

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Електронної та біомедичної інженерії
(повна назва)

Кафедра _____ Біомедичної інженерії
(повна назва)

АНОТАЦІЯ кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

_____ Система верифікації риноманометричних показників
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи БМІм-20-1

_____ Кібкало О.А.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 163 Біомедична інженерія

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ «Біомедична інженерія»
(повна назва освітньої програми)

Керівник _____ д.т.н. проф. Семенець В.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри БМІ _____
(підпис)

_____ Аврунін О.Г.
(прізвище, ініціали)

2021 р.

ВСТУП

В останній час актуальними є питання верифікації даних, які отримуються різними методами діагностики [1, 2]. Наприклад, при визначенні носового опору при диханні доцільно використовувати риноманометрію [3, 4]. Це дозволяє провести функціональну діагностику стану верхніх дихальних шляхів [5, 6]. Але, найбільш часто в медичній практиці використовується метод спіральної комп'ютерної томографії [7, 8]. Метод дозволяє візуалізувати анатомічні особливості носової порожнини, але їх доказовий вплив на зміни назальної аеродинаміки не зовсім очевидний [9, 10, 11]. Це пов'язано з тим, що зміни конфігурації носової порожнини у зв'язку з різними компенсаторними механізмами організму можуть суттєво не впливати на повітряний опір верхніх дихальних шляхів. Риноманометрична апаратура дозволяє це виявити [12, 13]. Наведені підходи, які засновані на аналізі даних комп'ютерної томографії [14-20] та автоматизованої сегментації для автоматизованого визначення повітряних шляхів [21, 22]. Тому, розробка підходів для верифікації риноманометричних показників і визначення впливу окремих анатомічних структур на назальну аеродинаміку є актуальною задачею сучасної функціональної ринології і пов'язаних з цим завдань біомедичної інженерії щодо розробки засобів для тестування носового дихання.

Виходячи з цього, метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка системи верифікації риноманометричних показників за томографічними даними.

Кваліфікаційна робота магістра складається з трьох розділів.

У першому розділі роботи розглядаються анатомо-фізіологічні особливості носової порожнини, методи та засоби для тестування носового дихання і отримання даних щодо архітектоніки верхніх дихальних шляхів.

У другому розділі проводиться обґрунтування та розробка структурної схеми системи верифікації риноманометричних показників.

У третьому розділі розглядається розробка схеми програми верифікації риноманометричних показників та аналіз отриманих експериментальних даних.

У висновках наводяться рекомендації щодо подальшого використання розробки та перспективи роботи.

Результати роботи можуть бути використані у медичних закладах та діагностичних центрах.

ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – розробити систему верифікації риноманометричних показників за томографічними даними.

Об'єкт дослідження – процес носового дихання людини.

Предмет дослідження – методи дослідження носового дихання людини .

Для вирішення поставленої мети були виконані наступні завдання:

- провести огляд апаратури та методів риноманометрії та комп'ютерної томографії в ринології;
- розробити структурну схему системи верифікації риноманометричних показників;
- розробити схему програми систему верифікації риноманометричних показників за томографічними даними;
- провести аналіз отриманих даних;
- сформулювати деякі медико-технічні вимоги для систем тестування носового дихання.

Кваліфікаційна робота магістра містить три розділа.

У першому розділі роботи розглядаються анатомо-фізіологічні особливості носової порожнини, засоби для тестування носового дихання, зокрема риноманометрична апаратура, і методи отримання даних щодо архітекτονіки верхніх дихальних шляхів, основними з яких є підходи, які засновані на сучасній комп'ютерній томографії.

У другому розділі проводиться обґрунтування та розробка структурної схеми системи верифікації риноманометричних показників, яка наведена на рисунку 1. У відповідності до технічного завдання, до складу системи входять риноманометр та комп'ютерний томограф з відповідними інтерфейсними блоками та діагностична підсистема, до складу якої входять модулі обробки риноманометричних даних, сегментації томографічних даних, побудови аеродинамічної моделі та аналізу отриманих результатів для оцінки їх адекватності та верифікації. В якості риноманометра доцільно використовувати

пристрої, які засновані на принципі задньої активної риноманометрії і дозволяють досліджувати функціональні можливості верхніх дихальних шляхів при різних режимах дихання. Для томографічної діагностики можливо використовувати сучасні мультиспіральні, або конусно-променеві рентгенівські комп'ютерні томографи. Основними параметрами, що підлягали дослідженню, є витрата повітря Q та перепад тиску Δp на носовій порожнині при диханні, а також коефіцієнт аеродинамічного носового опору, який визначається як

$$A = \frac{\Delta p}{Q}. \quad (1)$$

Виходячі від режиму течії повітря, залежність витрати повітря від перепаду тиску може бути мати лінійний (ламінарний режим течії при спокійному диханні) та нелінійний (турбулентний режим течії при формованому диханні, наприклад, при фізичних навантаженнях).

