

Список використаних джерел

1. Герасимчук О.П. Теорія технічних систем: Навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання/Герасимчук О.П. – Луцьк: ЛНТУ, 2023. 112 с.

2. Sakhno E.Y. Theory of evolutionary interaction of natural and artificial systems/ Sakhno E.Y. //East European science journal, 2020. – №19(62), part 7. – pp. 51–56.

3. Природні та штучні системи. Режим доступу:
<https://school.home-task.com/prirodni-ta-shtuchni-sistemi/>

УДК 617.7–007.681–073.4:615.472.3

Шаргородський С.В.

ORCID 0009'0006'0820'3218

Луговський О.Ф., д-р. техн. наук, професор

ORCID 0000'0003'1076'7718

Національний технічний університет

«Київський політехнічний інститут

імені «Ігоря Сікорського»

МОДЕЛЮВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАЛЬПЕЛЯ З 1½-ХВИЛЬОВОЮ АКУСТИЧНОЮ СХЕМОЮ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ГЛАУКОМИ

На сьогодні застосування ультразвукової кавітації в медицині поки не знайшло свого належного місця. Хоча попередні дослідження є свідченням відкриття нових можливостей для лікарів [1]. Використання ультразвукового скальпеля для очищення трабекулярної сітки кута передньої камери ока дозволить за рахунок звуко-капілярного ефекту очистити пори трабекулярної сітки, знизити опір відтоку очної рідини і, як наслідок, знизити внутрішньоочний тиск, що допомагатиме в лікуванні глаукоми – захворюванні, яке залишається основною причиною сліпоти у всьому світі, так само і в Україні [2].

Для розрахунку акустичної схеми ультразвукового скальпеля було використано 1½-хвильовий вібраційний привод поздовжніх переміщень з симетричним п'єзоелектричним перетворювачем (рисунок 1).

Для визначення резонансної частоти ультразвукового скальпеля було проведено скінчено-елементне моделювання перетворювача коливань, який складається з ступінчастого концентратора, матеріалом якого є нержавіюча сталь 12Х18Н9Т, чотирьох п'єзоелектричних кілець з п'єзокераміки АРС–841, частотопонижуючої накладки зі сталі 12Х18Н9Т.

Між усіма деталями перетворювача існує акустичний контакт, що забезпечує проходження ультразвукової хвилі по всій довжині перетворювача і гарантується стисканням всіх деталей у пакет шпилькою та гайкою. В моделюванні шпилька та гайка не бралися до розрахунку. При моделюванні між усіма контактуючими деталями перетворювача завдавався зв'язок, що моделює акустичний контакт.

При моделюванні ультразвукових систем визначаються власні частоти, форми коливань та його тони, розташування вузлів напружень і пучностей, вибору місця кріплення хвилеводу у корпусі, і навіть значення амплітуд коливань робочих поверхонь (у роботі розрахунок амплітуд коливань концентратора не проводився).

Розрахунок складається з частотного аналізу, який дозволяє визначати власні частоти, форми та тони коливань перетворювача. Діапазон частот моделювання склав 42–58 кГц. Типом скінченого елемента для деталей було обрано 4-вузловий тетраedr C3D4.

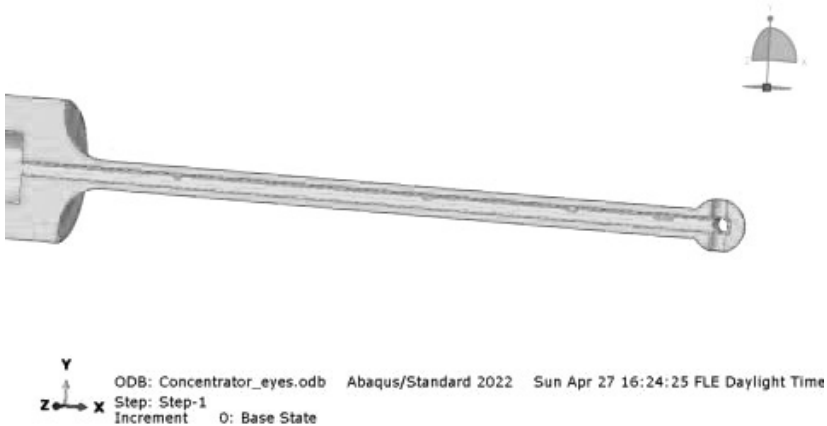


Рисунок 3 – Модель 3D прямої голки ультразвукового скальпеля з кулькою на кінці [2]

