

УДК 616.379-018

Д.М. БАРАНОВСЬКИЙ
Вінницький національний технічний університет**АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА БЕТА КЛІТИНА»**

В роботі розглянуто результати дослідження сучасних приладів і систем для контролю та управління глікемічним профілем хворого на цукровий діабет I типу. Проведено структурно-компонентний аналіз існуючих апаратів «Штучна бета клітина». Удосконалено математичну модель, метод і принцип побудови апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина». Проведено структурно-функціональну організацію апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина» та експериментальні дослідження.

Ключові слова: апаратно-програмний комплекс, штучна бета клітина, інтелектуальна бета клітина, цукровий діабет.

D.M. BARANOVSKIY
Vinnytsia National Technical University**INSTALLATION AND SOFTWARE COMPLEX "INTELLIGENT BETA CELL"**

Diagnosis and treatment of diabetes is one of the priority areas in which mobile health care can quickly progress and bring tangible benefits. According to the WHO report, diabetes is considered one of the fastest growing non-communicable diseases. Today, about ten percent of the adult population in developed countries suffers from diabetes. The results of research of modern devices and systems for controlling and controlling the glycemic profile of a patient with type 1 diabetes are considered in this paper. The structural-component analysis of existing devices "Artificial Beta Cell" was conducted. The mathematical model, method and the principle of construction of the hardware-software complex "Intellectual beta cell" have been improved. Structurally-functional organization of the hardware-software complex "Intellectual beta cell" and experimental research were conducted. It was developed and improved mathematical models, methods and principles of hardware and software complex "Intellectual beta cell", namely improved mathematical model of control and glycemic profile for hardware and software complex "Intellectual beta cell" diabetes mellitus; the method of decision-making support for the management of the glycemic profile for the hardware-software complex "Intelligent beta cell" was developed; the principle of construction of devices "Artificial Beta Cell" was improved and the hardware-software complex "Intelligent Beta Cell" was developed. The experimental research and testing of the hardware-software complex "Intellectual beta cell" was conducted, a draft of medical and technical requirements was developed, a comparative analysis of analogues and the developed "Intellectual beta cell" complex was performed.

Keywords: hardware-software complex, artificial beta cell, intellectual beta cell, diabetes mellitus.

Важким хронічним захворюванням, яке зумовлено порушенням гормональної регуляції обміну речовин, що приводить до ожиріння, серйозних ускладнень серцево-судинної системи, імунної системи і т. д., є цукровий діабет (ЦД). Сьогодні розповсюдженість діабету досягає 5% від населення планети [1]. Тому проблема лікування діабету набуває великого медико-соціального значення.

ЦД 1-го типу – характерний масивним руйнуванням ендокринних клітин підшлункової залози (острівців Лангерганса) і, як наслідок, критичним зниженням рівня інсуліну в крові.

ЦД 2-го типу – порушення метаболізму, для якого характерний високий рівень глюкози в крові, за умови резистентності до інсуліну, та відносної недостатності інсуліну.

Одним з пріоритетних напрямків, в якому мобільна охорона здоров'я може швидко прогресувати і приносити відчутну користь, є діагностика і лікування діабету. Відповідно до звіту ВООЗ, діабет вважається одним з найбільш швидкозростаючих незаразних захворювань. Сьогодні близько десяти відсотків дорослого населення в розвинених країнах страждають діабетом. Діабет – один із серйозних факторів ризику, який тягне за собою багато серйозних захворювань, таких, як уже згадана серцева недостатність, гіпертонія, закупорка судин нижніх кінцівок, ниркова недостатність, ретино-неврит, енцефалопатія та багато інших. Діабет є досить складним розладом ендокринної регуляторної системи «глюкоза - інсулін - глюкагон», який в першу чергу характеризується гіперглікемією [2].

Загалом методи інсуліно-терапії поділяються на:

а: звичайну терапію (багаторазові ін'єкції інсуліну в залежності від результатів визначення глюкози за допомогою смужки індикаторного паперу);

б: систему з відкритим контуром (безперервне вливання інсуліну, програмоване в залежності від результатів визначення глюкози за допомогою смужки індикаторного паперу);

в: систему із замкнутим контуром (безперервне саморегульоване вливання інсуліну, комп'ютер задає швидкість введення інсуліну в залежності від безперервно вимірюваної сенсором концентрації глюкози).

