

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)
другий (магістерський)

Метод визначення порушень аеродинамічного носового опору за
томографічними даними
(тема)

Виконала:

студент 2 курсу, групи БМІм-21-1

Яреценко С.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 проф. Аврунін О.Г.

(посада, прізвище, ініціали)

ВСТУП

За останні приблизно 20 років виникли та встановлені підходи щодо доказової медицини при проведенні лікувальних і діагностичних процедур. Такі доказові дослідження засновані на об'єктивізації за рахунок кількісних інструментальних методів і статистично достовірних результатів [1, 2]. Але, враховуючи відсутність жорстких еталонів для медичних даних, залишається багато невирішених питань, які стосуються достовірності отриманих результатів, особливо при проведенні та оцінюванні результатів функціональних досліджень. Одним з головних завдань сучасної медицини є визначення залежності між анатомічними та функціональними властивостями органів та їх відповідна індивідуальна мінливість. В ринології такі дослідження проводяться для аналізу функціональних показників носового дихання та архітектонікою верхніх дихальних шляхів [3-6]. Особливо це важливо при зміні конфігурації внутрішньо носових структур при виконанні корегуючих оперативних втручань для покращення назальної повітряної провідності при викривленнях носової перетинки, хронічних синуситах та інших нозологіях функціональної ринології [6, 7]. Математичне моделювання при цьому дозволяє прогнозувати результати оперативних втручань та проводити їх планування у віртуальному режимі [8].

Основним методом інтроскопічної діагностики стану верхніх дихальних шляхів є рентгенівська комп'ютерна томографія та її модифікації, такі як спіральна та конусно-променева томографія [6, 7, 9, 10]. З урахуванням відносно незначною розповсюдженості методів функціонального тестування носового дихання – риноманометрії, низької повторювальності даних та відсутністю чітких еталонів деяких показників при різних станах, типах і методиках досліджень, на даному етапі представляється доцільною задача додавання функціональної інформації до результатів комп'ютерно-томографічних обстежень [4-6, 11-16]. Для цього необхідно чітко визначати конфігурацію повітряних шляхів носової порожнини та на її основі будувати аеродинамічну модель течії повітря при диханні. Тому, актуальною задачею є дослідження особливостей сегментації перетинів верхніх дихальних шляхів за даними комп'ютерної томографії.

Дослідженням в області назальної аеродинаміки при діагностиці захворювань верхніх дихальних шляхів присвячені роботи відомих спеціалістів в області ринології [3-5, 8, 11-16]. Останніми даними стали вивчення характеристик носової порожнини методами CFD і верифікація результатів моделювання з клінічними ознаками, а також прогнозування функціональних результатів в ринохірургії [8, 11-19]. Удосконалюються підходи планування функціональних оперативних ринохірургічних втручань [6, 8, 19, 20]. Досліджується вплив анатомічної структури та зміни архітектури носа на аеродинаміку носової порожнини [3-8], зокрема, при викривленнях носової перетинки [6, 21, 22], одонтогенних синуситах [7, 23], при синдромі сонного апное [24, 25]. Проводиться моделювання носової порожнини та відповідне вивчення характеристик повітряного потоку при диханні [26, 27].

Методам функціонального тестування носового дихання також присвячено багато робіт [1, 6, 14-16], зокрема методам передньої [14-16] та задньої [1, 6] активної риноманометрії, які дозволяють отримувати дані щодо коефіцієнта аеродинамічного носового опору при різних режимах дихання. Розглядаються принципи побудови риноманометричної апаратури та особливостей її використання, зокрема похибок при вимірюванні показників дихання [1]. Проводяться доказові дослідження респіраторно-ольфакторної функції [28-30]. Також розглядаються питання акустичної ринометрії при неінвазивному визначенні конфігурації носової порожнини [18, 31, 32] та натурального 3D-моделювання верхніх дихальних шляхів [33, 34] та інтелектуального аналізу геометричних даних [35]. Ці підходи дозволяють досліджувати персоніфіковану функціональну спроможність верхніх дихальних шляхів пропускати повітря при певних режимах дихання а також проводити аналіз адекватності терапії [6-19]. Але, невирішеними питаннями залишаються особливості створення аеродинамічних моделей верхніх дихальних шляхів, побудова яких безпосередньо залежить від точності представлення геометричної конфігурації носової порожнини. Інтроскопічна візуалізація, яка заснована на рентгенологічних зображеннях має суттєві обмеження [36-40]. Томографічна візуалізація на основі рентгенівського, або магнітно-резонансних принципів інтроскопії більш ефективна в оториноларингології [41-49].

