

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040542**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.06.20

(21) Номер заявки
201800604

(22) Дата подачи заявки
2018.11.19

(51) Int. Cl. **A61F 11/00** (2006.01)
H04R 25/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ НЕЙРОСЕНСОРНОЙ СЛУХОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(43) **2020.05.29**

(96) **2018000144 (RU) 2018.11.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КНЮДДЕ ДАРЬЯ ГЕННАДЬЕВНА
(RU)**

(72) Изобретатель:
**Кнюдде Дарья Геннадьевна, Кнюдде
Сергей Геннадьевич (RU)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) RU-C1-2101770
RU-C1-2618164
RU-C1-2102956
US-A1-20140336449
EP-A1-1655054

(57) Изобретение относится к способам и средствам нейросенсорной звуковой стимуляции. Технический результат заключается в подборе индивидуального алгоритма воздействия на среднее ухо и вестибулярный аппарат фильтрованным акустическим сигналом с вариативными настройками его амплитудно-частотных характеристик и подобранных дополнительных настроек. При реализации способа проводят диагностику уровня нарушения слуха, определяют пороговый уровень костной проводимости в частотном диапазоне 250-4000 Гц и диапазоне интенсивности до 80 дБ и воздушной проводимости в частотном диапазоне 125-6000 Гц и диапазоне интенсивности до 120 дБ, после чего проводят стимуляцию, включающую по меньшей мере два периода воздействия в течение не менее 30 мин. В первом периоде на костную проводимость воздействуют акустическим сигналом со спектральными характеристиками, настраиваемыми тембрами верхних и нижних частот, и при достижении заданного уровня через заданную временную задержку воздействуют этим сигналом на воздушную проводимость. Во втором периоде спектральные характеристики сигнала дополнительно ограничивают цифровым фильтром с заданными амплитудно-частотными характеристиками и временным алгоритмом его применения, при этом уровень тембра и время задержки воздействия на костную и воздушную проводимости устанавливают заново. Повторно определяют уровень нарушения слуха, пороговый уровень костной и воздушной проводимости в тех же диапазонах интенсивности и затем принимают решение о дополнительном курсе стимуляции. Устройство для осуществления способа нейросенсорной слуховой стимуляции содержит установленные в одном корпусе источник звукового сигнала, выход которого соединен с управляемым программным алгоритмом процессором, осуществляющим формирование двух параллельных звуковых потоков, один из которых предназначен для костной среды, другой - для воздушной, при этом каждый из указанных потоков имеет два канала цифровых фильтров, выходы которых соединены с входом цифро-аналогового преобразователя, имеющего амплитудно-частотные характеристики и включаемого по заданному временному алгоритму, и монитора, вход цифровых фильтров соединен с микроконтроллером, подключенным к панели управления, а вход-выход - с накопителем, при этом выходы цифро-аналогового преобразователя соединены с воздушным звукоизлучателем и через усилитель - с костным звукоизлучателем, цифровые фильтры имеют независимые тембральные настройки, при этом в зависимости от относительной громкости звука и заданного порога переключения каналы цифровых фильтров в каждом звуковом потоке предназначены для извлечения воспроизводимого звукового сигнала, причем один из каналов служит для извлечения звукового сигнала, громкость которого ниже заданного порога, другой - если громкость звукового сигнала выше порогового значения.

B1**040542****040542****B1**

Изобретение относится к обработке акустических сигналов, используемых в способах и средствах, предназначенных для коррекции слуха и речи, основанных на принципе сенсорной звуковой стимуляции взрослых и детей.

Известен способ обучения языкам, согласно которому формируют на основе изречения обучаемого на языке, подлежащем изучению, первый сигнал, содержащий указанное изречение, производят обработку полученного сигнала, прикладывают обработанные сигналы к голове и ушам обучаемого (патент на изобретение № 2101770, опубл. 10.01.1998) На этапе обработки сигнала формируют второй сигнал на основе первого сигнала, причем второй сигнал изменяют по отношению к первому сигналу в зависимости от полосы пропускания и огибающей речевого сигнала, соответствующего языку, подлежащему изучению, формируют третий сигнал на основе первого сигнала, причем указанный третий сигнал изменяют по отношению к первому сигналу в зависимости от частотного спектра изречения и характеристик изучаемого языка - полосы пропускания и огибающей речевого сигнала, производят избирательную подачу к обучаемому второго или третьего сигнала в зависимости от того, является ли амплитуда первого сигнала соответственно выше или ниже заданного порогового значения.