У третьому розділі розглядається розробка схеми програми верифікації риноманометричних показників та аналіз отриманих експериментальних даних.

Верифікація розглядалася як порівняння даних аеродинамічного носового опору, який отримувався риноманометричним методом та за допомогою розрахунків, наведених, наприклад у джерелах [1, 3, 5]. Для цього на томографічних зображеннях виконувалась сегментація повітряносних порожнин та побудова одновимірної аеродинамічної моделі верхніх дихальних шляхів. Розрахунки спочатку проводились для кожної окремої половини носу, а потім розраховувались за формулами паралельного з'єднання каналів для ламінарного та турбулентного режимів течії відповідно. Показники течії повітря для моделі вибиралися, виходячі безпосередньо з риноманометричних даних пацієнта при тестуванні носового. Після цього будувалися відповідні порівняльні графіки та діаграми для різних фізіологічних показників носового дихання.

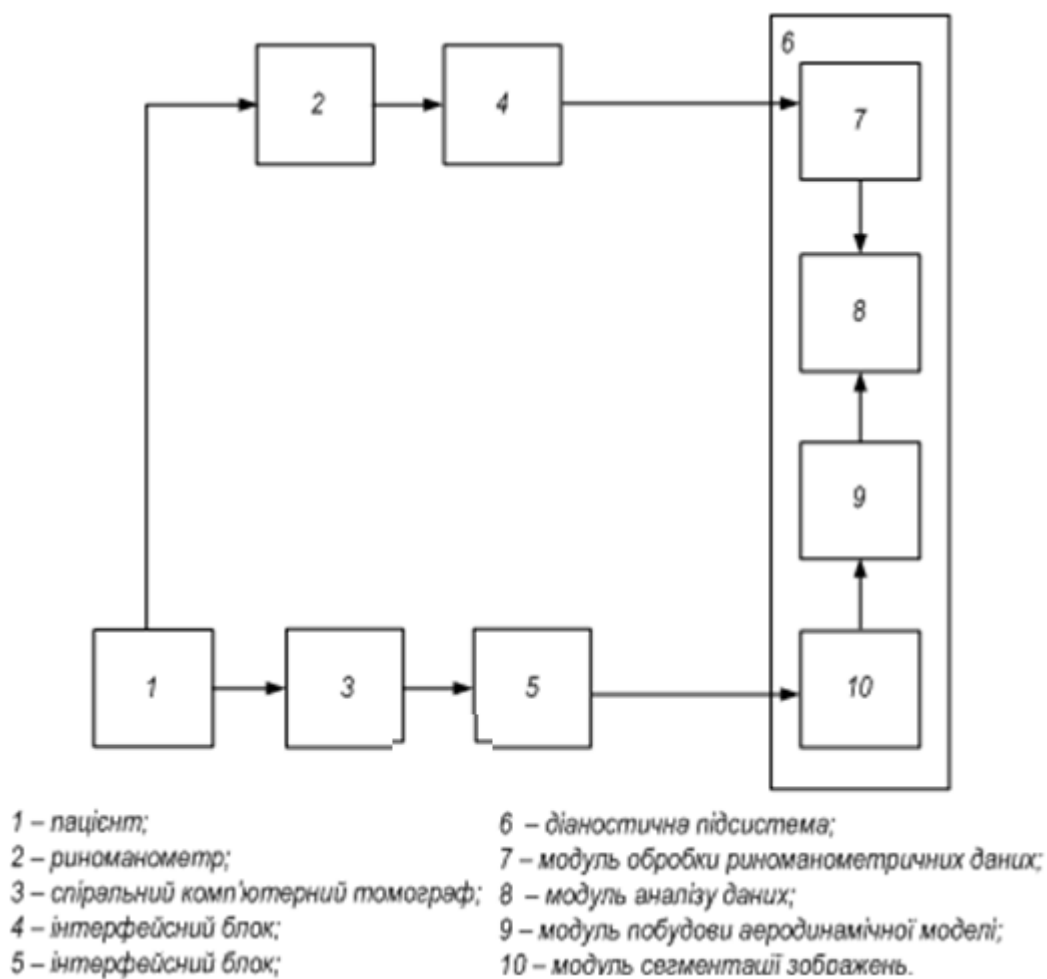


Рисунок 1 – Структурна схема системи верифікації риноманометричних даних

ВИСНОВКИ

На сучасному етапі актуальними є завдання, які пов'язані з верифікацією риноманометричних показників за даними комп'ютерної томографії. Тому, тема роботи, яка пов'язана з порівнянням функціональних та топографо-анатомічних даних верхніх дихальних шляхів, є актуальною.

Визначено, що можливо розраховувати коефіцієнт аеродинамічного носового опору за даними аналітичної аеродинамічної моделі. Знання режиму течії повітря дозволяє визначати характер залежності між перепадом тиску і витратою повітря під час дихання, а також дослідити вплив повітряного потоку на стінки носової порожнини, з огляду на розподіл швидкостей в перетинах носових проходів.

Необхідно враховувати, що в ламінарному режимі існує прямопропорційна залежність між перепадом тиску і витратою повітря, а профіль швидкостей повітряного потоку в перетинах є параболічним.

Загальна похибка між експериментальними риноманометричними та теоретичними томографічними знаходиться в межах 20%. Найбільші розбіжності, які спостерігаються при дослідженні коефіцієнта аеродинамічного носового опору при наслідках риносинуситу та при умовній нормі зумовлені накопиченням похибок при представленні характерних розмірів томографічних перетинів носової порожнини, що мають складну, віддалену від круглої форму еквівалентними діаметрами.