Функціональні методи тестування носового дихання розглядаються в джерелах [50-59]. Але загальною проблемою таких методів залишається відносно низька повторювальність даних та зменшення невизначеності при вимірах [56, 57]. Для реалізації комп'ютерного планування функціональних оперативних втручань в ринології використовується конфігураційний підхід зміни анатомічної конфігурації при прогнозуванні результатів операції [58-67]. Аспекти роботи з DICOM-форматом представлення томографічних даних та використання телемедицинських систем розглядаються у літературі [68, 69]. Аналіз літературних джерел показав, що тема дослідження актуальна і може бути затребувана у клінічній практиці при діагностиці порушень носового дихання та відповідного планування функціональних оперативних втручань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета та завдання дослідження – метою дослідження є розробити метод визначення порушень аеродинамічного носового опору за томографічними даними.

Для досягнення мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- провести огляд методів та засобів визначення порушень носового дихання;
- розробити структурну схему системи томографічної візуалізації верхніх дихальних шляхів;
- розробити схему програми визначення аеродинамічного носового опору за томографічними даними;

сформувати основні медико-технічні вимоги для систем визначення порушень аеродинамічного носового опору за томографічними даними.

Об'єктом дослідження є процес визначення порушень аеродинамічного носового опору дихальних шляхів.

Предметом дослідження – методи та алгоритми визначення повітряної провідності верхніх дихальних шляхів.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні метода визначення порушень аеродинамічного носового опору за томографічними даними за рахунок більш достовірного визначення конфігурації перетинів носової порожнини, що дозволило з більшою точністю визначати еквівалентний діаметр, який являє собою відповідний характерний розмір перетину повітряного каналу складної форми.

Публікації. За результатами магістерської роботи були підготовлена одна наукова публікація – тези доповіді на міжнародній науковій конференції MicroCAD-2022 у НТУ «ХПІ».

Кваліфікаційна робота магістра складається з 4-х розділів: в першому проводиться аналітичний огляд літературних джерел за темою роботу, в другому – наведено опис структурної схеми системи томографічної візуалізації верхніх дихальних шляхів, в третьому – приводяться розрахунки, які стосуються визначення коефіцієнта аеродинамічного носового опору, в четвертому розглядаються практичні аспекти роботи, опис програмного забезпечення та його робота на конкретних прикладах.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи була вирішена задача удосконалення метода визначення порушень аеродинамічного носового опору за томографічними даними.

Носова порожнина – це складна система з різних анатомічних та функціональних структур. При дослідженні носового дихання необхідно визначати їх вплив на загальний аеродинамічний носовий опір.

При візуалізації верхніх дихальних шляхів доцільно використовувати спіральну комп'ютерну томографію, яка дозволяє відображення м'яких тканин та кісткових структур з високим просторовим розрізненням.

При формуванні аналітичної моделі аеродинаміки носової порожнини основним показником, який характеризує конфігурацію носового каналу є еквівалентний діаметр, який визначається на кожному перетині носової порожнини. Він розраховується на основі площі та периметру відповідного перетину носового каналу.

