of research and development work on the topic "Information technology of low intensity light stimulation and correction of the functional state of the Armed Forces of the Armed Forces of Ukraine" (State registration number 0117U000572), where the author took participate as a performer.

Scientific positions received personally by the dissertation, and their novelty:

1. It was proposed for the first time to incorporate psychological diagnostics of the personified functional state into the medical diagnostic process of patients with severe diabetes type I as a structural and functional interaction between a psychologist and a person's personal motivational-semantic sphere of the patient, when one of the criteria of adequate and effective treatment is the reflection of the features of the emotional regulation of the somatic state of the patient, achieved through the evaluation of his personality response to the disease, and the other objective determination of the current psychological stage the patient.

2. The mathematical model of the process of monitoring and managing the

glycemic profile of a patient with type 1 diabetes mellitus in the part of minimizing the time delay of the receipt of the signal about the dynamics of the insulin dose from 5-15 minutes to 3 to 4 minutes is improved, by continuous monitoring of the indicators of the glucose biosensor in the monitoring mode and the correction the level of glucose in the blood after eating, physical activity or during illness, which allowed, to determine and deliver the insulin pump of small, but frequent doses of insulin, and provided an effective support for the concentration of glucose in the blood of the patient in the range of "norms" for a long time.

Substantiation and validity of scientific statements of conclusions and recommendations: reliability of research results is ensured by the correct use of mathematical models, successful hardware and software implementation of developed models and method, and confirmed by the convergence of the results of theoretical and experimental research, as well as by experimental researches of the developed hardware and software complex.

The practical value of the results obtained:

1. Analysis of the technical level of modern hardware-software tools and systems for controlling and managing the glycemic profile of patients with type 1 diabetes confirmed the inability to use existing tools and systems for continuous monitoring of sugar control in real time and control of the glycemic profile with a delay of its changes of not less than 5 - 15 minutes, due to the lack of mathematical models, and automatic feedback "glucose-insulin", which realizes the pancreas.

2. It has been experimentally proved that the system approach to the development of hardware and software complex is most effective and adequate at the stage of creation of experimental and experimental samples, which allowed to form the level of data registration on a combined principle, combining on the basis of the information conjugation of the biological and technical components at the level of ' the unification of their tasks into a single complex with a single own target unit, blocks and links between them, which allowed us to propose a new understanding of the agroindustrial complex as a complex with independent choices in functions, which consists of some set of equal biological and technical components.

All the results of scientific and practical research included in the dissertation work were obtained and developed by the author in person. The personal contribution of the bidder in the works written in co-authorship is as follows: in [1] an analysis of medical applications for the diagnosis and monitoring of heart work at home, [2] considered the features of the interaction of EM radiation with bioobjects, in [3] The criteria for diagnosing screw connections in ultrasound tomographic equipment are given in [4], the method of informational support of professional activity of emergency workers is proposed, [5] the method of calculation of the effectiveness of medical information systems and technologies, [6] conducted an analysis of the literature and the results of experimental studies of the person's adaptive human potential, [7] reflects the state of modern research on the problem of creating low-energy technologies for the evaluation and correction of the functional state of the operator, [8] features of expert systems for the diagnosis of the technical state of biomedical equipment, [9] a patent search was carried out and modern methods of measuring heart rate were analyzed; in [10] an analysis of modern foreign and domestic volumes and devices for telemetric monitoring of human vital functions, [11] proposed a subsystem of decision-making support for a physician for an automated system for determining the risk of myocardial infarction, [12] proposed an additional level of protection in the multi-level system of protection and management of medical diagnostic equipment in [13] improved the system of complex protection of computer X-ray tomographs, [14] identified the problems of creating a modern system of referral patients to doctors, in [15] analyzed the existence The current state of the problem of the creation of modern means and devices for telemonitoring and management of vital functions of the human body is considered in [16], the mechanisms of the action of electromagnetic radiation on bioobes are investigated in [16], the current state of the information technologies and systems for early diagnostics of oncological diseases by the level of circulating tumor cells is considered. The object located in the aquatic environment, [18] shows the trends in the development of mobile medical applications in Ukraine, in [19] selected informative physiological indicators for evaluation In [20], the use of the fuzzy logic

method was proposed in [21], a voltage regulation device was developed in [22], it was proposed to include a pulse oximeter in the "life buttons" scheme, [23] proposed to update personalized vocal benchmarks.

Keywords: diabetes mellitus, hardware and software complex, monitoring, glucose level, decision support, diagnosis, glycemic profile.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

[1] Д. М. Барановський, В. С. Павлов, М. В. Московко, О. С. Злепко, Аналіз медичних додатків для діагностики і моніторингу роботи серця в домашніх умовах (за даними літературних джерел), *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, № 5 (241), с. 184-186, 2016.

[2] Д. М. Барановський, В. С. Павлов, А. Ю. Клапоушак, Особливості взаємодії ЕМ-випромінювання з біооб'єктами, *Вісник Хмельницького національного університету Технічні науки*, № 6 (243), с. 219-221, 2016.

[3] Д. М. Барановський, С. В. Тимчик, М. В. Бачинський, Н. В. Тітова, В. О. Новіков, В. Е. Кривонос, О. С. Козоріз, Методики розрахунку ефективності медичних інформаційних систем і технологій, *Вісник Херсонського національного технічного університету*, № 1, с. 176-188, 2017.

[4] С. В. Якубовська, Д. М. Барановський, Підсистема підтримки прийняття рішень лікарем для автоматизованої системи визначення ризику інфаркта міокарда, *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, № 4, с. 252-255, 2017.

[5] С. М. Злепко, В. Е. Кривонос, С. В. Павлов, А. Ю. Азархов, Д. М. Барановський, Комплексная защита компьютерных рентгеновских томографов от нестабильности и провалов питающего напряжения, *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, № 5, с. 192-203, 2017.

[6] Д. М. Барановський, С. В. Якубовська, О. С. Злепко, В. С. Павлов,

Т. А. Чернишова, І. О. Криворучко. Сучасні засоби і пристрої для телемоніторингу життєвих функцій людини: стан проблеми. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, Том 29 (68), № 1, с. 33-37, 2018.

[7] Д. М. Барановський, О. Ю. Мешков, Розробка та дослідження критерію аутентифікації особистості на основі локалізованих структур голосового сигналу, *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, т. 1, № 6, с. 151-156, 2018.

[8] Д. М. Барановський, Апаратно-програмний комплекс «Інтелектуальна бета клітина», *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, № 4, с. 190-193, 2018.

[9] Д. М. Барановський, І. О. Криворучко, М. В. Московко, С. М. Злепко, С. В. Тимчик, Вибір інформативних фізіологічних показників для оцінювання функціонального стану оператора в умовах обмеженої рухливості, *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*, № 1, 5 с., 2018.

[10] Д. М. Барановський, С. В. Павлов, А. Ю. Клапоущак, І. О. Криворучко, Особистісний адаптаційний потенціал людини як показник успішності діяльності, на *XXV міжнарод. наук.-практ. конф. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я, MicroCAD-2017*, 2017, с. 114.

[11] Д. М. Барановський, Д. Х. Штофель, С. В. Костішин, В. Е. Кривоносів, О. С. Козоріз, Стан сучасних досліджень по проблемі створення низьк енергетичних технологій для оцінки і корекції ФС оператора, на *XVII міжнар. наук.-техн. конф. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, Одеса, 2017, с. 126.