При викривленнях носової перегородки у загальну розбіжність додається похибка, яку зумовлено похибками аналітичної моделі визначення локальних опорів. При цьому, похибка при наявності локального опору в задніх відділах менше впливає на похибку визначення коефіцієнту аеродинамічного носового опору, так як викликана турбулентність проявляє себе на меншій довжині повітряного каналу.

Перспективою роботи є доказове тестування розробленої системи на комплексних наборах функціональних та томографічних даних для визначення особливостей впливу анатомічних структур на аеродинаміку носової порожнини.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

РИНОМАНОМЕТРІЯ, ТОМОГРАФІЯ, ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ, НОСОВЕ
ДИХАННЯ, АЕРОДИНАМІКА НОСОВОЇ ПОРОЖНИНИ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Аврунін О.Г., Бодянський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О., Шушляпіна Н.О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання: монографія.– Харків: ХНУРЕ, 2018. – 125 с.
2. Аврунин О. Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин // Технічна електродинаміка, тем випуск «Силовая електроніка та енергоефективність». – 2011. – Ч. 2. – С. 293-298.
3. Avrunin, O.G.; Nosova, Y.V.; Abdelhamid, I.Y.; Pavlov, S.V.; Shushliapina, N.O.; Bouhlal, N.A.; Ormanbekova, A.; Iskakova, A.; Harasim, D. Research Active Posterior Rhinomanometry Tomography Method for Nasal Breathing Determining Violations. *Sensors* 2021, 21, 8508. <https://doi.org/10.3390/s21248508>.
4. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодянський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 224 с.
5. Avrunin, O. G., Tymkovych, M. Y., Abdelhamid, I. Y., Shushliapina, N. O., Nosova, Y. V., & Semenets, V. V. (2019). Features of image segmentation of the upper respiratory tract for planning of rhinosurgical surgery. Paper presented at the 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2019 - Proceedings, 485-488.
6. Аврунин О.Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О.Г. Аврунин, Я.В. Носова, С.А. Худаева. // Тези доповіді 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні».– 2018.– С. 117 – 119.
7. Avrunin, O. G., Tymkovych, M. Y., Abdelhamid, I. Y., Shushliapina, N. O., Nosova, Y. V., & Semenets, V. V. (2019). Features of image segmentation of the upper respiratory tract for planning of rhinosurgical surgery. Paper presented at

the 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2019 - Proceedings, 485-488.