При сегментації носової порожнини необхідно в першу чергу усунути повітряні структури, які не впливають на аеродинаміку верхніх дихальних шляхів – це, в першу чергу, інтактні простори придаткових пазух носу, в яких переважає дифузний обмін повітря. В автоматичному режимі це можливо за рахунок виконання усунення незв'язних відокремлених областей та знаходженням коефіцієнтів відмінності ділянок областей, зв'язаних спів устями з носовим каналом, на наступному кроці. Високі коефіцієнти відмінності ділянок між перетинами будуть свідчити про наявність відокремлених областей та сприяти їх усуненню.

Складна конфігурація та висока індивідуальна мінливість структур носової порожнини не дозволяє повністю проводити сегментацію в автоматизованому режимі, але такий підхід сприяє відсутності інтерактивного корегування у 80% томографічних датасетів.

Запропонована методика, що враховує інтенсивність елементів зображення близьких до контурних, дозволяє за рахунок штучного

суброзрізнення знизити похибку усереднення від томографічної реконструкції до двох разів.

Перспективою роботи є розробка методів повністю автоматичної сегментації структур носової порожнини з урахуванням індивідуальної анатомічної варіабельності верхніх дихальних шляхів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

ТОМОГРАФІЯ КОМП'ЮТЕРНА, НОСОВЕ ДИХАННЯ,
ДІАГНОСТИКА, АЕРОДИНАМІЧНИЙ ОПР, РИНОМАНОМЕТРІЯ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Avrunin, O. G. (2014). Improving the reliability of rhinomanometry diagnostics by considering statistical characteristics of measured signals. *Telecommunications and Radio Engineering (English Translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika)*, 73(7), 647-655. doi:10.1615/TelecomRadEng.v73.i7.7
2. Selivanova, K. G., Avrunin, O. G., Zlepko, S. M., Romanyuk, S. O., Zabolotna, N. I., Kotyra, A., . . . Smailova, S. (2016te). Quality improvement of diagnosis of the electromyography data based on statistical characteristics of the measured signals. Paper presented at the Proceedings of SPIE - the International Society for Optical Engineering, , 10031 doi:10.1117/12.2248953
3. Dynamic Analysis of Airflow Features in a 3D Real-Anatomical Geometry of the Human Nasal Cavity / H. Tang, J. Y. Tu, H. F. Li et al. // 15th Australasian Fluid Mechanics conference the University of Sydney, Australia.– 2004.– P. 80-83.
4. Correlation of nasal morphology and respiratory function / G.Mlynski, S. Grutzenmacher, S. Plontke et al.// *Rhinology.*– 2001. *Rhinology.*– № 39(4). *Rhinology.* – 197-201.
5. Morphological Variation and Airflow Dynamics in the Human Nose / S. E. Churchill, L. L. Shackelford, J. N. Black, M. T. Black // *Am. J. OfHum. Biol.*– 2004. – № 16. – P. 625-638.
6. 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>
7. Avrunin, O.G.; Nosova, Y.V.; Abdelhamid, I.Y.; Pavlov, S.V.; Shushliapina, N.O.; Wójcik, W.; Kisała, P.; Kalizhanova, A. Possibilities of Automated Diagnostics of Odontogenic Sinusitis According to the Computer Tomography Data. *Sensors* 2021, 21, 1198. <https://doi.org/10.3390/s21041198>
8. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Shuhlyapina, N. O., Zlepko, S. M., Tymchyk, S. V., Hotra, O., . . . Mussabekova, A. (2017). Principles of computer planning in the functional nasal surgery. [*Zasady planowania komputerowego w czynnościowej*