[12] Д. М. Барановський, С. В. Павлов, В. Є. Кривоносів, С. М. Злепко, Особливості експертних систем для діагностики технічного стану біомедичної апаратури, на *I Міжнарод. наук.-техн. конф. Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України*, Харків, 2017, с. 79-80.

[13] Д. М. Барановський, В. В. Євстігнєєв, О. С. Козоріз, В. С. Павлов,

Сучасні методи вимірювання ЧСС (тези доповіді), на *VI міжнарод. наук.-техн. конф. Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування*, Вінниця, 2017, с. 102-103.

[14] Д. М. Барановський, С. В. Тимчик, В. С. Павлов, Є. Г. Крекотень, Аналіз сучасних засобів і приладів для телеметричного моніторингу життєвих функцій людини, на *VI міжнарод. наук.-техн. конф. Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування*, Вінниця, 2017, с. 116-117.

[15] С. М. Злепко, Т. А. Чернышова, В. Е. Кривоносов, А. Ю. Азархов, Я. И. Ярославский, Д. М. Барановский, Многоуровневая система защиты и управления медицинским диагностическим оборудованием (МДО), на *VI Міжнарод. наук.-практ. конф. Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації*, Вінниця, 2017, с. 157-159.

[16] Д. М. Барановський, І. О. Криворучко, Г. С. Лепьохіна, Проблеми і завдання системи направлень пацієнта до лікарів, *Monografia rok konferencyjna powu sposyb rozwoju, Roznan (PL)*, 30.11.2017, с. 55-56.

[17] Д. М. Барановський, С. М. Злепко, С. В. Костішин, Н. В. Титова, Тенденції розвитку мобільних медичних додатків в Україні, на *Шістнадцятій міжнарод. наук.-техн. конф. Проблеми інформатики та моделювання*, Харків-Одеса, 2016, с 36.

[18] А. В. Антонов, Д. М. Барановський, К. О. Коваль, В. А. Барчук, А. О. Семенов, Пристрій для регулювання змінної напруги, *МПК51 H02M 5/22, G05F 1/14.*, № 92890, 10.09.2014.

[19] Д. М. Барановський та ін., Система для досліджування життєдіяльності пацієнта, *МПК51 G06F 19/00, G06Q 50/22*, № 131588, 25.01.2019.

[20] Д. М. Барановський, Розвиток мобільної медицини в Україні, на *Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. студентів, аспірантів та молодих науковців Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН-2016)* [Електронний ресурс]. Доступно:

<http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11667>. Дата звернення: Січ. 20,2019.

[21] Д. М. Барановський, Аналіз апарату «Штучна бета клітина», на *XXVI міжнарод. наук.-практ. конф. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Micro CAD 2018*, 2018, ч. III, с. 37.

[22] Д. М. Барановський, Оцінка ризику падінь та реалізація блоку детектування падінь, на *I міжуніверситетській наук.-практ. конф. з міжнародною участю "Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії"* м. Київ, 2017, с. 23-24.

[23] O. G. Avrunin, E. V. Mustetsova, N. I. Zabolotna, D. M. Baranovskiy, A. M. Dyvak, Possibilities of apnea diagnostics by fuzzy logic methods, *Information technology in medical diagnostics II*, p. 39-47, 2019.

[24] Д. М., Барановський, Т. А. Чернишова, С. М. Злепко, О. Ю. Азархов, С. О. Данилков, В. Є. Кривоносів, Інформаційні технології і системи для ранньої діагностики онкологічних захворювань за рівнем циркулюючих пухлинних клітин, *Медична інформатика та інженерія*, № 4 (40), с. 30-35, 2017.

[25] С. В. Павлов, А. Ю. Клапоущак, Н. В. Тігова, Д. М. Барановський, Механізми дії електромагнітного випромінювання на біоб'єкт, що знаходиться в водному середовищі, *Фотобіологія та фотомедицина*, Том XII, № 1, 2, с. 139-141, 2016.

[26] Д. М. Барановський, С. М.Злепко, В. Е. Кривоносів, Р. М. Вирозуб, Критерии диагностики винтовых соединений в ультразвуковой томографической аппаратуре, *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, № 1 (57), с.140-144, 2017.

[27] Д. М. Барановський, С. М. Злепко, С. В. Тимчик, О. С. Козоріз, Метод інформаційної підтримки професійної діяльності працівників служби надзвичайних ситуацій (СНС), *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, № 1 (57), с.145-149, 2017.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	17
ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ГЛІКЕМІЧНИМ ПРОФІЛЕМ ХВОРОГО НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ	28
1.1 Аналіз існуючих засобів, приладів і апаратів для контролю та управління глікемічним профілем хворого на цукровий діабет I типу	28
1.1.1 Глюкозні сенсори для штучної підшлункової залози – ШПЗ	29
1.1.2 Мобільні додатки для діагностики і лікування цукрового діабету I типу.....	43
1.2 Аналіз та особливості вибору математичних моделей для управління глікемічним профілем	54
Висновки до 1 розділу	65
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ ЛЮДИНИ	66
2.1 Розроблення комбінованого методу моніторингу і визначення рівня глюкози в крові людини.....	66
2.2 Удосконалення математичної моделі процесу моніторингу та управління глікемічним профілем хворого на цукровий діабет I типу	77
2.3 Метод визначення психологічного стану пацієнта	85
Висновки до 2 розділу	98
РОЗДІЛ 3. СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ГЛІКЕМІЧНИМ ПРОФІЛЕМ	100
3.1 Розроблення структурної схеми апаратно-програмного комплексу	100

	16
3.2 Особливості вибору і застосування інсулінової помпи	116
3.3 Вибір біосенсорів для вимірювання рівня глюкози у хворих на цукровий діабет I типу	123
Висновки до 3 розділу	128
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АПРОБАЦІЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ГЛІКЕМІЧНИМ ПРОФІЛЕМ	129
4.1 Оцінювання інформативності процесу контролю та управління глікемічним профілем хворих на цукровий діабет I типу за використання в ньому апаратно-програмного комплексу	129
4.2 Порівняльний аналіз розробленого апаратно-програмного комплексу та наявних аналогів	135
Висновки до 4 розділу	137
ВИСНОВКИ	138
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	140
ДОДАТКИ	154
Додаток А – Список публікацій здобувача за темою дисертації	155
Додаток Б – Акти впровадження	159
Додаток В – Психологічна діагностика ставлення до хвороби	162
Додаток Г – Методика «Незакінчені речення»	194

ВСТУП

Діабет – серйозне захворювання, яке розвивається, коли підшлункова залоза не виробляє достатньо інсуліну (гормона, що регулює вміст глюкози (цукру) в крові), або коли організм не може ефективно використовувати вироблений ним інсулін. Діабет представляє собою значиму проблему суспільної охорони здоров'я та є одним з чотирьох пріоритетних неінфекційних захворювань, вживання заходів щодо яких заплановано на рівні світових лідерів. Протягом останніх декількох десятиліть число випадків і поширеність діабету неухильно росли [28].

Згідно звіту «Старіючий світ» (Aging World) [29], [30], захворюваність на цукровий діабет серед літніх людей (старше 65 років) становить приблизно 10% населення і як прогнозується, до 2040-2050 рр. досягне 14-15% населення світу, тобто близько півтора мільярдів чоловік.

