



Рис. 3 Зависимость относительной опорной поверхности для наружной и внутренней частей клинового тела от уровня сечения.

Литература:

1. Благонравов А.А. Бесступенчатые импульсные передачи/А.А. Благонравов.-М.: Машиностроение, 2005.- 366с.
2. Карабань, В.Г. Основные результаты исследования влияния микрорельефа и материалов контактных поверхностей на обеспечение качества включения клиновых механизмов свободного хода / Карабань В.Г., Шипицына А.А. // Сборник научных трудов SWorld. - 2014. - Вып. 4, том 6. - С. 86-89.
3. Карабань, В.Г. Исследование качества поверхности клиновых тел механизмов свободного хода после приработки / Карабань В.Г., Шипицына А.А. // Сборник научных трудов SWorld. - 2014. - Вып. 2, т. 2. - С. 48-52.

ЦИТ: ua217-014

DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-1-014

УДК 534-18

Копитько Ю. С.

ОГЛЯД МОЖЛИВИХ ЗАСТОСУВАНЬ АКУСТИЧНИХ МЕТАМАТЕРІАЛІВ

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут» ім. Ігоря Сікорського,
Київ, проспект Перемоги, 37, 03056*

Kopytko J. S.

AUTOMATION OF THE CALCULATION PROGRAMS

*National technical university of Ukraine "Kyiv polytechnic institute" named after
Igor Sikorskiy,
Kyiv, Peremogy avenue 37, 03056*



Анотація. В даній роботі приведений результат пошуку робіт в іноземних наукових журналах і сформована хронологія розвитку області знань «Акустичні метаматеріали». Зібрані дані про останні дослідження і досягнення в галузі вивчення акустичних метаматеріалів. Коротко наведені перспективи розвитку даної сфери і можливості застосування таких матеріалів.

Ключові слова: метаматеріал, коефіцієнт заломлення, акустичний мета матеріал суперлінза, супероб'єктив.

Abstract. In this paper we show the results of the search for papers in international scientific journals and a chronology of the development of the field of knowledge "acoustic metamaterials" was formed. The data of recent researches and advances in the study of acoustic metamaterials was collected. The prospect for development of this sphere and the possibility of using such materials were given briefly.

Key words: metamaterial, refractive index, acoustic metamaterial, superlens, superobject-glass.

Вступ

Спочатку слід визначити, що таке метаматеріал. В останні роки спостерігається зростаючий інтерес до збірних конструкцій і композитних матеріалів, які або імітують властивості відомого матеріалу або якісно мають нові, які не зустрічаються або не можуть бути легкодоступні в природі [1].

Грецька приставка «мета-» означає вихід за кордон чогось. Таким чином, метаматеріал - це речовина або штучна структура, властивості якої виходять за рамки звичайних уявлень [2].

Перші кроки на шляху до створення метаматеріалів були здійснені ще на початку минулого століття. Поштовхом до розвитку цього питання стала новаторська робота Віктора Веселаго (1967) з електродинаміки ізотропних речовин з одночасно негативними значеннями діелектричної проникності і магнітної проникності.

Наприкінці 1990-х років Джон Пендрі одним з перших почав виготовляти метаматеріали. Він запропонував створити на основі матеріалів з негативним коефіцієнтом відбиття «супероб'єктив», оскільки він, на відміну від лінз звичайних об'єктивів, не схильний до процесу під назвою «дифракція» - простіше кажучи, зображення не розпливається.

У 2004 році Пендрі описав умови, при яких з'являється можливість створення плаща-невидимки і суперлінзи [3].

Метою статті є створення огляду останніх статей та публікацій по темі «акустичні метаматеріали».

Історія вивчення акустичних метаматеріалів

Більш детально розглянемо акустичні метаматеріали. Це штучно створені матеріали, призначені для контролю, направлення та маніпулювання звуковими хвилями, які можуть виникати в газах, рідинах і твердих тілах [4].

Акустичні метаматеріали були розроблені на основі результатів досліджень метаматеріалів. Джон Пендрі створив основні елементи метаматеріалів протягом останньої частини 1990-х років. Його матеріали були



об'єднані, а потім були реалізовані перші матеріали з негативними індексами у 2000 та 2001 роках, які дозволили реалізувати негативне заломлення [5].