Основні переваги і недоліки трьох вищезазначених методів інсулінової терапії підсумовані в таблиці 1. Найбільш поширена інтенсивна інсулінова терапія дешева, не вимагає спеціального устаткування і безпосередньо доступна для кожного пацієнта. Однак для досягнення близької до норми глікемії необхідні багаторазові щоденні ін'єкції.

При розробці апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина» було проведено аналіз сучасних приладів і систем для контролю та управління глікемічним профілем хворого на цукровий діабет I типу показав, що серед розглянутих (табл. 2) найбільш перспективним напрямом є розробка або вдосконалення існуючих апаратів типу «Штучна бета клітина» що являють собою систему із замкнутим контуром.

Таблиця 1

Основні переваги і недоліки різних методів інсулінової терапії [1]

Звичайна терапія	Система з відкритим контуром	Система із замкнутим контуром
Недоліки		
Багаторазові ін'єкції Необхідність частого визначення глюкози	Висока вартість Необхідність частого визначення глюкози Необхідність носіння пацієнтом Можливість виходу з ладу Агрегація інсуліну	Відсутність портативного приладу Гіперінсулінемія Внутрішньовенні ін'єкції Необхідність носіння пацієнтом Можливість виходу з ладу Агрегація інсуліну
Переваги		
Може використовуватися негайно Низька вартість, не потрібно спеціального устаткування Підшкірні ін'єкції	Може використовуватися негайно Не потрібні багаторазові ін'єкції Підшкірні ін'єкції	Незалежність від зовнішніх вимірювань рівня глюкози Автопідстроювання при змінах фізичного навантаження або дієти

Таблиця 2

Результати аналізу існуючих засобів, приладів і мобільних медичних додатків, для лікування цукрового діабету I типу

Назва	Вимір рівня глюкози	Автоматичний ввід інсуліну	Додаткові функції	Збереження вимірювань	Автоматичний аналіз вимірювань
Інвазивні					
FOCS	+	-	+	+	-
CPI 9100i	+	-	-	+	+
Promeds	+	-	-	+	+
PIMS	+	+	+	-	-
Biostator	+	+	+	-	+
iBG-Star	+	-	-	+	+
Contour ts	+	-	-	+	+
Diacont OK	+	-	-	+	+
Accu-Chek Active	+	-	-	+	+
Сателіт експрес	+	-	-	+	-
One touch select simple	+	-	-	-	-
EasyTouch GCHb	+	-	+	+	+
Dsy	+	-	+	-	+
Штучна бета клітина	+	+	+	-	-
Неінвазивні					
Діабет-сенсор,	+	-	+	-	-
Неінвазивний монітор для визначення концентрації глюкози крові	+	-	-	-	-
Омелон	+	-	+	+	-
Glucotrack	+	-	-	+	+

Проведений структурно-компонентний аналіз існуючих апаратів «Штучна бета клітина» виявив слабкі місця апарата «Штучна бета клітина», і довів необхідність його вдосконалення в частині розроблення інтелектуального блоку, який зможе коригувати та контролювати алгоритм роботи апарату «Штучна бета клітина», та в разі необхідності оповіщати лікаря про необхідність перевірки, приймати рішення в разі гіпо- або гіперглікемії [3]. Було розроблено та вдосконалено математичну модель, метод і принцип побудови апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина», а саме: вдосконалено математичну модель процесу контролю та управління глікемічним профілем для апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина» хворих на цукровий діабет I типу; розроблено метод підтримки прийняття рішень по управлінню глікемічним профілем для апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина»; удосконалено принцип побудови апаратів «Штучна бета клітина» і розроблено апаратно-

програмний комплекс «Інтелектуальна бета клітина». Структурно-функціональна організація апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина» дозволила розробити його структурну схему, обґрунтувати функціональні можливості апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина», вибір первинних давачів та сенсорів. Розроблено алгоритми роботи апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина» та його складових. Обрано та визначено які бази даних будуть використані в АПК «Інтелектуальна бета клітина».