9. Ott, K. (2018). Computed tomography of adult rhinosinusitis. *Radiologic Technology*, 89(6), P. 571-593.
10. Ohlmeyer, S., Saake, M., Buder, T., May, M., Uder, M., & Wuest, W. (2020). Cone beam CT imaging of the paranasal region with a multipurpose X-ray system- image quality and radiation exposure. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(17) doi:10.3390/app10175876
11. Berger, M., Giotakis, A. I., Pillei, M., Mehrle, A., Kraxner, M., Kral, F., . . . Freysinger, W. (2021). Agreement between rhinomanometry and computed tomography-based computational fluid dynamics. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 16(4), 629-638. doi:10.1007/s11548-021-02332-1
12. Dynamic Analysis of Airflow Features in a 3D Real-Anatomical Geometry of the Human Nasal Cavity / H. Tang, J. Y. Tu, H. F. Li et al. // 15th Australasian Fluid Mechanics conference the University of Sydney, Australia.– 2004.– P. 80-83.
13. Correlation between subjective assessment and objective measurement of nasal obstruction/ G. Zhang, R. Fenton, R. Rival et al. // *Zhonghua*. – 2008. – №43(7). – P. 484-489.
14. Cilluffo, G., Zicari, A. M., Ferrante, G., Malizia, V., Fasola, S., Duse, M., . . . La Grutta, S. (2020). Assessing repeatability and reproducibility of anterior active rhinomanometry (AAR) in children. *BMC Medical Research Methodology*, 20(1) doi:10.1186/s12874-020-00969-1
15. Vogt, K. 4-Phase-Rhinomanometry Basics and Practice / K. Vogt, A. A. Jalowayski // *Rhinology*. – 2010. – № 21. – P. 1–50.
16. Clement, P. A. Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway. Consensus report on 2005. – № 43. – P. 169–179.
17. Radulesco, T., Meister, L., Bouchet, G., Varoquaux, A., Giordano, J., Mancini, J., . . . Michel, J. (2019). Correlations between computational fluid dynamics and clinical evaluation of nasal airway obstruction due to septal deviation: An observational study. *ClinicalOtolaryngology*, 44(4), 603-611. doi:10.1111/coa.13344
18. Paul, M. A., Kamali, P., Chen, A. D., Ibrahim, A. M. S., Wu, W., Becherer, B. E., . . . Lin, S. J. (2018). Assessment of functional rhinoplasty with spreader grafting

- using acoustic rhinomanometry and validated outcome measurements. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*, 6(3) doi:10.1097/GOX.0000000000001615
19. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Paliy, V. G., Shushlyapina, N. O., Kalimoldayev, M., Komada, P., & Sagymbekova, A. (2017). Study of the air flow mode in the nasal cavity during a forced breath. Paper presented at the Proceedings of SPIE - the International Society for Optical Engineering, , 10445 doi:10.1117/12.2280941
20. 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.
21. The value of bilateral simultaneous nasal spirometry in the assessment of patients undergoing septoplasty / G. Fyrmpas, D. Kyrmizakis, V. Vital, J. Constantinidis // *Rhinology*. – 2011. – №49(3). – P. 297-303.
22. Moghaddam, M. G., Garcia, G. J. M., Frank-Ito, D. O., Kimbell, J. S., & Rhee, J. S. (2020). Virtual septoplasty: A method to predict surgical outcomes for patients with nasal airway obstruction. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 15(4), 725-735. doi:10.1007/s11548-020-02124-z
23. Kuo, C. -. J., Leu, Y. -. , Hu, D. -. , Huang, C. -. , Siao, J. -. , & Leon, K. B. P. (2020). Application of intelligent automatic segmentation and 3D reconstruction of inferior turbinate and maxillary sinus from computed tomography and analyze the relationship between volume and nasal lesion. *Biomedical Signal Processing and Control*, 57 doi:10.1016/j.bspc.2019.101660
24. Avrunin, O., Mustetsova, O., Tymchik, S., Khudaieva, S., Homolinskyi, V. O., Omiotek, Z., & Syzdykpayeva, A. (2019). Possibility of determining the cause of the snore by instrumental methods. Paper presented at the Proceedings of SPIE - the International Society for Optical Engineering, , 11176 doi:10.1117/12.2536418
25. Hsu, Y. -. , Liu, S. Y. -. , Lan, M. -. , Huang, Y. -. , Tzeng, I. -. , & Lan, M. -. (2020). Role of rhinomanometry in the prediction of therapeutic positive airway pressure for obstructive sleep apnea. *Respiratory Research*, 21(1) doi:10.1186/s12931-020-01382-4
26. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Shushliapina, N. O., Kulish, S. M., Krekoten, E. G., Maciejewski, M., & Rakhmetullina, S. (2019). Method for determination of

laminar boundary layer of airflow in the upper respiratory tract. Paper presented at the Proceedings of SPIE - the International Society for Optical Engineering, , 11176 doi:10.1117/12.2537336

