

УДК 617.7-073.178

А. Ткачук, Роман Ткачук, д.т.н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна.

СИСТЕМА ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ДРЕНАЖНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИВЕДЕННЯ ВНУТРІШНЬООЧНОЇ РІДИНИ ПРИ ГЛАУКОМІ

Основною причиною розвитку глаукоми стає неконтрольована зміна витоку внутрішньоочної рідини через трабекулярну мережу[1], що при патології призводить до підвищення внутрішньоочного тиску (ВОТ) та ураження очного нерва [2]. Імплантація дренажних пристроїв зазвичай виконується після попередніх невдалих лікувань та є останнім шансом пацієнта зберегти зір [3]. Тому виникає необхідність перевірити параметри тиску при якому відбувається виведення внутрішньоочної рідини імплантатом перед вживленням в око людини, та покращити підбір, або виявити відхилення параметрів виведення внутрішньоочної рідини в імплантаті. Пропонується тестова система контролю і налаштування параметрів дренажних пристроїв що нормалізують виведення внутрішньоочної рідини при глаукомі, до значень внутрішньоочного тиску в діапазоні 9 – 21 мм рт. ст.

Ключові слова: глаукома, внутрішньоочна рідина, тиск, ВОТ.

Dr., Prof. - Tkachuk R. A., Tkachuk A. A.

SYSTEM FOR TESTING DRAINAGE DEVICES FOR OUTPUT INTRAOCULAR FLUID IN GLAUCOMA

Implantation of drainage devices is usually performed after previous unsuccessful treatments and is the last chance for the patient to save vision. This work introduces the test system for monitoring and adjusting the parameters of drainage devices for normalize the output of the intraocular fluid in glaucoma eye, for normal values of intraocular pressure 9 – 21 mm Hg.

Keywords: glaucoma, intraocular fluid, pressure, IOP.

Система калібрування та перевірки імплантатів що виводять внутрішньоочну рідину дозволяє протестувати та уточнити параметри імплантатів Molteno[4], Baerveldt[5], Eagle Vision[6] і Ahmed Glaucoma Valve[7] який з них найбільше підходить пацієнту. А також цей підхід сприятиме розробці та тестуванні новостворених імплантатів. Принцип роботи такої системи базується на імітації нормального внутрішньоочного тиску рівнем 9 – 21 мм рт. ст. системою калібрування та перевірки імплантату. Блок-схема системи калібрування та перевірки імплантату наведена на рисунку 1.

Даний метод тестування полягає в подачі фізрозчину через детектор тиску на вхід імплантату до детектора рідини що дозволяє виявити рівень початкового робочого тиску. Для стабільного контролю тиску необхідно врахувати наступні фактори: біосумісність [8] (тобто низьку токсичність); герметичність [9]; довгострокову механічну стабільність [10]; точність вимірювань ± 1 мм рт. ст.

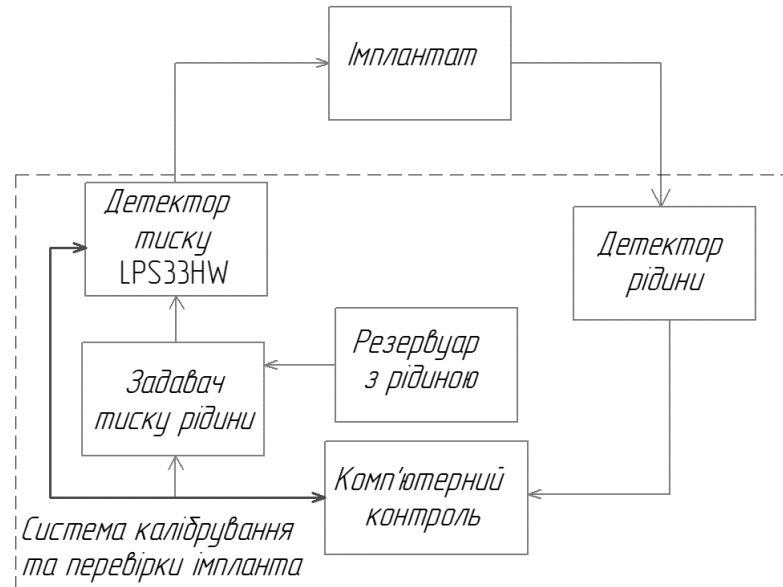


Рис. 1. Блок схема системи калібрування та перевірки імплантату

Система калібрування та перевірки імплантатів складається з детектора тиску LPS33HW від ST Microelectronics (таблиця 1) [11] з цифровим зчитуванням, температурною компенсацією, та водостійким корпусом, задавача тиску до якого підключений резервуар з фізрозчином, детектора рідини, плати контролю STEVAL-MKI109V3 [12] на базі мікроконтролера STM32F401VE що використовує архітектуру ARM Cortex M4, обмін даними з ПК здійснюється за допомогою інтерфейсу USB, та керується за допомогою програмного забезпечення Unico від ST Microelectronics.