Дослідження з використанням акустичних метаматеріалів почалося в 2000 році з виготовлення і демонстрації звукових кристалів в рідині. Слідом за цим - перенесення поведінки спліт-кільцевого резонатора для дослідження акустичних метаматеріалів.

Після цього подвійні негативні параметри (негативні об'ємні модулі і негативні щільності) були отримані цим типом середовища. Тоді група дослідників представила модель і протестувала результати ультразвукової лінзи з метаматеріалу для фокусування 60кГц.

Використання акустичних метаматеріалів дозволяє контролювати напрям звуку через середовище шляхом маніпулювання показником заломлення. Таким чином, традиційні акустичні технології розширюються і можуть, в кінцевому рахунку, дозволити маскувати певні об'єкти акустичного виявлення [4].

Сучасні досягнення в галузі створення і вивчення акустичних метаматеріалів

1) 2013 рік:

Стіна з метаматеріалу, що підсилює звук

Звукові хвилі можуть протиснутися через отвори менше їх довжини хвилі в спеціально виготовленій стіні. Метаматеріали вже були використані, щоб направити світлові хвилі через, здавалося б, непрохідні отвори. Для досягнення такої передачі зі звуком Сем Лі (Південна Корея) і його колеги розтягнули шматки пластикової плівки через крихітні перфорації в тонкій металевій пластині.

Вхідні звукові хвилі обраної частоти резонують з плівкою, звук посилювався всередині отворів на коефіцієнт до 5,7. Дослідники припускають, що такі системи можуть бути використані в чутливих детекторах [6].

2) 2014 рік:

Вчені навчилися «закручувати» акустичні хвилі, для чого використовувалися спеціальні метаматеріали

Група дослідників, до групи яких входили вчені з Китаю і Америки, створила універсальний звуковий пристрій, яке назвали ротатором акустичного поля. Вчені стверджують, що «їх ротатор звукового поля також можна вважати звуковим плащем невидимкою, бо він може змушувати акустичні хвилі огинати об'єкти і приховувати їх, наприклад, від акустичного зондування» [7].

3) 2015 рік:

Негативний показник заломлення і акустична суперлінза завдяки багаторазовому розсіюванню в окремих негативних метаматеріалах

Продемонстровано роботу акустичної суперлінзи з негативним індексом, створену на основі резонаторів Гельмгольца. Така суперлінза дозволяє реалізувати візуалізації з шириною плями і розрішенням кращими, ніж дифракційна межа. Це розширює сферу можливостей для проектування композитних середовищ з новими властивостями набагато простішим способом, ніж це було можливо до цих пір [6].

Широкосмуговий акустичний гіперболічний метаматеріал



Дослідники розробили метаматеріал з паперу та алюмінію, який здатний збільшувати розрішення акустичного зображення, фокусувати акустичні хвилі і контролювати кути, під якими поширюється звук.

Структурний дизайн розробленого матеріалу дозволяє класифікувати його як «гіперболічний» метаматеріал. Це означає, що він взаємодіє з акустичними хвилями двома різними способами. В одному напрямку метаматеріал взаємодіє з акустичними хвилями звичайним чином - так само, як повітря. Однак в перпендикулярному напрямку він в аспекті взаємодії зі звуком демонструє негативну щільність. Це змушує акустичні хвилі відхилятися під кутами, які протилежні передбачуваним базової фізикою [8].

Запропонований метаматеріал може знайти застосування в медичній візуалізації і пристроях неруйнівного контролю [9].

4) 2016 рік:

Акустична панель з метаматеріалу поглинає низькочастотний звук

Дуже тонка структура, виготовлена з може повністю поглинути дуже низькі частоти звуку для майже кожного кута падіння, і вона багато в чому перевершує традиційні акустичні моделі, використовувані для даних цілей.

Структура групи дозволяє зменшити розміри і масу акустичних систем для поглинання акустичної енергії на дуже низьких частотах [10], [11].

Висновки

З вищенаведеної інформації випливає, що ідея застосування метаматеріалів в акустиці нова (в порівнянні з ідеєю їх застосування в оптиці, наприклад). Активний розвиток цієї сфери спостерігається з 2010-х років. Багато ідей, що вже реалізовані в оптиці, поки не були адаптовані для акустики, а багато праць ще не знайшли собі застосування.