После того как изречение произнесено, обучаемый в ответ избирательно принимает или первое звуковое сообщение, которое соответствует его собственному изречению, модифицированному согласно заранее определенным параметрам изучаемого языка, в частности частотам этого языка, или второе корректирующее звуковое сообщение, которое соответствует его собственному изречению, но которое модифицировано в данном случае согласно коэффициенту гармоник самого изречения и характеристикам изучаемого языка.

Эти два звуковых сообщения передаются человеку через среду его собственной костной структуры и через воздушную среду.

Для осуществления заявляемого способа предложено устройство, которое содержит микрофон, для приема изречения человека на изучаемом языке и создания первого сигнала; первую обрабатывающую схему первого сигнала для создания второго сигнала, модифицированного относительно первого сигнала согласно огибающей кривой, полученной из предварительно выбранных полос пропускания изучаемого языка, вторую обрабатывающую схему для первого сигнала, которая создает третий сигнал, модифицированный в связи с первым сигналом согласно частотному спектру изречения и согласно характеристикам языка; средство для избирательной подачи второго или третьего сигнала обучаемому в зависимости от того, ниже или выше амплитуда первого сигнала заданного порога. Кроме того, устройство содержит средство управления в виде кнопок и ручек регулировки, костный звуковой вибратор, расположенный на коже человека, предпочтительно на голове, наушники.

Акустический сигнал обрабатывается двумя схемами обработки мультичастотными эквалайзерами, которые управляются с помощью управляемых параметров, в частности с применением последовательных фильтров, настраиваемых на различные частоты с целью получения огибающей кривой, представляющей изучаемый язык, и получения огибающей кривой, соответствующей реальному изречению обучаемого.

Известный способ основан на контрасте, создаваемом между голосовым выходным сигналом и ответным звуковым сигналом, который соответствует этому звуковому выходному сигналу.

Для коррекции нарушения слуха и речи человека необходимо различное звуковое воздействие на разные отделы внутреннего уха, т.е. воздействие акустическим сигналом с разными амплитудно-частотными характеристиками (далее АЧХ). При этом эффективно использовать внезапные переходы от низких частот к высоким частотам для создания уникального звукового контраста. Для этого акустический сигнал формируется особым набором частотных настроек. Известное устройство не обеспечивает систему настроек и формирование акустического сигнала, способного обеспечить необходимое воздействие на мышцы внутреннего уха и, следовательно, эффективную коррекцию нарушения слуха и речи.

Известен способ лечения сенсорных нарушений слуха, сопровождающихся ухудшением восприятия речи, обеспечивающий ускорение лечения сенсорных нарушений слуха за счет дополнительного акустического воздействия при одновременной электротактильной стимуляции языка (патент РФ № 2618164, опубл. 29.04.2016). Способ заключается в том, что пациенту после улучшающих операций на ухе, на этапе реабилитации, проводится слуховая тренировка одновременно с электротактильной стимуляцией языка. Слуховая тренировка представляет собой прослушивание аудиосигнала на фоне помехи. Прослушивание осуществляются через наушники 2-канального клинического аудиометра. Электротактильная стимуляция языка производится с помощью внутриротного дисплея аппарата для вестибулярной реабилитации. Аудиосигналом является фрагмент речи, который заранее начитывается диктором и после цифровой обработки посредством программного обеспечения персонального компьютера записывается для дальнейшего воспроизведения. Модифицированный аудиоматериал по частотно-спектральным или другим параметрам используется как полезный сигнал (например, фонетический фрагмент из односложных слов) и как речевая помеха. Полезный аудиосигнал и помеха направляются по двум разным каналам аудиометра в один наушник для возможности их ипсилатерального и одновременного предъявления. Регулировка уровня входящего аудиосигнала по каждому из каналов осуществляется одновременно. Аудиосигнал, как и речевая помеха, подается на уровне 20 дБ над порогом восприятия речи, который определя-

ется заранее на этапе обследования. Перед процедурой пациент инструктируется о необходимости максимальной концентрации для понимания услышанной информации. После определения начального уровня подаваемых сигналов осуществляется регулировка уровня как полезного, так и помехи независимо друг от друга. Недостатком способа является то, что в способе используется непосредственное воздействие на язык пациента, основанное на ощущениях, которые могут быть не комфортны, а также дополнительное напряжение при обязательной значительной концентрации с целью понимания смысла прослушиваемой речи.

