

ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ КАНАЛА СБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

М. А. ВАСИЛЬЕВ, Р. Р. МУЛЛАЯНОВ, А. С. КРУЖКОВ

mgxfrost@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В рамках данной работы ставилась задача разработка конструкции и подбора материала экспериментального корпуса для генератора акустических колебаний, удовлетворяющего поставленным требованиям. Стандартный корпус предназначен для решения задач иного рода. Для минимизации помех требуется подобрать форму корпуса с минимальным количеством замкнутых полостей. Также требуется подобрать материал наиболее близко подходящий по своим характеристикам к кортикальной кости. В результате был выбран открытый корпус, в котором благодаря отсутствию полостей минимизируется влияние резонансных частот, а также пластик PETG, который из большинства доступных пластиков наиболее близко подходит по своим характеристикам к кости.

Ключевые слова: кортикальная кость; акустические колебания; пластик; PETG; ABS; PLA; SBS; 3д-печать; корпус.

ВВЕДЕНИЕ

Проведенные ранее исследования [1,2] в составе коллектива показали необходимость разработки конструктива генератора акустических колебаний, используемого в составе измерительного канала. Для организации надежного канала передачи данных требуется свести к минимуму искажение таких колебаний. Одними из основных мест возможных помех являются места генерации и съема колебаний. На искажение данных может влиять как форма, так и материал корпуса устройств генерации и съема колебаний. В настоящее время благодаря доступности и относительной дешевизне популярности приобрели 3д-принтеры. Благодаря большому выбору различного сырья для производства, а также возможности моделирования и создания изделий практически любой формы было решено изготовить экспериментальный корпус с использованием аддитивных технологий.

Задачи:

1. Формулирование требований к экспериментальному корпусу для сведения искажений акустических колебаний к минимуму
2. Подбор конструкции и материала экспериментального корпуса, удовлетворяющего требованиям.

Требования заключаются в максимальном соответствии биомеханическим параметрам.

Чтобы минимизировать искажение акустических колебаний корпусом, в качестве материала требуется подобрать пластик, наиболее близко подходящий по своим свойствам к кортикальной кости. Возьмем самые распространенные и доступные для печати виды пластиков: PLA, ABS, PETG и SBS.

PLA (Полилактид) – биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота. Сырьем для производства служат ежегодно возобновляемые ресурсы, такие как кукуруза и сахарный тростник. Является относительно прочным и плотным пластиком с недолгим сроком службы.

Таблица 1

Сравнение физических характеристик пластиков и кортикальной кости

	PLA	ABS	PETG	SBS	Кортикальная кость
Относительное удлинение при разрыве, %	3,8	6	50	250	3
Прочность на изгиб, МПа	55,3	41	76,1	36	60
Прочность на разрыв, МПа	57,8	22	50-56	34	130
Модуль упругости при растяжении, ГПа	3,3	1,6	2,6	1,35	12
Модуль упругости при изгибе, ГПа	2,3	2,1	2,05	1,45	13,4
Плотность, г/см ³	1,23-1,25	1,1	1,3	1,01	1,9-1,98

ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) – ударопрочный материал, относящийся к инженерным пластикам. Обладает более высокой стойкостью к ударным нагрузкам по сравнению с полистиролом общего назначения, ударопрочным полистиролом и другими сополимерами стирола. Превосходит их по механической прочности и жесткости. Износостоек. Выдерживает кратковременный нагрев до 90-100 °С.

PETG (Полиэтилентерефталат-гликоль) – модифицированная версия PET, пластичной смолы. Имеет высокую жесткость и твердость. Стоек к разбавленным кислотам и щелочам, растворам солей, мылам, маслам, спиртам, алифатическим углеводородам.

SBS – нетоксичный, относительно менее прочный и твердый, но значительно более пластичный.