27. Saied, H. F. I., Al-Omari, A. K., & Avrunin, O. G. (2011). An attempt of the determination of aerodynamic characteristics of nasal airways doi:10.1007/978-3-642-23154-4_35

28. Kang, Y. J., Cho, J. H., Lee, M. H., Kim, Y. J., & Park, C. -. (2020). The diagnostic value of detecting sudden smell loss among asymptomatic COVID-19 patients in early stage: The possible early sign of COVID-19. *Auris Nasus Larynx*, 47(4), 565-573. doi:10.1016/j.anl.2020.05.020

29. Li, C., Jiang, J., Kim, K., Otto, B. A., Farag, A. A., Cowart, B. J., . . . Zhao, K. (2018). Nasal structural and aerodynamic features that may benefit normal olfactory sensitivity. *Chemical Senses*, 43(4), 229-237. doi:10.1093/chemse/bjy013

30. Nosova, Y. V., Faruk, K. I., & Avrunin, O. G. (2018). A tool for researching respiratory and olfaction disorders. *Telecommunications and Radio Engineering (English Translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika)*, 77(15), 1389-1395. doi:10.1615/telecomradeng.v77.i15.90

31. Cankurtaran M. Acoustic rhinometry in healthy humans: accuracy of area estimates and ability to quantify certain anatomic structures in the nasal cavity / M. Cankurtaran, H. Celik, M. Coekun et al. // *Ann Otol. Rhinol. Laryngol.* – 2007. – № 116 (12). – P. 906-916.

32. Dimensional changes of the nasal cavity after transpalatal distraction using bone-borne distractor: an acoustic rhinometry and computed tomography evaluation / A. Aras, M. Akay, I. Cukurova et al. // *J. Oral Maxillofac. Surg.* – 2010. – № 68 (7). – P. 1487-1497.

33. Avrunin, O. G., Tymkovich, M. Y., Saed, H. F. I., Loburets, A. V., Krivoruchko, I. A., Smolarz, A., & Kalimoldayeva, S. (2019). Application of 3D printing technologies in building patient-specific training systems for computing planning in rhinology. Paper presented at the Information Technology in Medical Diagnostics II - Proceedings of the International Scientific Internet Conference on Computer Graphics and Image Processing and 48th International Scientific and Practical Conference on Application of Lasers in Medicine and Biology, 2018, 1-8. doi:10.1201/9780429057618-1