Задачей настоящего изобретения является создание высокоэффективного способа нейросенсорной слуховой стимуляции, основанного на слуховых тренировках при помощи фильтрованного акустического сигнала материнского голоса и музыки Моцарта, как для взрослых, так и для детей. Прослушивание фильтрованного акустического сигнала воздействует на слуховой проход и вызывает переменное сокращение и расслабление мышц стремянки и молоточка среднего уха, воздействует на вестибулярный аппарат, улучшая как мелкую, так и крупную моторику, а также улучшает восприятие обращенной речи и физического слуха. Устройство для осуществления способа записывает материнский голос через микрофон и генерирует фильтрованный акустический сигнал через наушники и костный звуковой вибратор.

Технический результат заключается в разработке индивидуального алгоритма слуховых тренировок посредством воздействия на среднее ухо и вестибулярный аппарат человека фильтрованным акустическим сигналом с обеспечением вариативных настроек его амплитудно-частотных характеристик и применение подобранного к сформированному сигналу дополнительных настроек с индивидуальным временным алгоритмом воздействия в зависимости от требуемого уровня коррекции слуха.

Технический результат в способе нейросенсорной слуховой стимуляции достигается тем, что осуществляется диагностика уровня нарушения слуха. Определяется пороговый уровень костной и воздушной звукопроводимости: костной проводимости в частотном диапазоне 250-4000 Гц и в диапазоне интенсивности до 80 дБ; воздушной проводимости в частотном диапазоне 125-6000 Гц и в диапазоне интенсивности до 120 дБ.

На основании полученных результатов составляют программу нейросенсорной слуховой стимуляции, включающую в себя по меньшей мере два периода воздействия на воздушную и костную проводимость акустическими сигналами с разными спектральными характеристиками в течение не менее 30 мин. Между периодами устанавливают паузы отдыха. В первом периоде нейросенсорную слуховую стимуляцию осуществляют воздействием на костную проводимость акустическим сигналом, спектральные характеристики которого обеспечиваются настройками тембров верхних и нижних частот, причем при достижении акустическим сигналом заданного уровня через заданную задержку времени добавляют воздействие этим сигналом на воздушную проводимость. Во втором периоде осуществляют воздействие акустическим сигналом, спектральные характеристики которого дополнительно ограничиваются цифровым фильтром с заданными амплитудно-частотными характеристиками и временным алгоритмом его применения, при этом уровень тембра акустического сигнала и время задержки воздействия на костную и воздушную звукопроводимость устанавливают заново. Цифровой фильтр может иметь амплитудно-частотную характеристику фильтра нижних частот и фильтра верхних частот, при этом включение цифрового фильтра производят по заданному временному алгоритму. Затем повторно осуществляется диагностика уровня слуха, определяя пороговый уровень костной звукопроводимости в частотном диапазоне 250-4000 Гц и в диапазоне интенсивности до 80 дБ и воздушной звукопроводимости в частотном диапазоне 125-6000 Гц и диапазоне интенсивности до 120 дБ. На основании полученных результатов принимают решение о необходимости повторного курса нейросенсорной слуховой стимуляции.

Уровень тембров верхних и нижних частот акустического сигнала, величину задержки воздействия на костную звукопроводимость, амплитудно-частотные характеристики цифрового фильтра для дополнительного ограничения акустического сигнала и временной алгоритм его использования определяют в зависимости от результатов диагностики уровня нарушения слуха.

Количество периодов воздействия акустическим сигналом и пауз отдыха, а также их последовательность, настройки параметров акустических сигналов зависят от уровня нарушения слуха и речи каждого человека и определяется специалистом. Определение порогового уровня воздушной проводимости может осуществляться, например, аудиометром поликлиническим Interacoustics AD226B.

У каждого записанного звукового трека в процессе воспроизведения меняются следующие характеристики:

- 1) относительная громкость (0-90 дБ);
- 2) частотные составляющие спектра (0-20000 Гц).