Коли людина здорова, то її метаболізм глюкози жорстко контролюється гормональною мережею у складі кишківника, печінки, підшлункової залози і головного мозку, що забезпечує стабільні рівні глюкози в крові натщесерце і часові коливання постпрандіальної глюкози. При цукровому діабеті I типу інтенсивне лікування інсуліном у спробі наблизитись до практично нормальних рівнів глікемії суттєво зменшує хронічні ускладнення (Reichard P. Phil M., 1994 р.), але може привести до можливості виникнення потенційно небезпечної для життя тяжкої гіпоглікемії. Тому гіпоглікемія була виявлена як основна перешкода на шляху до оптимальної терапії цукрового діабету (Cryer P. E., 2002).

Поява малоінвазивного підшкірного безперервного моніторингу рівня глюкози суттєво підсилила та активізувала наукову і промислову діяльність щодо створення системи малоінвазивного підшкірного моніторингу рівня глюкози, поєднаної з інсуліновою інфузійною помпою та алгоритмом контролю (Bellarri R., Nucci G., Cobelly C., – 2001 р.; Clarke W. L. – 2007 р.). Саме тоді в роботах (Novorka R., 2006 р.; Steiletal 2006 р.) були запропоновані два типи

контролерів для підшкірних ін'єкцій – MPC (контроль на основі прогностичних моделей і (PID) – на основі пропорційно-інтегрально-диференціального контролю). Найбільшу перевагу отримав контролер MPC, як такий, що може прогнозувати динаміку глюкози і передбачає відносно просту персоніфікацію контролю за допомогою специфічних для хворого параметрів моделі. Саме контролер MPC у сукупності з трьома давачами глюкози в крові людини і моделлю адаптаційного рекомендованого контролю [31] та алгоритмом оцінювання фізіологічних і поведінкових параметрів глікемічного профілю і покладено в основу апаратно-програмного комплексу для моніторингу та управління глікемічним профілем хворого.

Актуальність теми

Основа ШПЗ (штучної підшлункової залози) складає біокібернетична концепція апаратно-програмного комплексу для моніторингу та управління глікемічним профілем [1], для якої характерні три базових передумови. Перша полягає в тому, що процес зміни глікемічного профілю є таким, що саморегулюється тільки в режимі норми особливих показників процесу. При виході за межі норми він стає нерегульованим, непередбаченим і непрогнозуємим та потребує зовнішнього управління для повернення його до норми. Друга передумова полягає в тому, що традиційна інсулінотерапія здійснює функції штучного регулятора, який підключається паралельно природному і виправляє дефекти організму. Особою, що приймає рішення щодо управління глікемічним профілем хворого, є лікар, який здійснює його, отримуючи відповідні данні про глікемію. І нарешті, третьою передумовою, яка відрізняє апаратно-програмний комплекс для моніторингу та управління глікемічним профілем від ШБК (штучної бета клітини), є наявність біомедичного зворотного зв'язку, який виконує функції контролю за реакцією організму хворого на інсулінотерапію і формує пропозиції і рекомендації для коригування і підтримки рівня цукру в крові в нормі [32].

Вагомий внесок у вирішення проблеми створення штучної підшлункової залози внесли відомі вітчизняні і закордонні вчені: Чен. З., Венг Дж., Сан В.

(2017, США), Фуссенэггер М. (2016, Швейцарія), Моше Ф. (Ізраїль), Фішер Ю., Салзсідер І., Фрісі І., Френзел С., Лемкі К. (Німеччина), Дойл Ф., Тейлор Д. (2017, Великобританія), Валуєва Л. І., Аметов А. А., Толокнов В. І., Сеїд-Гусейнов А. А. (Росія), Комісаренко Ю. І., Урбанович А. М., Власенко М. В., Тронько М. Д., Резніков О. Г. (Україна).

Апаратно-програмний комплекс для моніторингу та управління глікемічним профілем на відміну від традиційної інсулінотерапії і «штучної бета-клітини», яка за своєю суттю є чисто технічним регулятором, представляє собою інтелектуальну біотехнічну систему, яка відповідає принципу ситуативності, забезпечує безперервний моніторинг глікемічного профілю, формує оптимальні керуючі впливи за принципом біологічного зворотного зв'язку, який враховує кількісні закономірності фізіологічних процесів, здійснює неперервну контролюєму дифузію інсуліна в режимі малих доз, прогнозування динаміки глікемічного профілю.

Комплекс призначено для ліквідації гострих станів, перш за все, у хворих на ЦД І типу з лабільним перебігом хвороби, які знаходяться на лікуванні в умовах стаціонару. Лабільний перебіг діабету або лабільний діабет, для якого характерні часті гіпоглікемії, коми і кетоацидотичні стани, відносяться до середньої тяжкості цукрового діабету. При цьому компенсація вуглеводного обміну у таких хворих підтримується тільки на фоні прийому цукрознижуючих лікарських препаратів. Для хворих з лабільним діабетом дуже складно спрогнозувати яким буде рівень цукру наступного разу – низьким чи великим. Це веде до того, що лікарю важко взяти таку ситуацію під контроль але ще складніше її нормалізувати. Найчастіше такі випадки закінчуються госпіталізацією, коли тільки в умовах стаціонару лікар може підібрати той тип невідкладної допомоги, при якому рівень цукру в крові буде нормалізовано якнайшвидше.

Така ситуація призводить до того, що у хворих на лабільний діабет досить часто діагностують синдром постглікемічної гіперглікемії, який зумовлений введенням неадекватно високих доз інсуліну (передозування

інсуліном) і знаходиться у тісному зв'язку з рівнем стресу у таких хворих. Це пояснюється тим, що у відповідь на введення хворому великих доз інсуліну (на всяк випадок) концентрація глюкози в крові різко зменшується, розвивається гіпоглікемія – важка стресова ситуація, яка загрожує життю пацієнта.

Доведено, що будь-який стрес у хворих на цукровий діабет призводить до різкого підвищення рівня адреналіну, АКТГ (адренкортикотропного гормону), кортизолу, СТГ (соматотропного гормону), глюкагону та інших гормонів і також – до появи нейрогліконемічних симптомів: зниження концентрації та уваги; нечіткої мови; тремору; появи холодного поту; тахікардії; підвищення артеріального тиску; відчуття тривоги і страху; порушення координації; агресія і стрес [33].

Таким чином, при діагностуванні і лікуванні хворого на ЦД I типу, разом із прямими ознаками хвороби, виникає задача психологічного характеру, яка нажаль, має суттєвий вплив на загальну ефективність лікування і потребує як мінімум, її формулювання та оцінювання, а як максимум – розроблення заходів і засобів для її розв'язку.

Як правило усі існуючі прилади і системи використовують неінвазивні методи визначення цукру в крові, при яких застосовують тільки один спосіб отримання інформації про фізичні явища, які корелюють з глюкозою крові. Але практика довела – такої інформації недостатньо, що зумовлено складнощами врахування впливу зовнішнього середовища та інших непередбачених факторів, які пов'язані не з концентрацією глюкози, а з іншими причинами. Рішення проблем полягає в одночасному застосуванні двох і більше методів, які мають різні принципи реєстрації та оброблення первинних сигналів.

В дисертаційній роботі для цього запропоновано комбінацію трьох методів, і відповідно, застосування трьох давачів цукру (глюкози) в крові, які мають різні принципи реєстрації та природу походження.

Зв'язок роботи з науковими планами

Робота виконувалась на кафедрі біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету відповідно до планів науково-дослідних

і дослідно-конструкторських робіт в рамках держбюджетної теми «Інформаційна технологія низько інтенсивної світлової стимуляції і корекції функціонального стану вояків Збройних Сил України» (№ держ. реєстрації 0117U000572), в якій автор приймав участь як виконавець.