34. Valtonen, O., Ormiskangas, J., Kivekäs, I., Rantanen, V., Dean, M., Poe, D., . . . Rautiainen, M. (2020). Three-dimensional printing of the nasal cavities for clinical experiments. *Scientific Reports*, 10(1) doi:10.1038/s41598-020-57537-2
35. Kirichenko, L., Radivilova, T., & Bulakh, V. (2019). Machine learning in classification time series with fractal properties. *Data*, 4(1) doi:10.3390/data4010005
36. 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. Харків : ХНУРЕ, 2018. 132 с. URL: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-235-7>.
37. Сучасні методи діагностики респіраторно-ольфакторної функції: монографія / О.Г. Аврунін, Я.В. Носова, В.В. Семенець, В.О. Філатов, Н. О. Шушляпіна. Харків : ХНУРЕ, 2021. 150 с. ISBN 978-966-659-300-2.
38. Аврунін О.Г., Бодянський Є.В., Калашник М.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики – Харків : ХНУРЕ, 2018. 248 с. doi: 10.30837/978-966-659-234-0.3.
39. Основи реєстрації та аналізу біосигналів : навч. посібник / О. Г. Аврунін [та ін.] ; Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – 400 с. doi.org/10.30837/978-966-659-257-9
40. Аврунін О.Г. Томашевский Р.С., Фарук Х.И. Методы и средства функциональной диагностики внешнего дыхания. Харьков : ХНАДУ, 2015. 208 с.
41. Аврунін О.Г., Аверьянова Л.А., Бых А.И., Головенко В.М., Скляр О.И. Методика создания виртуальных средств имитации работы рентгеновского компьютерного томографа. *Техническая электродинамика. Тем. Вып. Т.5. Киев, 2007. С. 105–110.*
42. Avrunin, L. Aver'yanova, V. Golovenko, O. Sklyar E-Learning of Functioning Principles Medical Intrascopy Systems//2-th International Conference “Modern (e-) Learning”, July, 2007, Varna, Bulgaria, ITHEA SOFIA, -P.134-137.
43. O. Avrunin. The experience software-based design of virtual medical in trascopy systems for simulation study *International Journal / O. Avrunin, L. Aver'yanova, V. Golovenko, O. Sklyar // Information Technologies and Knowledge. – 2008. – Vol.2. – P. 470–474.*

44. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодяньський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. Харків : ХНУРЕ, 2018. 224 с.
45. Романко Н.М. КТ-ангіографія судин головного мозку / Н.М. Романко // Променева діагностика, променева терапія. – 2011. – №4. – С. 15–19.
46. Аврунин О. Г. Визуализация данных контрастной компьютерной томографии / О. Г. Аврунин, Т. А. Карпенко // Прикладная радиоэлектроника. – 2007. – № 1. – С. 56-61.
47. Аврунин О.Г. Методы визуализации внутримозговых структур на современном этапе / О. Г. Аврунин, В. В. Семенец, А. Б. Щербакова. // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 4(9) – С. 107-108.
48. Аврунин, О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин, М. Ю. Тымкович, Х. И. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013. – № 2 (81). – С. 101-104.
49. Аврунин О.Г. Этапы развития стереотаксического метода / О.Г. Аврунин, С.Ю. Масловский, В. А. Пятикоп, В. В. Семенец // Експериментальна і клінічна медицина. – 2001.– № 1.– С. 125-127.
50. Тымкович М.Ю. Разработка навигационной системы для ринохирургии / М.Ю. Тымкович, О.Г. Аврунин, Х. Фарук // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2013. – №8 (114). – С. 116 – 123.
51. Аврунин О.Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О.Г. Аврунин, Я. В. Носова, С. А. Худаева. Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні : тези доповіді 5-й всеукраїнської науково-практичної конференції. 2018. С. 117–119.
52. Аврунин О.Г., Бых А.И., Семенец В.В. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра. Функциональная компонентная база микро-, оптои наноэлектроники: сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., 28 сент. – 2 окт. 2010 г. Х. : Кацевели: ХНУРЭ, 2010. С. 280–281.
53. Avrunin, O., Shushlyapina, N., Nosova, Y., Bogdan, O. (2016), "Olfactometry diagnostic at the modern stage", Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in

modern technologies, NTU "KhPI", Kharkiv, No. 12 (1184), pp. 95-100, DOI: 10.20998/2413- 4295.2016.12.13.

54. Nosova, Ya. V. Biotechnical system for integrated olfactometry diagnostics / Ya. V. Nosova, O. G. Avrunin, V. V. Semenets // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – N 1 (1). – P. 64–68. DOI:10.30837/2522-9818.2017.1.064.

55. Щапов, П. Ф. Повышение достоверности контроля и диагностики объектов в условиях неопределенности: монография / П.Ф. Щапов, О.Г. Аврунин. Харьков : ХНАДУ, 2011. 192 с

56. Щапов П. Ф. Получение информационной избыточности в системах измерительного контроля и диагностики измерительных объектов / П. Ф. Щапов, О. Г. Аврунин // Український метрологічний журнал. 2011. № 1. С. 47-50.