Однією з існуючих перешкод на шляху інтенсивного розвитку систем мобільної охорони здоров'я лишається небажання медперсоналу перенавчатися та адаптуватися до вимог нових технологій. Лікарі і медичний персонал зазвичай використовують нові технології і пристрої мобільного охорони здоров'я, лише тоді коли вони бачать відчутні переваги. Тому розвиток ринку мобільних систем охорони здоров'я, в т. ч. і в Україні, може дещо загальмувати із-за необхідності обов'язкового навчання клініцистів, медичних інженерів і лікарів вищої ланки (завідувачів відділеннями, головних лікарів та ін.) Зауважимо, що відповідно до численних медико-соціологічних досліджень (зокрема, проведених в Німеччині і США) велика частина лікарів в цілому задоволена своєю роллю і роботою, незважаючи на часті перевантаження, загальну втому і надлишок бюрократичних процедур [3]. До речі, в цьому відношенні мобільна охорона здоров'я надає можливості для зменшення навантаження на лікарів [3].

Одним з пріоритетних напрямків, в якому мобільна охорона здоров'я може швидко прогресувати і приносити відчутну користь, є діагностика і лікування діабету. Відповідно до звіту ВООЗ діабет вважається одним з найбільш швидкозростаючих незаразних захворювань. Сьогодні близько десяти відсотків дорослого населення в розвинених країнах страждають діабетом. Діабет – один із серйозних факторів ризику, який тягне за собою багато серйозних захворювань, таких, як уже згадана серцева недостатність, гіпертонія, закупорка судин нижніх кінцівок, ниркова недостатність, ретино-неврит, енцефалопатія та багато інших. Діабет є досить складним розладом ендокринної регуляторної системи «глюкоза - інсулін - глюкагон», який в першу чергу характеризується гіперглікемією [3].

Ще однією з проблем мобільної охорони здоров'я є відсутність стандартів або їх неповнота. Ця зокрема, стосується менеджменту бездротових медичних мереж, їх взаємодії, надійності і безпеки. Так, в системах, заснованих на поєднанні сенсорів і смартфонів, сьогодні застосовуються як мінімум чотири конкуруючих специфікації: Wi-Fi, Bluetooth, NFC і ZigBee [4]. При цьому вибір між протоколом Bluetooth і іншими виявляється особливо критичним, оскільки Bluetooth найчастіше використовується для з'єднання натільних сенсорів з мобільного базовою станцією, наприклад, смартфоном або ноутбуком. Bluetooth – стандарт бездротового зв'язку на малих відстанях; його початкове призначення було в тому, щоб замінити досить ненадійний інфрачервоний канал, і тепер він часто використовується в персональних, зокрема, натільних, мережах. Що ж стосується сімейства протоколів IEEE 802.11, відомого як набір протоколів Wi-Fi, то ця узагальнена специфікація дозволяє використовувати Інтернет так само легко, як: мобільний (стільниковий) зв'язок; Зауважимо, що Wi-Fi не проектувалася спеціально для мобільних додатків – це був просто бездротовий варіант локальної мережі (зокрема, Ethernet). Сам термін Wi-Fi можна розглядати як деяке, узагальнене поняття, що позначає швидше альтернативу кабельній мережі, ніж конкретну специфікацію [4].

Між протоколами Bluetooth і ZigBee існує багато схожого: наприклад, вони обидва працюють в діапазоні частот 2,4 ГГц і належать до одного і того ж сімейства бездротових специфікацій IEEE 802.15. Тим не менше, ці два стандарти розрізняються в тому що стосується їх можливого застосування, а також приладів, які вони повинні зв'язувати в єдину мережу. Якщо Bluetooth завжди був орієнтований на те, щоб замінити високочастотним радіозв'язком кабельні та інфрачервоні канали, що з'єднують між собою персональні пристрої – спочатку мобільні телефони, ноутбук та планшети (PDA), то ZigBee був призначений для зв'язку між домашніми електроприладами, такими як освітлювальні і обігрівальні пристрої, холодильники, кондиціонери і т. д. [5]. Відповідно великі швидкості передачі даних були пріоритетом для ZigBee – який, на відміну від Bluetooth, був призначений для обміну документами. Ця різниця між двома стандартами врівноважується більш низьким споживанням енергії ZigBee-приладами, так що, наприклад, сенсори, з'єднані один з одним за протоколом ZigBee, можуть довше працювати. Крім того, ZigBee має тенденцію працювати на великих відстанях і, таким чином, здатний об'єднувати більше пристроїв, ніж Bluetooth. Однак ця різниця, як правило, стає несуттєвою для мереж, розташованих на тілі людини. Що дійсно важливо, це відносно велика затримка їх під'єднання до мережі Bluetooth – аж до декількох секунд, що може виявитися неприйнятним для критично важливих додатків, що зустрічаються в медицині [4].