Мета роботи – полягає в підвищенні інформативності процесу моніторингу та управління глікемічним профілем у хворих на цукровий діабет I типу шляхом розроблення методу, моделі та апаратно-програмного комплексу.

Задачі дослідження:

1. Провести аналіз технічного рівня сучасних методів, приладів і систем для контролю та управління глікемічним профілем хворих на цукровий діабет I типу.

2. Розробити на основі методу неінвазивного вимірювання рівня цукру в крові, діагностичного методу оцінювання емоційного стресу і методу подібності форми ФПГ і рівня цукру в крові людини комбінований метод моніторингу і визначення рівня глюкози в крові людини.

3. Удосконалити математичну модель процесу контролю та управління глікемічним профілем хворого на ЦД I типу.

4. Розробити метод визначення психологічного стану пацієнта як обов'язкової складової лікувально-діагностичного процесу важкохворих на ЦД I типу.

5. Розробити структурну схему апаратно-програмного комплексу для моніторингу та управління глікемічним профілем.

6. Провести впровадження та апробацію моделей, метода і комплексу.

Об'єкт дослідження – процес моніторингу та управління глікемічним профілем хворого на ЦД 1-го типу.

Предмет дослідження – методи, математична модель та апаратно-програмний комплекс для моніторингу та управління глікемічним профілем.

Методи дослідження: При проведенні дисертаційного дослідження використано методи математичного моделювання для побудови математичних моделей; метод імітаційного моделювання для розроблення алгоритму

управління глікемічним профілем; методи теорії біотехнічних систем для розроблення структурно-функціональної організації АПК, теоретичні та експериментальні методи для розроблення блоку психологічної підтримки та експериментальні дослідження – для впровадження і апробації моделей, метода і комплексу.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Вперше розроблено метод визначення психологічного персоніфікованого стану пацієнта, як обов'язкової складової лікувально-діагностичного процесу важкохворих на ЦД I типу, представленої структурно-функціональною взаємодією психолога з особистісною мотиваційно-смыслову сферою пацієнта, і визначаємої за критерієм, який відображає особливості емоційного регулювання соматичного стану хворого шляхом оцінювання його персоніфікованого реагування на хворобу та критерієм об'єктивного визначення поточного психологічного стану пацієнта.

2. Вперше запропоновано комбінований метод моніторингу і визначення рівня глюкози в крові людини, представлений сукупністю методів визначення рівня глюкози у повітрі, що видихає пацієнт, методу оцінювання емоційного стресу за параметрами фотоплетизмограми і методу подібності форми фотоплетизмограми зразковим шаблонам, який повністю відповідає критерію неінвазивності, зберігаючи неруйнівність шкірного покрыву і представлений, інтерактивним процесом оцінювання фізіологічних параметрів глікемічного профілю, що забезпечує безперервний моніторинг та управління глікемічним профілем хворого.

3. Удосконалено математичну модель процесу моніторингу та управління глікемічним профілем хворого на цукровий діабет I типу в частині мінімізації часової затримки надходження сигналу про зміни дози інсуліна з 5 – 15 хвилин до 3 – 4 хвилин шляхом неперервного контролю показників біосенсора глюкози в моніторинговому режимі та корегуванням рівня глюкози в крові після прийому їжі, фізичних навантажень або під час хвороби, що дозволило визначати і здійснювати подачу інсуліновою помпою малих, але

частих доз інсуліна і забезпечило ефективну підтримку концентрації глюкози в крові хворого в діапазоні «норми» на протязі тривалого часу.

4. Удосконалено шляхом застосування математичної моделі математичної моделі моніторингу та управління глікемічним профілем, процес оцінювання відмінностей між параметрами λ (визначає кількість глюкози, утилізованої в 1 ОД інсуліну) і μ (відображає вивод глюкози через нирки при перевищенні критичного рівня), який виявив відсутність значимих розбіжностей, що підтвердило інформативність тільки одного значимого параметру α (чутливість до глюкози), який відповідає рівню глюкози і визначає швидкість вироблення інсуліну в межах встановленого діапазону норми, що підтверджує діагноз ЦД I типу.

Практична значимість отриманих результатів:

1. Аналіз технічного рівня сучасних апаратно-програмних засобів і систем для контролю та управління глікемічним профілем хворих на ЦД 1-го типу підтвердив недосконалість існуючих засобів і систем для проведення неперервного моніторингу контролю рівня цукру в реальному часі та управління глікемічним профілем з затримкою його змін в межах 5 – 15хв, що зумовлено відсутністю математичних моделей та автоматичного зворотного зв'язку «глюкоза-інсулін», який здійснює реальна підшлункова залоза.

2. Експериментально доведено ефективність та адекватність системного підходу до розроблення апаратно-програмного комплексу на етапі створення експериментального та дослідного зразків, що дозволило застосувати до реєстрації даних комбінований принцип, який поєднав біологічну і технічну складові на рівні об'єднання їх задач в єдиний комплекс з цільовою функцією, блоками і зв'язками між ними, що надало нове розуміння АПК як комплексу з самостійним вибором функцій із деякої множини рівнозначних біологічних і технічних компонент.

3. Узагальнення отриманих результатів психологічного тестування за методиками Бехтерівського інституту показало, що хворі на ЦД I типу виявили, в своїй більшості, негативний особистісний сенс хвороби, продемонструвавши

поведінку, яка була пов'язана з ризиками для життя але вільна від почуття страху, в той же час, як хворі на ЦД II типу показали, що для них здоров'я є однією із головних цінностей, а особистісний сенс хвороби має конфліктний характер.

4. Експериментальним шляхом встановлено, що створення біосенсора вимірювання глюкози, який відповідає комплексу необхідних характеристик – стабільності, відтворюваності результатів, стійкості до забруднення, селективності, чутливості, температурної стійкості і має тривалий час життєздатності можливо лише за умови, що такий біосенсор за своєю сутністю є інтегральним мультипараметричним сенсором.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в практичну діяльність в КНП «Центр первинної медико-санітарної допомоги Компаніївської районної ради» (акт впровадження від 04.02.2019 р.), що підвищило інформативність процесу персоніфікованого контролю та управління глікемічним профілем у хворих; у Вінницькому обласному клінічному високоспеціалізованому ендокринологічному центрі (акт впровадження від 27.11.2018 р.), що підвищило інформативність управління глікемічним профілем у хворих на цукровий діабет I типу; у навчальний процес кафедри біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету (акт впровадження від 14.03.2019 р.), що сприяло покращенню якості викладання лекційного матеріалу та проведення практичних занять (додатки А, Б, В).