57. Тымкович М.Ю. Способ реконструкции интактной поверхности хирургических доступов / М.Ю. Тымкович, О.Г. Аврунин, Х.И. Фарук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 4/9 (70). – С. 37 – 41.

58. Сипитый В.И., Пятикоп В.А., Кутовой И.А., Аврунин О.Г. Опыт проведения стереотаксических расчетов с использованием интраоперационной компьютерной томографии / В. И. Сипитый, В. А. Пятикоп, И. А. Кутовой, О. Г. Аврунин // Український нейрохірургічний журнал.– 2006. – № 3. – С. 58–62.

59. Аврунин О.Г. Принципы построения автоматизированных нейрохирургических комплексов / О.Г. Аврунин, Т.В. Носова// Вестник НТУ «ХПИ». –2007, № 19. – С. 3–11.

60. Аврунин О.Г. Методика стереотаксических расчетов при интраоперационном проведении компьютерной томографии / О. Г. Аврунин // Проблемы бионики. – 2002.– № 57

61. Сучасні технології фантомного моделювання в нейрохірургії як різновид симуляційного навчання лікарів-нейрохірургів / П'ятикоп В. О., Аврунін О. Г., Тимкович М. Ю., Кутовий І. О., Полях І. О. // Симуляційне навчання в системі підготовки медичних кадрів : матеріали навчально-методичної конференції. – Харків : ХНМУ. – 2016. – С.136– 138.

62. Аврунин О. Г. Опыт разработки программного обеспечения для визуализации томографических данных / О. Г. Аврунин // Вісник НТУ «ХПІ». – 2006. – № 23. – С. 3 – 8.
63. Avrunin, O., Tymkovych, M., Drauil, J. Automatized technique for threedimensional reconstruction of cranial implant based on symmetry (2015) Information Technologies in Innovation Business Conference, ITIB 2015 – Proceedings, pp.39-42
64. Аврунин О.Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин // Технічна електродинаміка, тем випуск «Силова електроніка та енергоефективність». – 2011. – Ч. 2. – С. 293-298.
65. Ismail, Husham Farouk, et al. The role of paranasal sinuses in the aerodynamics of the nasal cavities. International Journal of Life Science and Medical Research 2.3 (2012): 52-55.
66. Tymkovych M, Gryshkov O, Avrunin O, Selivanova K, Nosova Y, Mutsenko V, et all. Application of SOFA Framework for Physics-Based Simulation of Deformable Human Anatomy of Nasal Cavity. In: Jarm T, Cvetkoska A, Mahnič-Kalamiza S, Miklavcic D. (eds) 8th European Medical and Biological Engineering Conference. EMBEC 2020. IFMBE Proceedings, vol. 80. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64610-3_14
67. Oleg Avrunin, Yana Nosova, Nataliia Shushliapina, Ibrahim Younouss Abdelhamid, Olesia Voitovych, Aliya Kalizhanova, Aida Uvaysova, and Zbigniew Omiotek "3-D modeling capabilities for planning rhinologic surgical interventions from CT-datasets", Proc. SPIE 12476, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022, 1247609 (12 December 2022); <https://doi.org/10.1117/12.2659480>
68. ТЫМКОВИЧ М.Ю. Использование DICOM-изображений в медицинских системах / М.Ю. ТЫМКОВИЧ, О.Г. АВРУНИН, В.В. СЕМЕНЕЦ // Техн. електродинаміка: Тематич. вып. – 2012. – Т.4. – С. 178-183.
69. Kolisnyk, K., Deineko, D., Sokol, T., Kutsevlyak, S., Avrunin, O.: Application of modern internet technologies in telemedicine screening of patient conditions. In: 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of

Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), pp. 459–464. IEEE (2019).