Використання акустичних метаматеріалів може зіграти важливу роль в удосконаленні апаратів ультразвукової медичної діагностики. Іншою сферою застосування може стати маскування підводних об'єктів від ехолокаторів, а використання фокусуючих звукових лінз на основі метаматеріалів може стати простим способом посилення звуку, що приходить від джерела в деяку область, наприклад, в приладах для діагностики слуху людини.

Дана область акустики є перспективною, через те, що такі реалізації можуть дозволити зменшити габарити обладнання або ж створити абсолютно новий пристрій з новими функціями.

Література:

1. Engheta N. Metamaterials: Physics and Engineering Explorations / N. Engheta, R. Ziolkowski., 2006. – 440 с.
2. Возианова А. В. Нанопотоника. Часть 1 / А. В. Возианова, М. К. Ходзицкий. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 94 с.
3. John Pendry : [Електронний ресурс] // Вікіпедія – вільна енциклопедія. – Режим доступу : https://en.wikipedia.org/wiki/John_Pendry
4. Metamaterial brings sound into focus [Електронний ресурс]// Режим доступу : <https://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.102.194301>. doi:10.1103/PhysRevLett.102.194301.



5. Boardman A. Pioneers in metamaterials: John Pendry and Victor Veselago / A. Boardman // Journal of optics. – 2011. – №2. – P.1-6. doi : 10.1088/2040-8978/13/2/020401

6. Negative refractive index and acoustic superlens from multiple scattering in single negative metamaterials / Nadège Kaina, Fabrice Lemoult, Mathias Fink et al. // Nature – 2015. – №7567. – p.77-81. doi : 10.1038/nature14678

7. Учёные научились «закручивать» акустические волны, для которых использовались специальные метаматериалы: [Электронный ресурс] // Scientific World - научно-информационный журнал. - Режим доступа : <http://sci-world.ru/technics/3051-uchenye-nauchilis-zakruchivat-akusticheskie-volny-dlya-kotoryh-ispolzovalis-specialnye-metamaterialy.html>

8. New Metamaterial Manipulates Sound to Improve Acoustic Imaging : [Электронный ресурс] // NC STATE NEWS. - Режим доступа : <https://news.ncsu.edu/2015/12/jing-hm-acoustic-2015/>. doi : 10.1103/PhysRevLett.115.254301

9. Broadband Acoustic Hyperbolic Metamaterial / Chen Shen, Yangbo Xie, Ni Sui et al. // Physical Review Letters – 2015. – №25. – p.1-5. doi : 10.1103/PhysRevLett.115.254301

10. Ultra-thin metamaterial for perfect and omnidirectional sound absorption / Noé Jiménez, Weichun Huang, Vicent Romero-García et al. // Applied Physics Letters – 2016 - №12. - pp 121902. doi : 10.1063/1.4962328

11. Acoustic metamaterial panel absorbs low-frequency sound : [Электронный ресурс] // PHYSORG. - Режим доступа : <https://phys.org/news/2016-09-acoustic-metamaterial-panel-absorbs-low-frequency.html#jCp>

Стаття відправлена: 22.05.2017 г.

© Копитько Ю. С.

ЦИТ: ua217-034

DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-1-034

УДК 534.75

Дамарад А.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ СРЕДНЕГО УХА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ СВЯЗАННЫХ КОНТУРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ АКУСТИЧЕСКОЙ МНОГО ЧАСТОТНОЙ ИМПЕДАНСОМЕТРИИ

*Киевский политехнический институт им. И. Сикорского,
г. Киев, просп. Победы 37, 03056*

Damarad A.V.

USE OF THE HUMAN MIDDLE EAR MODEL ON THE BASIS OF RELATED CONTOURS FOR PROCESSING THE RESULTS OF ACOUSTIC MULTI-FREQUENCY IMPEDANCESOMETRY

*NTUU «Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute»,
Kiev, ave. Peremohy 37, 03056*

Аннотация. В работе рассматривается метод диагностики слуха человека на основе многочастной импедансометрии среднего уха человека.