Особистий внесок здобувача. Всі результати наукових і практичних досліджень, що увійшли до дисертаційної роботи, отримані і розроблені автором особисто. Особистий внесок здобувача в працях, написаних у співавторстві полягає в наступному: в [1] проведено аналіз медичних додатків для діагностики і моніторингу роботи серця в домашніх умовах, в [2] розглянуто особливості взаємодії ЕМ-випромінювання з біооб'єктами, в [26] наведено критерії діагностики гвинтових з'єднань в ультразвуковій томографічній апаратурі, в [27] запропоновано метод інформаційної підтримки професійної діяльності працівників служби надзвичайних ситуацій, в [3]

наведено методика розрахунку ефективності медичних інформаційних систем і технологій, в [10] проведено аналіз літератури і результатів експериментальних досліджень особистісного адаптаційного потенціалу людини, у [11] відображено стан сучасних досліджень за проблемою створення низькоенергетичних технологій для оцінки і корекції функціонального стану оператора, в [12] наведено особливості експертних систем для діагностики технічного стану біомедичної апаратури, в [13] здійснено патентний пошук та проаналізовано сучасні методи вимірювання ЧСС, в [14] проведено аналіз сучасних закордонних та вітчизняних засобів і приладів для телеметричного моніторингу життєвих функцій людини, в [4] запропоновано підсистему підтримки прийняття рішень лікарем для автоматизованої системи визначення ризику виникнення інфаркту міокарда, в [15] запропоновано додатковий рівень захисту в багаторівневій системі захисту і управління медичним діагностичним обладнанням, в [5] вдосконалено систему комплексного захисту комп'ютерних рентгенівських томографів, в [16] визначено проблеми створення сучасної системи направлень пацієнта до лікарів, в [24] проаналізовано існуючі сучасні інформаційні технології і системи для ранньої діагностики онкологічних захворювань за рівнем циркулюючих пухлинних клітин, в [6] розглянуто поточний стан проблеми створення сучасних засобів та пристроїв для телемоніторингу та керування життєвими функціями організму людини, в [25] досліджено механізми дії електромагнітного випромінювання на біоб'єкт, що знаходиться в водному середовищі, в [17] наведено тенденції розвитку мобільних медичних додатків в Україні, в [9] обрано інформативні фізіологічні показники для оцінювання функціонального стану оператора в умовах обмеженої рухливості, в [23] запропоновано використання методу нечіткої логіки, в [18] розроблено пристрій для регулювання напруги, в [19] запропоновано включити пульсооксиметр до схеми «кнопки життя», в [7] запропоновано оновлювати персоніфіковані голосові еталони.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Міжнародних

науково-практичних конференціях: «Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи» (м. Вінниця, 2016); XVI МНТК «Проблеми інформатики та моделювання» (м. Харків, 2016); XLVI Науково-технічній конференції факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (м. Вінниця, 2017); XXV і XXVI міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» MicroCAD-2017, 2018 (м. Харків, 2017, 2018), XVII міжнародній науково-технічній конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» (м. Одеса, 2017); I Міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні проблеми автоматизації та приладобудування України» (м. Харків, 2017); VI міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування» (м. Вінниця, 2017), Шостій міжнародній науково-практичній конференції «Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації» (м. Вінниця, 2017), Nowy sposób rozwoju Inżynieria i Technologia (Poznan, Poland, 2017).

Публікації. Основні результати роботи відображені в 27 опублікованих працях, в т. ч. 13 статей у наукових виданнях та збірниках наукових праць, у тому числі 9 статей, що входять до переліку наукових фахових видань України (з них 7 у виданнях, які індексуються міжнародними наукометричними базами даних), 4 статті у інших виданнях, 12 матеріалів і тез доповідей конференцій, 2 патентах України на корисну модель. Загальна кількість публікацій проіндексованих у міжнародній наукометричній базі даних Scopus – 1.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел, який нараховує 118 найменувань. Загальний обсяг дисертації 199 сторінок, з яких основний зміст викладений на 118 сторінках, містить 27 рисунків та 12 таблиць.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Д. М. Барановський, В. С. Павлов, М. В. Московко, О. С. Злепко, Аналіз медичних додатків для діагностики і моніторингу роботи серця в домашніх умовах (за даними літературних джерел), *Вісник Хмельницького національного університету (Технічні науки)*, №5 (241), с. 184-186, 2016.
- [2] Д. М. Барановський, В. С. Павлов, А. Ю. Клапоущак, Особливості взаємодії ЕМ-випромінювання з біооб'єктами, *Вісник Хмельницького національного університету (Технічні науки)*, №6 (243), с. 219-221, 2016.
- [3] Д. М. Барановський, С. М. Злепко, В. Е. Кривоносов, Р. М. Вирозуб, Критерии диагностики винтовых соединений в ультразвуковой томографической аппаратуре, *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Міжнародний науково-технічний журнал*, №1 (57), с.140-144, 2017.
- [4] Д. М. Барановський, С. М. Злепко, С. В. Тимчик, О. С. Козоріз, Метод інформаційної підтримки професійної діяльності працівників служби надзвичайних ситуацій (СНС), *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Міжнародний науково-технічний журнал*, №1 (57), с.145-149, 2017.
- [5] Д. М. Барановський, С. В. Тимчик, М. В. Бачинський, Н. В. Тітова, В. О. Новіков, В. Е. Кривоносов, О. С. Козоріз, Методики розрахунку ефективності медичних інформаційних систем і технологій, *Вісник Херсонського національного технічного університету*, № 1, с. 176-188, 2017.
- [6] Д. М. Барановський, С. В. Павлов, А. Ю. Клапоущак, І. О. Криворучко, Особистісний адаптаційний потенціал людини як показник успішності діяльності, *XXV міжнародна науково - практична конференція "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", MicroCAD-2017*, 2017, с. 114.
- [7] Д. М. Барановський, Д. Х. Штофель, С. В. Костішин, В. Е. Кривоносов, О. С. Козоріз, Стан сучасних досліджень по проблемі створення

низькоенергетичних технологій для оцінки і корекції ФС оператора, *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Матеріали XVII міжнар. наук.-техн. конференції*, м. Одеса, 2017, с. 126.

[8] Д. М. Барановський, С. В. Павлов, В. Є. Кривоносов, С. М. Злепко, Особливості експертних систем для діагностики технічного стану біомедичної апаратури, *I Міжнародна науково-технічна конференція «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України»*, м. Харків, 2017, с. 79-80.

[9] Д. М. Барановський, В. В. Євстігнєєв, О. С. Козоріз, В. С. Павлов, Сучасні методи вимірювання ЧСС (тези доповіді), *VI міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування»*, м. Вінниця, 2017, с. 102-103

[10] Д. М. Барановський, С. В. Тимчик, В. С. Павлов, Є. Г. Кречотень, Аналіз сучасних засобів і приладів для телеметричного моніторингу життєвих функцій людини, *VI міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування»*, м. Вінниця, 2017, с. 116-117.

[11] С. В. Якубовська, Д. М. Барановський, Підсистема підтримки прийняття рішень лікарем для автоматизованої системи визначення ризику інфаркта міокарда, *Вісник Хмельницького національного університету (Технічні науки)*, №4, с. 252-255, 2017.

[12] С. М. Злепко, Т. А. Чернышова, В. Е. Кривоносов, А. Ю. Азархов, Я. И. Ярославский, Д. М. Барановский, Многоуровневая система защиты и управления медицинским диагностическим оборудованием (МДО), *Тези доповідей Шостої Міжнародної науково-практичної конференції «Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації»*, м. Вінниця, 24 - 25 жовтня 2017, с. 157-159.

[13] С. М. Злепко, В. Е. Кривоносов, С. В. Павлов, А. Ю. Азархов, Д. М. Барановський, Комплексная защита компьютерных рентгеновских томографов от нестабильности и провалов питающего напряжения, *Вісник*

Хмельницького національного університету (Технічні науки), №5, с. 192-203, 2017.