Як ми бачимо, ні Bluetooth, ні ZigBee не призначені для того, щоб надавати бездротові послуги на великих відстанях. Для великих телекомунікаційних «плечей» сьогодні в мобільній охороні здоров'я використовуються стандарти WiMAX) IEEE 802.16e / m [4].

Одним з кардинальних питань в організації мереж мобільної охорони здоров'я є досягнення балансу між мобільністю, надійністю, масштабованістю, мінімізацією споживання енергії та безперебійною комунікацією без того, щоб вносити додаткову, і разом з тим, надлишкову складність в мобільні пристрої. Але, сервіс і підтримка мобільного обладнання на стороні користувача повинні бути як мінімум настільки ж зручними і непомітними, як в сучасній мобільній телефонії. Відсутність постійного і безперебійного зв'язку, а також добре розвинутої технічної підтримки в мобільних персональних системах призведе до помітного скорочення їх частки ринку.

Висновки

Проведений структурно-компонентний аналіз існуючих апаратів «Штучна бета клітина» довів необхідність їх вдосконалення в частині розроблення інтелектуального блоку, який зможе коригувати та контролювати алгоритм роботи апарату «Штучна бета клітина». При цьому було розроблено та вдосконалено математичну модель, метод і принцип побудови апаратно-програмного комплексу «Інтелектуальна бета клітина».

Література

1. Толокнов В. И. Биокрибернетические аспекты искусственной бета клетки / В. И. Толокнов // Бионика. Биокрибернетика. Биоинженерия. – Москва, 1987. – Т. 5. – 64 с.
2. Mark W. Friedberg, Peggy G. Chen, Kristin R. Van Busum, Frances Aunon, Chau Pham, John Caloyeras, Soeren Mattke, Emma Pitchforth, Denise D. Quigley, Robert H. Brook, F. Jay Crosson, Michael Tutty. Factors Affecting Physician Professional Satisfaction and Their Implications for Patient Care, Health Systems, and Health Policy. URL: http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR439.html
3. Fischer U., Abel P., Lemke K., Detschev W., Salzsieder E., Jutzi E., Freyse E.-J., Abbrecht G., Frenzel S. In vivo comparison of different algorithms for the artificial betacell. – *Artif. Organs*, 1985, 9, № 2, p. 173–179.
4. Wifi, Wimax, IR, NFC, Bluetooth, ZigBee – What they do in IOT? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learniot.wordpress.com/2016/04/08/wifi-wimax-ir-nfc-bluetooth-zigbee-what-they-do-in-iot/>
5. Fully Implantable Artificial Pancreas Delivers Insulin as Needed. URL: <http://www.iflscience.com/health-and-medicine/fully-implantable-artificial-pancreas-delivers-insulin-needed/>

References

1. Toloknov V. I. Biokriberneticheskie aspektyi iskusstvennoy beta kletki. Bionika. Biokribernetika. Biozheneriya., Moskva, 1987, t. 5, 64 s.
2. Mark W. Friedberg, Peggy G. Chen, Kristin R. Van Busum, Frances Aunon, Chau Pham, John Caloyeras, Soeren Mattke, Emma Pitchforth, Denise D. Quigley, Robert H. Brook, F. Jay Crosson, Michael Tutty. Factors Affecting Physician Professional Satisfaction and Their Implications for Patient Care, Health Systems, and Health Policy. URL: http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR439.html
3. Fischer U., Abel P., Lemke K., Detschev W., Salzsieder E., Jutzi E., Freyse E.-J., Abbrecht G., Frenzel S. In vivo comparison of different algorithms for the artificial betacell. – *Artif. Organs*, 1985, 9, № 2, p. 173–179.
4. Wifi, Wimax, IR, NFC, Bluetooth, ZigBee – What they do in IOT? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learniot.wordpress.com/2016/04/08/wifi-wimax-ir-nfc-bluetooth-zigbee-what-they-do-in-iot/>
5. Fully Implantable Artificial Pancreas Delivers Insulin as Needed. URL: <http://www.iflscience.com/health-and-medicine/fully-implantable-artificial-pancreas-delivers-insulin-needed/>

Рецензія/Peer review : 07.05.2018 р. Надрукована/Printed :05.07.2018 р.
Стаття прорецензована редакційною колегією