

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин окулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.1, Ч.3 - С. 83 – 86

## О ПАРАМЕТРАХ СИГНАЛОВ СЛУХОВЫХ ЭЛЕКТРОННО - АКУСТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ (АППАРАТОВ)

*Болатұлы Н.,  
Толегенова А.С.*

Слуховой аппарат (далее СА) представляет собой электронный аналоговый или цифровой прибор, который предназначен для усиления звуков, поступающих извне. Прибор применяют по медицинским показаниям при различных видах слуховых нарушений, его подбирает врач индивидуально на основании результатов диагностики [1].

Общую классификацию СА можно увидеть на рисунке 1 [2].

Классификация СА				
<i>Внешний вид</i>	<i>Схемное решение</i>	<i>Настройка</i>	<i>Усиление</i>	<i>Звукопроводения</i>
Заушные СА 	Аналоговые (линейные)	Непрограммируемая	Линейный	Костная проводимость
Внутришные СА 	Программируемое	Программируемая	Нелинейный	Воздушная проводимость
Карманные СА 	Цифровые			
Очковый СА 				

Рисунок 1. Классификация СА

Кроме перечисленных (рисунок 1) СА по конструкции бывают в виде кохлеарного имплантата и в виде оголовья, а по установке в ухо пациента СИС, ИТС, ИТЕ, RIC/RITE, ВТЕ [3].

В состав аналогового СА входит только телефон, электронный усилитель и микрофон. В данном случае звуковые колебания в первую очередь передаются на микрофон, далее преобразуются в усилителе, а телефон подает к уху больного усиленный звук [4].

Цифровой СА - это значительно более сложное устройство, в нем нет усилителя, зато имеется схема, которая состоит из трех частей: АЦП, процессор, ЦАП. Оцифрованный сигнал от АЦП поступает в процессор (где усиливается и идет подстройка параметров звука), ЦАП возвращает в ухо больного переработанный и скорректированный звук [1].

На рисунке 2 дана сравнительная оценка СА по основным показателям (возможностям) [4]:

Основные показатели	Слуховые аппараты		
	Аналоговые (линейные)	Программируемые	Цифровые
Усиление сигнала	+	+	-
Возможность изменения сигнала после усиления	+	+	-
Настройка с помощью регуляторов	+	+	-
Относительная массивность	+	+	-
Настройка с помощью специальной программы	-	+	+
Автоматическая настройка от ситуации	-	-	+
Доступность	+	-/+	-/+
Простая конструкция	+	+	-
Подверженность к поломкам	-	-/+	-
Снижение удельного веса	+	+	+

Рисунок 2. Сравнительная оценка СА по основным показателям

Для полного понимания, как мы слышим, необходимо разобраться в том, как работают слуховые органы человека и в том, что из себя представляют звуки (акустические сигналы). Звуки (акустические сигналы делятся на 3 группы: чистые тоны; сложные звуки), которые нас окружают являются колебанием воздуха продольного вида и характеризуются двумя основными параметрами (не зависящими друг от друга): амплитудой (громкостью) и частотой (высотой). Исследования в данной области показали, что человеческое ухо обладает способностью воспринимать звуки (акустические сигналы) с НГ (нижней границей) частот (16 - 20 Гц), и ВГ (верхней границей) частот (15 - 20 кГц) [5].

Терминология разделения звука (слышимого спектра частот) пришла к нам частично из музыкального, а также частично из научного миров. В общем, терминология разделения знакома практически каждому. Самое простое и понятное деление, которое может испытать частотный диапазон звука в общем виде выглядит следующим образом (рисунок 3) [6]:

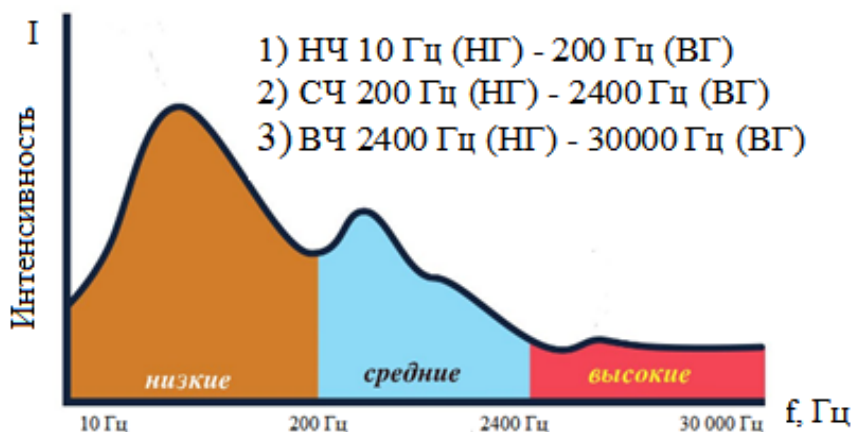


Рисунок 3. Слышимый частотный диапазон звука

Для оценки параметров звуковых (акустических) устройств применяются взвешенные и невзвешенные параметры звука. Субъективная оценка звука усложняется, и в следствии нелинейной частотной характеристики человеческого слуха, которая приводит к тому, что некоторые частоты кажутся «громче» других, несмотря на то, что их звуковое давление одинаковы. Для устранения такого характера проблемы применяется частотное взвешивание, в результате которого получаются кривые равной громкости. На практике применяется международный стандарт ISO 226:2003 с усредненными кривыми [7].