[14] Д. М. Барановський, І. О. Криворучко, Г. С. Лепьохіна, Проблеми і завдання системи направлень пацієнта до лікарів, *Monografia rok konferencyjna nowy sposyб rozwoju, Roznan (PL), 30.11.2017, с. 55-56.*

[15] Д. М., Барановський, Т. А. Чернишова, С. М. Злепко, О. Ю. Азархов, С. О. Данилков, В. Є. Кривонос, Інформаційні технології і системи для ранньої діагностики онкологічних захворювань за рівнем циркулюючих пухлинних клітин, *Медична інформатика та інженерія : наук.-практ. журн., № 4 (40), с. 30-35, 2017.*

[16] Д. М. Барановський, С. В. Якубовська, О. С. Злепко, В. С. Павлов, Т. А. Чернишова, І. О. Криворучко. Сучасні засоби і пристрої для телемоніторингу життєвих функцій людини: стан проблеми. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, Том 29 (68), № 1, с. 33-37, 2018.*

[17] С. В. Павлов, А. Ю. Клапоущак, Н. В. Тітова, Д. М. Барановський, Механізми дії електромагнітного випромінювання на біоб'єкт, що знаходиться в водному середовищі, *Фізико-технічні основи фотобіології та фотомедицини, Том 13, № 1, с. 139-141, 2016.*

[18] Д. М. Барановський, С. М. Злепко, С. В. Костішин, Н. В. Тітова, Тенденції розвитку мобільних медичних додатків в Україні, *Проблеми інформатики та моделювання. Тези шістнадцятої МНТК, Харків-Одеса, 2016, с 36.*

[19] Д. М. Барановський, І. О. Криворучко, М. В. Московко, С. М. Злепко, С. В. Тимчик, Вибір інформативних фізіологічних показників для оцінювання функціонального стану оператора в умовах обмеженої рухливості, *Наукові праці ВНТУ, № 1, 5с., 2018.*

[20] O. G. Avrunin, E. V. Mustetsova, N. I. Zabolotna, D. M. Baranovskiy, A. M. Dyvak, Possibilities of apnea diagnostics by fuzzy logic methods, *Information technology in medical diagnostics II, 39-47 pg.*

[21] А. В. Антонов, Д. М. Барановський, К. О. Коваль, В. А. Барчук, А. О. Семенов, Пристрій для регулювання змінної напруги, МПК51 H02M 5/22, G05F 1/14., № 92890, 10.09.2014.

[22] С. М. Злепко, Д. М. Барановський, Р. М. Вирозуб, С. В. Тимчик, Л. Г. Коваль, С. О. Данилков, О. С. Злепко, В. С. Павлов, Система для досліджування життєдіяльності пацієнта, МПК51 G06F 19/00, G06Q 50/22, № 131588, 25.01.2019.

[23] Д. М. Барановський, О. Ю. Мешков, Розробка та дослідження критерію аутентифікації особистості на основі локалізованих структур голосового сигналу, *Вісник Хмельницького національного університету (Технічні науки)*, т.1, №6, с. 151-156, 2018.

[24] Д. М. Барановський, Розвиток мобільної медицини в Україні, *Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН-2016)* [Електронний ресурс]. Доступно: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11667>. Дата звернення: Січ. 20, 2019.

[25] Д. М. Барановський, Аналіз апарату «Штучна бета клітина», *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Micro CAD 2018*, 2018, ч. III, с. 37.

[26] Д. М. Барановський, Оцінка ризику падінь та реалізація блоку детектування падінь, *Біомедична інженерія № 5 / I міжуніверситетська науково-практична конференція з міжнародною участю "Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії"* м. Київ, 2017, с. 23-24.

[27] Д. М. Барановський, Апаратно-програмний комплекс «Інтелектуальна бета клітина», *Вісник Хмельницького національного університету (Технічні науки, №4)*, с. 190-193, 2018.

[28] Н. М. Сулова, «Система прогнозування розвитку переддіабетичного стану людини»: автореф. дис. канд. техн. наук, Вінн. нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2014.

[29] М. Ахманов, И. Чайковский, Неинвазивный глюкометр: обзор проблемы [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://moidiabet.ru/articles/>

neinvazivnii_glukometr_obzor_problemi_maxmanov_ichaikovskii Дата звернення: Бер. 20,2018.

[30] С. И. Кифоренко, А. Б. Котова, Н. В. Лавренюк, Е. Ю. Иваськива Диагностика сахарного диабета. *Прогрессивные информационные технологии*, №4, с.67-72, 2015.

[31] Д. Фрегер, Г. Авнер, А. Райхман «Метод мониторинга уровня глюкозы», патент №6954662; 11.10.2005. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.google.ru/patents/about/6954662_Method_of_monitoring_glucose_lev.html?id=dhwVAAAAEBAJ](http://www.google.ru/patents/about/6954662_Method_of_monitoring_glucose Lev.html?id=dhwVAAAAEBAJ) Дата звернення: Бер. 25,2018.

[32] В. И. Толокнов, *Биокибернетические аспекты искусственной бета клетки. Бионика. Биокибернетика. Биоинженерия.*, Москва, т. 5, 64 с, 1987.

[33] Диагностика и клиничко-патогенетические аспекты гестационного сахарного диабета [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://medical-diss.com/docreader/485936/a#?page=1> Січ. 27,2018.

[34] В. В. Михайлов, *Основы патологической физиологии: Руководство для врачей. Медицина.* Москва, 704 с, 2001.

[35] Биосенсоры: основы и приложения: Пер. с англ. / Под ред. Э. Тёрнера, И. Карубе, Дж. Уилсона. - М.: Мир, 1992 – 558с.

[36] D. L. Horwitz, C. Zeidler, B. Gotten, J. B. Jaspan, *Hyperinsulinism complicating control of diabetes mellitus by an artificial beta cell.* Diabetes Care, 3, pg. 274 – 277, 1980.

[37] G. Calabrese, A. Bueti, G. Zega, A. Giombolini, G. Bellomo, M. A. Antonella, M. Massi-Benedetti, P. Brunetti, *Improvement of artificial endocrine pancreas (Biostator; GCITS) performance combining feedback controlled insulin administration with a pre-programmed insulin infusion.* Horm. Metabol. Res., 14, pg. 505 – 507, 1982.

[38] J. R. Brennan, S. S. Gebhart, W. G. Blackard, *Pump-induced insulin aggregation: a problem with the Biostator.* Diabetes, 34, pg. 353 – 359, 1985.

[39] М. Ф. Стародуб, М. І. Канюк, О. М. Шмирева, *Мікроелектронні мультипараметричні біосенсори*, Біотехнологія, Т.1, №1, с. 6 –72, 2008.

[40] С. Г. Панкратов, Т. Ю. Знаменская, *Мобильные технологии в здравоохранении или (MHEALTH) концепция и перспективы*, Рынок для мобильных систем здравоохранения / менеджер здравоохранения, Часть III, №4, с. 50-66, 2014.

[41] Ibit, №4. Pg. 64, 72, 73, 74, 77, 1990.

[42] D. McCance, M. Maresh, D. A. Sacks John Wiley & Sons, *A Practical Manual of Diabetes in Pregnancy*, p.280, 2013.

[43] И. Чайковский, М. Ахманов, Неинвазивный глюкометр: реальность и надежды. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://moidiabet.ru/articles/neinvazivnii-gljukometr-realnost-i-nadejdi-ichaikovskii-mahmanov> Дата звернення: Лют. 6, 2018.

[44] M. W. Friedberg, P. G. Chen, K. R. Van Busum, F. Aunon, C. Pham, J. Caloyeras, S. Mattke, E. Pitchforth, D. D. Quigley, R. H. Brook, F. J. Crosson, M. Tutty. *Factors Affecting Physician Professional Satisfaction and Their Implications for Patient Care, Health Systems, and Health Policy* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR439.html Дата звернення: Кві. 12, 2018.