Приведем сравнительную таблицу физических характеристик вышеперечисленных пластиков и сравним их с характеристиками кортикальной кости. [3, 4, 5]

На растяжение компактное вещество кости выдерживает нагрузку 98-117.6 МПа, а на сжатие – 117.6-157 МПа. Оссеин кости выдерживает нагрузку на растяжение 14.7 МПа, на сжатие – 24.5 МПа. [6]

Требуется выбрать пластик, наиболее близко подходящий к кости по своим свойствам, чтобы свести к минимуму искажение акустических колебаний. Среди всех представленных выше пластиков был выбран PETG, так как у него самый близкий к кости один из главных параметров – плотность материала.

Теперь рассчитаем коэффициент прониновения акустических колебаний β среды пластика к кости. Как показал один из создателей теоретической физики Релей,

$$\beta = 4 \frac{\left(\frac{c_1 \rho_1}{c_2 \rho_2}\right)}{\left(\frac{c_1 \rho_1}{c_2 \rho_2} + 1\right)^2} [7]$$

Подставим в формулу значения:

$c_1 = 2350$ $\rho_1 = 1.3$, что соответствует пластику PETG

$c_2 = 3500$ $\rho_2 = 1.9$, что соответствует кортикальной кости.

$$\beta = 4 \frac{\left(\frac{2350 \cdot 1.3}{3500 \cdot 1.9}\right)}{\left(\frac{2350 \cdot 1.3}{3500 \cdot 1.9} + 1\right)^2} \approx 0.863$$

Полученное значение коэффициента преломления говорит о том, что большая часть акустических колебаний передается без потерь.

В качестве основного конструктивного решения был выбран замкнутый корпус с полостями, представляющими собой посадочные места для устройства воспроизведения колебаний и измерительного микрофона (рис. 1).

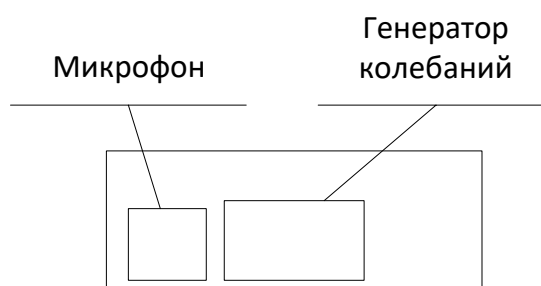


Рис. 1. Экспериментальный корпус

По результатам исследований, выяснилось, что такая конструкция приводит к возникновению дополнительных резонансных частот и гармоник и значительному изменению спектра сигнала. В результате, предложена конструкция, состоящая из контактной пластины со свободно закрепленными микрофонами и жестко закрепленным вибратором (рис. 2). Такая конструкция минимизирует влияние резонансных частот, а также требует меньше материала для изготовления.

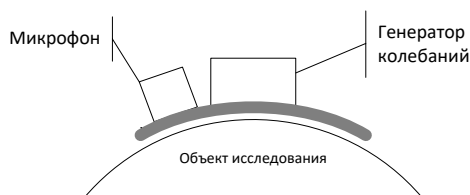


Рис. 2. Открытая конструкция корпуса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был подобран пластик для производства экспериментального корпуса для генератора акустических колебаний. Среди четырех рассматриваемых пластиков был выбран материал PETG, так как по большинству физических параметров, а также одному из самых главных – плотности, он ближе всего подходит к кортикальной кости.

Далее были рассмотрены два варианта экспериментального корпуса генератора акустических колебаний – закрытый и открытый. По результатам исследований было выявлено, что закрытая конструкция из-за внутренних пустот приводит к возникновению дополнительных резонансных частот и гармоник и значительному изменению спектра сигнала. Поэтому был выбран открытый вариант, который минимизирует влияние помех.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муллаянов Р.Р., Васильев М.А., Кружков А.С. Особенности реализации модуля сбора и передачи данных на основе микроконтроллера STM32 // XXXI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Биомедсистемы-2018», (4-6 декабря, 2018) Рязань: РГТУ, 2018. – С. 329-332. [R.R. Mullayanov, M.A. Vasiliev, A.S. Kruzhkov, Features of realization of a module for collecting and transferring of biomechanical data based on a STM32 microcontroller" in Proc. 31th All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Young