В 1933 г. установили (Флетчер и Мансон), что ухо человека обладает наибольшей чувствительностью в области 1 кГц, а минимальное звуковое давление на этой частоте, которое способно воспринять среднестатистическое здоровое ухо, ровно 20 мкПа. Эта величина и была принята за нулевую точку отсчета уровня звукового давления, которое для удобства стали измерять в дБ [4].

Ниже приведена информация для примерного представления об уровне сигнала или шума, которые встречаются в повседневной жизни (рисунок 4) [8].

Уровень, дБ	Характеристика	Источник звука	Уровень, дБ	Характеристика	Источник звука
10	Порог восприятия	Спокойное дыхание человека на расстоянии 1 м	80	Очень шумно	Товарный поезд на расстоянии 15 м
20	Тихо	Тихий шелест листьев	90	Очень шумно	Винтовой самолет на высоте 300 м
30	Тихо	Тихая спальня	100	Крайне шумно	Отбойный молоток на расстоянии 1 м
40	Слышно	Разговор в пол голоса (библиотека)	110	Крайне шумно	Автомобильный рожок на расстоянии 1 м
50	Отчетливо слышно	Разговор	120	Почти невыносимо	Громкий рок - концерт
60	Шумно	Обычный разговор, торговая контора	130	Болевой порог	Сирена, самолет на старте
70	Шумно	Шумная улица, пылесос, крик, смех	140	Болевой порог	Двигатель реактивного самолета на расстоянии 50 м

Рисунок 4. Информация для примерного представления об уровне сигнала или шума

Стандартом СТ РК 2020-2010 «Аппараты слуховые электронные реабилитационные. Общие технические условия», а также в межгосударственных, международных нормативных документах и рекомендациях в данной области установлены основные определения, термины, характеристики, а также параметры аналоговых электронных СА. Согласно данным документам кратко приведем основные параметры, это - частотная характеристика, акустическое усиление, потребляемый ток, уровень собственных шумов, коэффициент гармоник, чувствительность, коэффициент компрессии и т.д. [9].

Основная проблема в области разработки СА - это наличие акустической обратной связи. Она вызывает высокочастотный писк или свист, что ограничивает максимальный коэффициент усиления сигнала СА. По словам старшего инженера - электроакустика ведущей компании в области разработки слухопротезирования Knowles Corp., (США, г. Итаска, штат Иллиной) «Обратная связь обычно возникает, когда в микрофон СА случайно попадают звуки или вибрации, направляемые самим СА в ушной канал. Эти звуки попадают на вход усилителя, создавая нежелательные пульсации». При разработке СА инженерам приходится находить компромисс между двумя основными взаимоисключающими требованиями. Аппарат должен быть компактным и не создавать неудобств владельцу, но при этом обладать высокой

выходной звуковой мощностью, чтобы компенсировать потерю слуха. Пациентам гораздо больше нравятся миниатюрные и легкие аппараты. Это еще более усложняет задачу подавления обратной связи. Общей проблемой при конструировании СА - это размещение всех элементов конструкции в наименьшем возможном объеме так, чтобы при этом не возникла обратная связь [10].

### Список литературы

1. Официальный сайт компании «МастерСлух». Режим доступа: <https://mastersluh.ru/>. Дата обращения: 28.12.2020.
2. Медицинский центр «АудиоМед». Режим доступа: <https://www.audiomed.ru/>. Дата обращения: 29.12.2020.
3. Слуховой аппарат. Материал из Википедии - свободной энциклопедии. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D1%83%D1%85%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D1%83%D1%85%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82). Дата обращения: 06.01.2021.
4. Официальный сайт компании «Центр слухопротезирования РЕНЕС». Режим доступа: <http://www.renescenter.ru/renes.htm>. Дата обращения: 04.01.2021.
5. Полезная информация о слухе. Режим доступа: <http://surdocenter.com/poleznaya-informatsiya/o-sluhe/kak-my-slyshim-2/>. Дата обращения: 08.01.2021.
6. Слышимый частотный диапазон звука и терминология условного деления. Режим доступа: <http://nopoint.ru/slyshimyj-chastotnyj-diapazon-zvuka-i-terminologiya-uslovnogo-deleniya/>. Дата обращения: 15.01.2021.
7. ISO 226:2003 Акустика. Нормальные кривые равной громкости. Режим доступа: [https://gost-snip.su/document/akustika\\_normalnie\\_krivie\\_ravnoy\\_gromkosti](https://gost-snip.su/document/akustika_normalnie_krivie_ravnoy_gromkosti). Дата обращения: 30.01.2021.
8. Энциклопедия электронных компонентов. Том 2. Тиристоры, аналоговые и цифровые микросхемы, ЖК – дисплеи, аудиокомпоненты: Пер. с англ./ Ч. Платт, Ф. Янссон. – СПб.: БХВ - Петербург, 2016. - 368 с.
9. СТ РК 2020-2010. Аппараты слуховые электронные реабилитационные. Общие технические условия. Режим доступа: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31594761#pos=1;-16](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31594761#pos=1;-16). Дата обращения: 30.01.2021.
10. Gary Dagastine. At the forefront development of hearing aid // COMSOL NEWS, KNOWLES, USA. 2017. - p. 30 - 32.