Таблиця 1 Параметри детектора тиску LPS33HW

Робочий тиск	260 - 1260 Гпа
Тип тиску	Абсолютний
Точність	± 1 hPa (± 0.75 мм рт. ст.)
Тип інтерфейсу зчитування	I ² C, SPI.
Розширення тиску	24 bit.
Розширення температури	16 bit.
Напруга живлення	1,7 – 3,6 В.
Робочі температури від	- 40 С до + 85 С.
Робоча споживання струму	15 мкА.

Алгоритм роботи системи калібрування та перевірки імплантатів наведений на (рис. 2). Розглянемо приклад регулювання, якщо нормальний рівень ВОТ пацієнта становить 16 мм рт. ст. Вхід імплантату приєднується до системи калібрування та перевірки імплантату, а вихід під'єднати до детектора рідини системи калібрування та перевірки імплантату. Виставити необхідний рівень тиску (16 мм рт. ст) системи калібрування та перевірки імплантату, тоді задавач тиску плавно почне збільшувати рівень тиску фізрозчину у системі, спершу алгоритм перевіряє умову чи $T_{вх} < T_{рег}$ (16 мм рт. ст), якщо детектор рідини спрацював при цій умові, то система регулює тиск нижче необхідного. Якщо детектор рідини спрацював при виконанні умови $T_{вх} = T_{рег}$ тоді імплантат справний та виводить рідину. Якщо виконується умова $T_{вх} > T_{рег}$ тоді імплантат виводить внутрішньоону рідину при вищому тиску ніж необхідно для пацієнта, що може призвести до прогресу глаукоми та втрати зору.