8. Тымкович М.Ю. Использование DICOM-изображений в медицинских системах / М.Ю. Тымкович, О.Г. Аврунин, В.В. Семенец // Техн. электродинамика: Тематич. вып. – 2012. – Т.4. – С. 178-183.

9. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Abdelhamid, I. Y., Pavlov, S. V., Shushliapina, N. O., Wójcik, W., . . . Kalizhanova, A. (2021). Possibilities of automated diagnostics of odontogenic sinusitis according to the computer tomography data. *Sensors (Switzerland)*, 21(4), 1-22. doi:10.3390/s21041198.

10. Avrunin O. Using 3D printing technology to full-scale simulation of the upper respiratory tract / O. Avrunin, Y. Nosova, I. Younouss Abdelhamid, O. Gryshkov, and B. Glasmacher // ”. Informatyka, Automatyka, Pomiarы W Gospodarce I Ochronie Środowiska, Vol. 9, no. 4, Dec. 2019, - pp. 60-63, doi:10.35784 / iapg.681.

11. Книгавко Ю.В. Расчет функциональных параметров, определяющих показания к проведению ринопластики / Ю.В. Книгавко, О.Г. Аврунин, Х. Фарук // ВосточноЕвропейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 2/10 (62). – С. 24 – 27.

12. Аврунин О.Г. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра / О.Г. Аврунин, А.И. Бых, В.В. Семенец. // Функциональная компонентная база микро-, оптои наноэлектроники: сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., 28 сент. – 2 окт. 2010 г. – Х.; Кацивели: ХНУРЭ, 2010. – С. 280–281.

13. Аврунин О. Г. Сравнение дискриминантных характеристик риноманометрических методов диагностики / О.Г. Аврунин, В.В. Семенец, П.Ф. Щапов // Радіотехніка. – 2011. – 164. – С. 102–107.

14. Безшапочний С. Б. Комп'ютерна томографія в ендоскопічній ендоназальній функціональній хірургії / С. Б. Безшапочний, В. В. Лобурець, Д. В. Мішарєв // ЖВНГХ. – 2001. – № 3. – С. 13–14.

15. Безшапочний С. Б. Сучасні аспекти риносинуситів/ С. Б. Безшапочний, В. В. Лобурець // Клінічна імунологія. Алергологія. Інфектологія. – 2007. – № 6. – С. 43–48.
16. Avrunin, O., Tymkovych, M., Drauil, J. Automated technique for threedimensional reconstruction of cranial implant based on symmetry (2015) Information Technologies in Innovation Business Conference, ITIB 2015 – Proceedings, pp.39-42
17. Multislice CT: technical principles and clinical applications . / S. Meduri, T. De Petri, A. Modesto, C. Moretti // Radiol Med. – 2002. – №103(3). – P. 143-157.
18. Можливості комп'ютерної томографії при діагностиці захворювань верхньощелепних пазух / І. В. Бачинський, В. М. Рижик, М. О. Гайналь, П. Ф. Дурій // Журнал вушних, носових і горлових хвороб.– 1999. – № 3. – С. 54-56.
19. Щурук Г. З. Можливості використання комп'ютерної томографії з об'ємною реконструкцією в діагностиці захворювань порожнини носа, навколоносових пазух і лицьового черепа / Г.З. Щурук // Журнал вушних, носових і горлових хвороб. – 2001. – №2.– С. 64-69.
20. Бабкина Т. М. Первый опыт применения спиральной компьютерной рентгеновской томографии в оториноларингологии / Т. М. Бабкина, В. А. Рогожин, Л. Д. Розенфельд // Журнал вушних, носових і горлових хвороб. – 1998. – №5. (додаток). – С. 58-61.
21. Книгавко, Ю.В. Программная визуализация объемных медицинских данных / Ю.В. Книгавко, О.Г. Аврунин // Журн. Техн. електродинаміка – 2011. – С. 301-308.
22. Y. V. Nosova, M. Y. Tymkovych, N. O. Shushliapina, O. G. Avrunin and V. V. Semenets, "Peculiarities of Pre-Processing of Tomographic Images for Segmentation of Paranasal Sinuses," 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 489-492, doi: 10.1109/ELNANO.2019.8783713.