Scientists and Specialists of Biomedical Systems-2018, 2018, pp. 329-332]

2. Васильев М. А., Муллаянов Р. Р. Разработка объектных моделей подсистемы сбора данных на основе микроконтроллера // Мавлютовские чтения: материалы XIII Всероссийской молодежной конференции: в 6 т. Уфа: РИК УГАТУ, 2019. – Том 4. Часть 2. – С. 70-73. [M.A. Vasiliev, R.R. Mullayanov, "Development of object models of a data acquisition subsystem based on a microcontroller" in Proc. 13th All-Russian Youth Conference, 2018, vol. 4, part 2, pp. 70-73]

3. Подробный гид по выбору пластика для 3D-печати [Электронный ресурс]. URL: <https://top3dshop.ru/blog/podrobnyj-gid-po-vyboru-plastika-dlja-3d-pechati.html> (дата обращения 25.01.2020). [(2020, Jan. 25) A detailed guide for choosing plastic for 3D printing [Online] Available: <https://top3dshop.ru/blog/podrobnyj-gid-po-vyboru-plastika-dlja-3d-pechati.html>]

4. Сравнительная таблица основных физических характеристик листовых пластиков общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.signbusiness.ru/material/plastik/sravnitel'naya-tablitsa-osnovnyh-fizicheskikh-harakteristik-listovyh-plastikov-obschego.php> (дата обращения 25.01.2020). [(2020, Jan. 25) Comparison table of the main physical characteristics of general purpose plastic sheets [Online] Available: <http://www.signbusiness.ru/material/plastik/sravnitel'naya-tablitsa-osnovnyh-fizicheskikh-harakteristik-listovyh-plastikov-obschego.php>]

5. Березовский В.А., Колотилов Н.Н., Биофизические характеристики тканей человека. К.: Наукова думка, 1990. 224 с. [V.A. Berezovsky, N.N. Kolotilov, Biophysical characteristics of human tissues, (in Russian). Kiev: Naukova Dumka, 1990.]

6. Лайуни Рида бен Шедли. К вопросу о механических свойствах костной ткани // Физическое воспитание студентов – 2009. С. 54-56 [Lyuni Reed bin Shedley. On the mechanical properties of bone tissue // Physical Education of Students – 2009. P. 54-56]

7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теоретическая физика. Гидродинамика. 3-е изд., испр. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 736 с. [L.D. Landau, E.M. Lifshits, Theoretical physics. Hydrodynamics. 3rd edition, (in Russian). Moscow: The main publishing house of physical and mathematical literature, 1986.]

ОБ АВТОРАХ

ВАСИЛЬЕВ Матвей Андреевич, магистрант 1-го курса факультета ИРТ.

МУЛЛАЯНОВ Руслан Рустемович, магистрант 2-го курса факультета ИРТ.

КРУЖКОВ Александр Сергеевич, аспирант факультета ИРТ.

METADATA

Title: Selection of components and organization of the channel of measuring information of the biomechanical character.

Authors: M. A. Vasilev, R. R. Mullayanov, A. S. Kruzhkov

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: mgxfrost@gmail.com

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (23), pp. 12-15, 2020. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: In the framework of this work, the task was to develop the design and selection of the material of the experimental case for an acoustic oscillator that meets the set requirements. The standard case is designed to solve problems of a different kind. To minimize interference, it is necessary to choose the shape of the case with a minimum number of closed cavities. It is also required to select the material that is closest in its characteristics to the cortical bone. As a result, an open case was chosen in which, due to the absence of cavities, the influence of resonant frequencies is minimized, as well as PETG plastic, which of most available plastics most closely matches bone characteristics.

Key words: cortical bone, acoustic vibrations, plastic, PETG, ABS, PLA, SBS, 3D printing, body.

About authors:

VASILEV Matvey Andreyevich, 1st year undergraduate of the faculty of IRT

MULLAYANOV Ruslan Rustemovich, 2-year undergraduate of the faculty of IRT

KRUZHKOVA Alexander Sergeevich, graduate student of the faculty of IRT