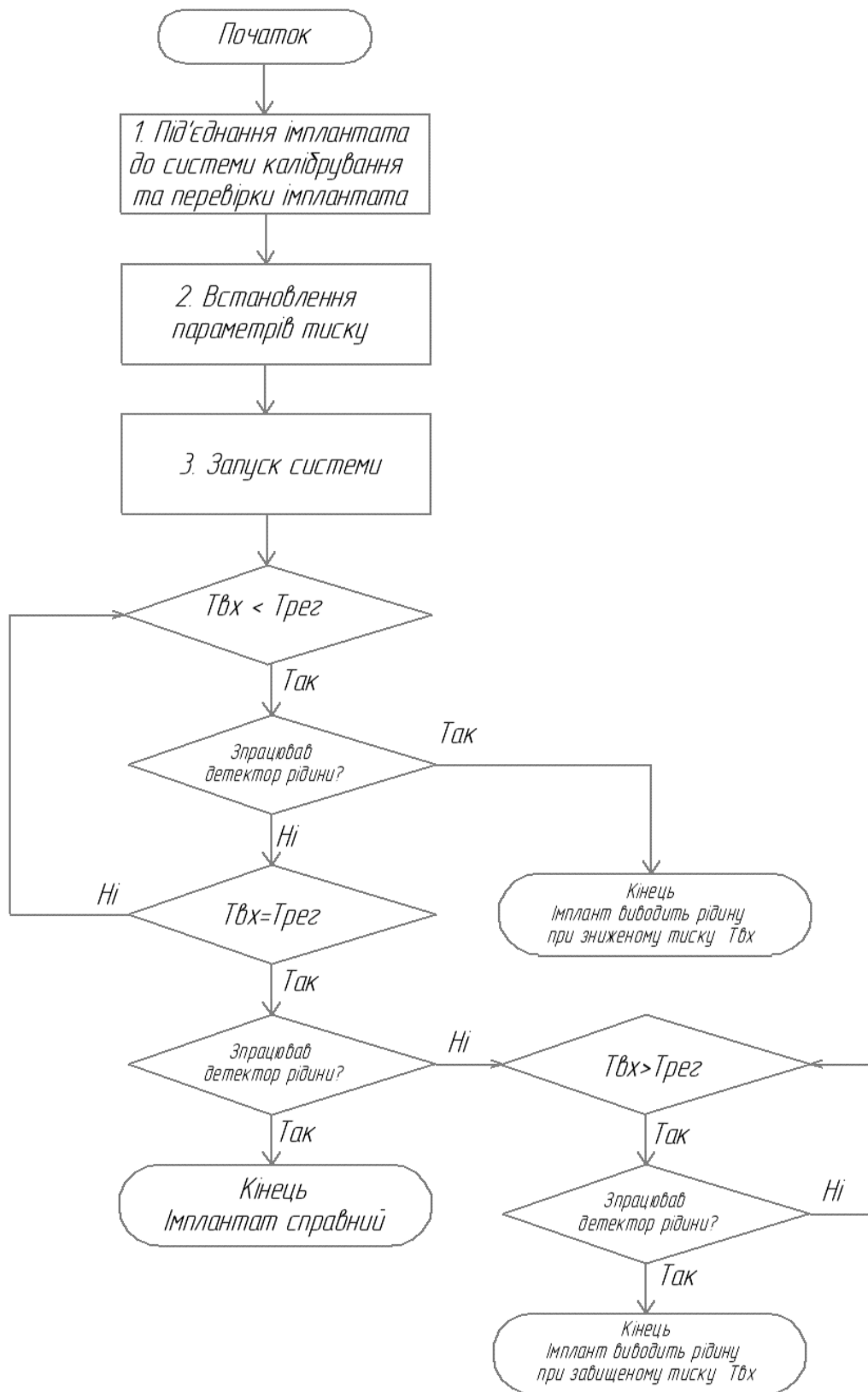


Рис. 2. Алгоритм роботи системи калібрування та перевірки імплантату

Отже, запропонована система калібрування та перевірки імплантату тестує дренажні пристрої для виведення внутрішньоочної рідини перед імплантацією, виявляє тиск при якому вони починають виводити внутрішньоочну рідину, дає змогу підібрати імплантат під необхідний індивідуальний рівень внутрішньоочного тиску пацієнта, що дозволить попередити негативні впливи та відкоригувати лікування глаукоми, та в підсумку зберегти зір пацієнтам. Точність системи ± 0.75 мм рт. ст. забезпечується датчиком тиску LPS33HW. Ця система також підходить для контролю параметрів при розробці нових систем для виведення і виміру тиску внутрішньоочної рідини.

Література

1. Нестеров, А. П. Глаукома: Научное издание / Под общ. ред. А.С.Петров. – М. МИА, 2014. – 360 с
2. Ри Дуглас Дж. Глаукома: атлас / пер. с англ. под ред. С. Э. Аветисова, В. П. Еричева. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 472 с.
3. The Glaucoma Book / Paul N. Schacknow, John R. Samples – USA: Springer, 2010. – 1043 с.
4. Molteno AC. The optimal design of drainage implants for glaucoma. Trans Ophthalmol Soc N Z. 1981; 33:29–41. DOI:10.1016/S0161-6420(95)30871-8
5. Siegner SW, Netland PA, Urban RC, et al. Clinical experience with the Baerveldt glaucoma drainage implant. Ophthalmology.1995;102:1298–1307.
6. Krupin T, Podos SM, Becker B, et al. Valve implants in filtering surgery. Am J Ophthalmol. 1976;81: 232–235.
7. Francis BA, Cortes A, Chen J, et al. Characteristics of glaucoma drainage implants during dynamic and steady-state flow conditions. Ophthalmology. 1998; 105:1708–1714 DOI: 10.1016/S0161-6420(98)99042-X
8. Kotzar, G.; Freas, M.; Abel, P.; Fleischman, A.; Roy, S.; Zorman, C.; Moran, J.M.; Melzak, J. Evaluation of MEMS materials of construction for implantable medical devices. Biomaterials 2002, 23, 2737–2750 DOI:10.1016/S0142-9612(02)00007-8
9. Williams, D.F. Corrosion of implant materials. Annu. Rev. Mater. Sci. 1976, 6, 237–266. DOI:10.1146/ANNUREV.MS.06.080176.001321
10. Eide, P.K.; Bakken, A. The baseline pressure of intracranial pressure (ICP) sensors can be altered by electrostatic discharges. Biomed. Eng. Online 2011, 10, DOI:10.1186/1475-925X-10-75.
11. LPS33HW MEMS pressure sensor [Електронний ресурс]: 260-1260 hPa absolute digital output barometer with water-resistant package. – Режим доступу: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lps33hw.pdf> (дата звернення 15.05.2019) – Назва з екрана.
12. STEVAL-MKI109V3 Professional MEMS tool [Електронний ресурс]: ST MEMS adapters motherboard based on the STM32F401VE and compatible with all ST MEMS adapters – Режим доступу: https://www.st.com/resource/en/data_brief/steval-mki109v3.pdf (дата звернення 15.05.2019) – Назва з екрана.