[45] Academic Programs - Microsoft Research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: research.microsoft.com/en-us/collaboration/stories/nui_contactlens_cs.pdf Дата звернення: Кві. 14, 2017.

[46] Неинвазивные глюкометры без забора крови (Омелон, Glucotrack): отзывы, инструкции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://diabethelp.org/izmeryaem/neinvazivnyj-glyukometr.html>, Кві. 10, 2018.

[47] Accu-Chek Active [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.accu-chek.ru/glyukometry/aktiv>, Кві. 10, 2018.

[48] Анализатор крови EasyTouch® GCHb [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glyukometry.ru/catalog/easytouch-gchb.html>, Кві. 10, 2018.

[49] Глюкометр OneTouch Select Simple® [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.onetouch.ru/products/glucose-meters/onetouch-select>

simple, Кві. 10, 2018.

[50] 6 инновационных устройств для измерения уровня сахара в крови [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ferra.ru/ru/health/review/mHealth-Glucometer/>, Кві. 12, 2018.

[51] Глюкометр OneTouch Select Simple® [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.onetouch.ru/products/glucose-meters/onetouch-select-simple>, Кві. 10, 2018.

[52] WiMAX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/WiMAX>, Бер. 11, 2018.

[53] В. А. Карпельев, Ю. И. Филипов, Ю. В. Тарасов, М. Д. Боярский, А. Ю. Майоров, М. В. Шестакова, И. Л. Дедов. *Математическое моделирование систем регуляции гликемии у пациентов с сахарным диабетом*. Вестник РАМН, 70(5) с 549-560, 2015, Doi:10.15690/vramn.v70.i5.1441.

[54] N. P. Balakrishnan, G. P. Rangaiah, L. Samavedham, *Review and analysis of blood glucose (BG) models for type 1 diabetic patients*. Ind. Eng. Chem. Res.; 50 (21): 12041–12066, 2011, DOI: 10.1021/ie2004779.

[55] E. Ackerman, L. C. Gatewood, J. W. Rosevear, G. D. Molnar, *Model studies of blood glucose regulation*. Bull. Math. Biophys. 27, 21–37, 1965, DOI: 10.1007/BF02477259.

[56] R. N. Bergman, Y. Z. Ider, C. R. Bowden, C. Cobelli, *Quantitative estimation of insulin sensitivity*. 236 (6), 667–677, 1979.

[57] J. Sturis, K. S. Polonsky, E. Mosekilde, E. Van Cauter, *Computer model for mechanisms underlying ultradian oscillations of insulin and glucose*. 260 (5 Pt 1): E801–809, 1991.

[58] R. Hovorka, F. Shojaee-Moradie, P. V. Carroll, L. J. Chassin, I. J. Gowrie, N. C. Jackson, *Partitioning glucose distribution/transport, disposal, and endogenous production during IVGTT*. 282 (5): E992–1007, 2002, DOI: 10.1152/ajpendo.00304.2001.

[59] H. Thabit, M. Tauschmann, J. M. Allen, L. Leelarathna, S. Hartnell, M. E. Wilinska, C. L. Acerini, S. Dellweg, C. Benesch, L. Heinemann, J. K. Mader, M. Holzer, H. Kojzar, J. Exall, J. Yong, J. Pichierri, K. D. Barnard, C. Kollman, P. Cheng, P. C. Hindmarsh, F. M. Campbell, S. Arnolds, T. R. Pieber, M. L. Evans, D. B. Dunger, R. Hovorka. *Home Use of an Artificial Beta Cell in Type 1 Diabetes*. APCam Consortium; AP home Consortium. N Engl J Med. 2015 Nov 26; 373(22): 2129-40.

[60] C. Dalla Man, R. A. Rizza, C. Cobelli, *Meal simulation model of the glucose insulin system*. IEEE Transactions on Biomed. Engineer. 54 (10): 1740–1749, 2007. DOI: 10.1109/TBME.2007.893506.

[61] B. P. Kovatchev, M. Breton, C. Dalla Man, C. Cobelli, *In silico preclinical trials: a proof of concept in closed-loop control of type 1 diabetes*. J. Diabetes Sci. Technol. 3 (1): 44–55, 2009, DOI: 10.1177/193229680900300106.

[62] C. Dalla Man, D. M. Raimondo, R. A. Rizza, C. Cobelli, *GIM, simulation software of meal glucose insulin model*. J. Diabetes Sci. Technol. 1 (3): 323–330, 2007. DOI: 10.1177/193229680700100303.

[63] A. Chan, L. Heinemann, S. M. Anderson, M. D. Breton, B. P. Kovatchev, *Nonlinear metabolic effect of insulin across the blood glucose range in patients with type 1 diabetes mellitus*. J. Diabetes Sci. Technol. 4 (4): 873–881, 2010. DOI:10.1177/193229681000400416.

[64] J. R. Guyton, R. O. Foster, J. S. Soeldner, M. H. Tan, C. B. Kahn, L. Koncz, R. E. Gleason. *A model of glucose-insulin homeostasis in man that incorporates the heterogeneous fast pool theory of pancreatic insulin release*. Diabetes. 27: 1027–1042, 1978. DOI: 10.2337/diab.27.10.1027.

[65] C. Cobelli, A. Mari. *Validation of mathematical models of complex endocrine-metabolic systems. A case study on a model of glucose regulation*. Med. Biol. 21 (4): 390–399, 1983. DOI: 10.1007/BF02442625.

[66] D. M. Eddy, L. Schlessinger, *Archimedes: a trial validated model of diabetes*. Diabetes Care. 26 (11): 3093–3101, 2003. DOI: 10.2337/diacare.26.11.3093.

[67] D. M. Eddy, L. Schlessinger, *Validation of the archimedes diabetes model*. Diabetes Care. 26 (11): 3102–3110, 2003. DOI: 10.2337/diacare.26.11.3102.

[68] V. W. Bolie *Coefficients of normal blood glucose regulation*. Physiol, 16: 783–788, 1961.

[69] *Методы математической биологии. Книга 7. Методы анализа и синтеза биологических систем управления*. – Киев. Высшая школа. Главное издательство, 1983.

[70] Психологическая диагностика отношения к болезни. Пособие для врачей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.medpsy.com/library/library122.pdf>

[71] П. Г. Прудюс, М. В. Власенко, Н. В. Костюк, *Посібник для сімейних лікарів з ведення хворих на цукровий діабет*, Київ: ФЕРЗЬ, 2012.

[72] В. В. Сергеева, «Біомедична система для оцінювання параметрів емоційного стресу», автореф. дис. канд. техн. наук, Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця, 2012.

[73] В. М. Строев, А. Ю. Куликов, С. В. Фролов, *Проектирование измерительных медицинских приборов с МП управлением*. Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012.

[74] Е. Л. Лаугс, «Автоматизированный медицинский комплекс для определения состояния здоровья молодежи» Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Винница, 2016.

[75] Компьютерный фотоплетизмограф [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vdd-pro.ru/ru/2012/05/kompyuternyj-fotopletizmograf/comment-page-2/>

[76] В. Н. Новосельцев, *Теория управления и биосистем*, М.: Наука , 1998.

[77] М. Дж. Дэвис, *Дифференциальная модель сахарного диабета*, Математическое моделирование. под ред. Ю. Л. Гупало, Москва, 1979, с. 128-139.