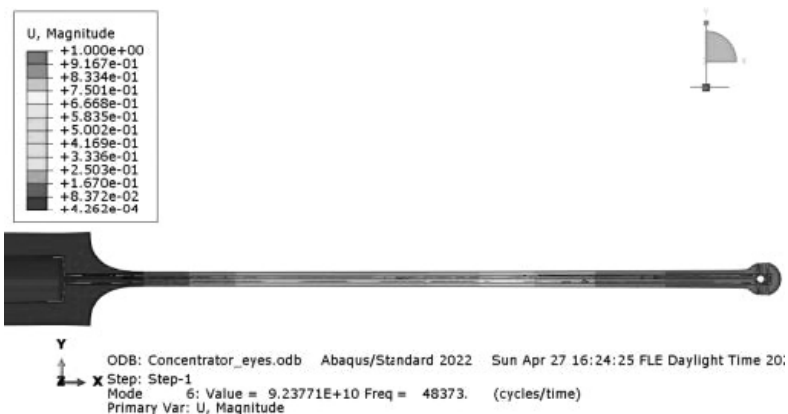


Рисунок 4 – Моделювання збудження ультразвукового скальпеля на резонансній частоті [2]

Представлена математична модель дозволила розрахувати акустичні поздовжні розміри ультразвукового скальпеля офтальмологічного факоемульсифікатора для лікування глаукоми (рисунок 3) та провести моделювання його роботи на резонансній частоті (рисунок 4).

В результаті моделювання отримали резонансну частоту коливань скальпеля 48373 Гц.

На основі розрахунків та моделювання озробили креслення, за якими виготовлено експериментальний зразок голки ультразвукового скальпеля (рисунок 5).

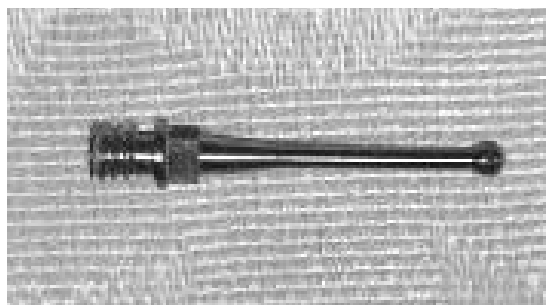


Рисунок 5 – Експериментальний зразок голки ультразвукового скальпеля

Висновки. Проведено розрахунок акустичної схеми скальпеля офтальмологічного факоемульсифікатора для лікування глаукоми на базі $1\frac{1}{2}$ -хвильового вібраційного привода поздовжніх переміщень з симетричним п'єзоелектричним перетворювачем.

На кінці голки ультразвукового скальпеля використовували конструктивний елемент зі сферичною поверхнею та аспіраційними каналами. Для визначення резонансної частоти ультразвукового скальпеля було проведено скінчено-елементне моделювання перетворювача коливань. Розраховано резонансну частоту ультразвукового скальпеля із прямим кінцем склала 48373 Гц.

Виготовлено експериментальний зразок голки ультразвукового скальпеля, який можна використовувати для подальшого дослідження впливу ультразвукової кавітації на внутрішньоочну рідину та структури ока при лікуванні глаукоми.

Список використаних джерел:

1. Yang, Z.; Zhu, L.; Zhang, G.; Ni, C.; Lin, B. Review of ultrasonic vibration-assisted machining in advanced materials. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 156, 103594, 2020. DOI:10.1016/j.ijmachtools.2020.103594.

2. Sharhorodskyi, S.V.; Luhovskyi, O.F.; Lavrinenkov, A.D. Method for Calculating an Ultrasonic Scalpel with a $1\frac{1}{2}$ -Wave Acoustic Scheme and Enhanced Cavitation Surface. *Visnyk NTUU KPI Seriya – Radiotekhnika Radioaparaturbuduvannia*. Iss. 101, pp. 18–27, 2025. DOI: 10.20535/RADAP.2025.101.18–27.