[78] Е. В. Карпова Управление сахарным диабетом: новые возможности, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.litres.ru/ekaterina-karпова/upravlenie-saharnym-diabetom-novye-vozmozhnosti/>

[79] Исмаилов С.И., Муминова С.У., *Роль опросников в оценке качества жизни пациентов с сахарным диабетом (обзор литературы)*, Международный эндокринологический журнал, 2016, №2(74), с.153-157.

[80] Классификации типов реакций на заболевание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.psyworld.ru/for-students/lectures/psychosomatic/131-2008-08-20-15-10-06.html>

[81] Личностное развитие в условиях хронического соматического заболевания. Медико-психологическая реакция на болезнь. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.psyworld.ru/for-students/cards/general-psychology/509-2008-10-28-13-19-09.html>

[82] Психолого-психиатрическая классификация [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://referatwork.ru/lectionbase/psihologiya/view/292108__ii_psihologo_psihiatricheskaya_klassifikaciya_lichko_ivanov_1980_g

[83] Типы личностных (психологических) реакций на болезнь у кардиологических больных, Липовская, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.satelin.ru/gmjs-364-2.html>

[84] Показатели информативности диагностических методов [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://vmede.org/sait/?page=3&id=Onkologiya_analiz_vasilev_2008&menu=Onkologiya_analiz_vasilev_2008

[85] С. И. Кифоренко, В. В. Макаричева *Информационная технология поддержки принятия решений про управление диагностическим здоровьем человека, междунар. научный журнал / НАН Украины. Междунар.науч.-учеб.центр информ.технологий и систем. Ин-т киберн. им. В. М. Глушкова. с. 30-32.*

[86] Н. П. Силков, М. М. Борисик, И. М. Король. *Прибор неинвазивной диагностики сахарного диабета*, Доклады БГУИР, 2016, №7 (101), с. 119-122.

[87] А. А. Рыбаченко, Ю. А. Лебедев, Г. А. Шабалов, В. В. Петросяну *Автоматизированный комплекс для диагностики прогноза и коррекции функционального состояния человека*, Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск 20, №1, с. 141-144.

[88] О. Ю. Нефедов, *Система управления здоровьем человека: функциональные требования и архитектура*, Программные продукты и системы / Software systems, №1 (109), с. 100-106, 2015.

[89] В. И. Кмочко, Е. А. Шумков, А. В. Василенко, Р. О. Кернизян *Архитектура системы поддержки принятия решений*. Научный журнал КубГФУ, №86 (02), с. 1-10, 2013.

[90] Р. Е. Асратян, Д. А. Козлов, В. Е. Лебедев, И. И. Мазаканов *Распределенная синтезированная информационная система поддержки принятия решений*, Проблемы управления, №2, с. 14-20.

[91] В. А. Федоров, В. А. Острейковский, *О проектировании основных блоков интеллектуальной ИСППР в задачах хирургии*. Атеросклероз. Труды Московского симпозиума надежность и качество, 2008, том 2.

[92] ВОЗ (анкета WHO-5) [Электронный ресурс] – Режим доступа: diabet-news.ru/diafed/voz-news/voz01.htm

[93] Личностный опросник Бехтеревского института (ЛОБИ) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://azps.ru/tests/tests_lobi.html

[94] Диагностика ценностей и внутренних конфликтов в общей и клинической диетологии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://psyjournals.ru/files/58926/psyclin_2013_1_Fantalova.pdf

[95] Тест Сакса-Леви «Незаконченные предложения» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://psylab.com.ua/tools_%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82_%D0%A1%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B0-%D0%9B%D0%B5%D0%B2%D0%B8

[96] Тематический апперцептивный тест [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://psylab.info/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82

[97] Качество инфузии при сахарном диабете: определение, понятия, современные подходы к оценке, инструменты для тестирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17703102>

[98] Опросники для оценки качества лечения при сахарном диабете [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studopedia.ru/19_221101_oprosniki-dlya-otsenki-kachestva-zhizni-pri-saharnom-diabete.html

[99] Опросник удовлетворенности лечением диабета [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://belraivides.freedomdns.com/96-grufu-oprosnik-udovletvor-ennosti-lecheniem-diabeta.html>

[100] Система непрерывного мониторинга глюкозы [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.resultmed.com/Специализация/Эндокринология/Сахарный диабет/Система непрерывного мониторинга глюкозы](https://www.resultmed.com/Специализация/Эндокринология/Сахарный%20диабет/Система%20непрерывного%20мониторинга%20глюкозы)

[101] Е. А. Пустозеров, «Мобильная система информационной поддержки больных гестационным сахарным диабетом» автореф. дис. канд. техн. наук: СПб. гос. электротех. ун-т "ЛЭТИ". - СПб., 2017. - 18 с.

[102] Старков С. Ф. Проектирование модулей измерения параметров объектов в биомедицинских системах, Вестник новых информационных технологий. т. X, №3, с. 89-92, 2003.

[103] Е.А. Пустозеров, З.М. Юлдашев. Дистанционный мониторинг состояния больных сахарным диабетом. *Медицинская техника* №2(284), 2014, с. 15-18.

[104] Пустозеров Е.А., Юлдашев З.М. Система mHealth для информационной поддержки больного сахарным диабетом. *Биотехносфера*. 2013. № 1 (25). С. 39-44.

[105] Инсулиновая помпа [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Инсулиновая помпа](https://ru.wikipedia.org/wiki/Инсулиновая_помпа)

[106] Wiki-учебник по веб-технологиям: MySQL <http://www.webmasterwiki.ru/MySQL>

[107] С. Пивоваров, *Обзор систем управления базами данных (СУБД) для систем контроля и управления доступом (СКУД)*, Технологии Защиты, № 1, 2014 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.parsec.ru/articles/obzor-sistem-upravleniya-bazami-dannykh-subd-dlya-sistem-kontrolya-i-upravleniya-dostupom-skud/>

[108] Протокол помповой инсулинотерапии. *Руководство по началу проведения помповой инсулинотерапии*. Медтроник. Москва, 2016.

[109] Подбор доз инсулина при сахарном диабете 1 типа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://coalajane.livejournal.com/649314.html>

[110] И. И. Дедов, М. В. Шестакова, Сахарный диабет 1 типа: реалии и перспективы. Медицинское информационное агенство. Москва, 2016.

[111] Ю. И. Филипов, А. Ю. Майоров *Помповая инсулинотерапия при сахарном диабете* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/pomповая-insulinoterapiya-pri-saharnom-diabete-ne-novoe-no-nepriyvuchное-1>

[112] Подбор доз инсулина при сахарном диабете 1 типа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://coalajane.livejournal.com/649314.html>

[113] Болюсный инсулин. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://diamama.ru/bolusnyj_insulin

[114] Д. М. Барановський Аналіз апарату «Штучна бета клітина», Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Micro CAD 2018. Ч. III. С. 37

[115] Как работает инсулиновая помпа? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rule15s.com/knowledge/kak-rabotayet-insulinovaya-pompa>

[116] Сенсор для измерения уровня глюкозы Enlite / Энлайт ММТ-7008 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://diabetes-control.in.ua/p72413388-sensor-dlya-izmereniya.html>

[117] Сенсор FreeStyle Libre [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dommedtehniki.com.ua/diabet/test-poloski/sensor-freestylelibre.html>

[118] Система мониторинга глюкозы FreeStyle Navigator [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dmc-diabet.ru/sisitema-monitoringa-glyukozyi-freestyle-navigator/>