Способ основан на резком изменении тембра звука - усиленный на низких и ослабленный на высоких частотах звуковой сигнал заменяется на усиленный на высоких и ослабленный на низких частотах, и наоборот.

Для реализации данной функции используется ЭВМ с программным алгоритмом, использующим два параллельных звуковых потока, первый формирует звук для костной среды, второй - для воздушной. Каждый звуковой поток также имеет два канала фильтров C1 и C2 с независимыми тембральными настройками. Обработываемый звук каждого из потоков (костного и воздушного) в одном моменте време-

ни извлекается либо от канала C1, либо от канала C2 в зависимости от относительной громкости звука и заданного порога переключения. Величина порога переключения задается регулировкой SWITCH (от 0 до 90 дБ). Программная функция SWITCH постоянно сканирует относительную громкость звукового трека в моменте воспроизведения и сравнивает с заданным порогом. Если громкость воспроизводимого сигнала оказывается ниже заданного порога, то звук в каждом звуковом потоке извлекается от канала C1, если выше, то звук в каждом звуковом потоке извлекается от канала C2.

АЧХ фильтра канала C1 формируется настройками BASS1/TREBLE 1, АЧХ фильтра канала C2 формируется настройками BASS2/TREBLE2 (фиг. 1, 2). Для костного и воздушного звуковых потоков данные настройки являются общими. Настройка BASS определяет усиление/ослабление всех частот спектра ниже частоты заданной регулировкой FREQUENCY, усиление/ослабление всех частот спектра выше, регулируются при помощи настройки TREBLE.

Максимальная скорость перехода громкости (крутизна фильтра) между настройками BASS/TREBLE задается настройкой GRADIENT.

На фиг. 1 представлена амплитудно-частотная характеристика фильтра C1 при настройках BASS +5.0; TREBLE -5.0; FREQUENCY - 1 кГц; GRADIENT - 18 дБ/октава;

на фиг. 2 представлена АЧХ фильтра C2 при настройках BASS -5.0; TREBLE +5.0; FREQUENCY - 1 кГц; GRADIENT - 18 дБ/октава;

на фиг. 3 представлена функция SWITCH, DELAY, PRECESSION;

на фиг. 4 представлена блок-схема устройства;

на фиг. 5 представлена панель управления устройством;

на фиг. 6 представлена лицевая панель корпуса устройства с элементами панели управления.

Настройка DELAY задерживает срабатывание функции SWITCH для каждого звукового потока от 0 до 1020 мс. При этом задержка осуществляется только при переключении считывания звука от фильтра канала C1 к фильтру канала C2 (в обратном переходе задержка не задается).

Настройка PRECESSION задает дополнительную задержку срабатывания функции SWITCH в воздушном звуковом потоке. Данная функция позволяет подготавливать ухо к резкой смене тембра в воздушном канале, что, в свою очередь, смягчает восприятие звуковой нагрузки.

Громкость звука для костного канала устанавливается настройкой BONE, для воздушного канала - настройкой AIR. Общая громкость воспроизводимого трека устанавливается настройкой VOLUME.

Кнопка FILTER включает/выключает дополнительный программный фильтр с сильным подавлением частот (не менее 40 дБ/октаву) ниже/выше заданной в соответствии с таблицей.

Выбранное значение	начальная частота (поз. 4)	конечная частота (поз.3)	время цикла (поз. 2)	(поз. 1) - режим работы
0	0 Гц	0 Гц	30 сек	Нарастание/спад/циклично
1	500 Гц	500 Гц	1 мин	Нарастание/спад/одиночно
2	750 Гц	750 Гц	2 мин	Спад/нарастание/циклично
3	1000 Гц	1000 Гц	3 мин	Спад/нарастание/одиночно
4	1500 Гц	1500 Гц	4 мин	Только нарастание
5	2000 Гц	2000 Гц	8 мин	Только спад
6	3000 Гц	3000 Гц	16 мин	-
7	4000 Гц	4000 Гц	32 мин	Продолжительный, только ВЧ
8	6000 Гц	6000 Гц	-	Продолжительный, только НЧ
9	8000 Гц	8000 Гц	-	-

Функция FILTER позволяет при подавлении частот ниже 4000-8000 Гц имитировать звуковой спектр внутриутробного голоса матери.

Описание настроек.

MICRO - регулировка амплитуды входного микрофонного сигнала от 0 до 100%. VOLUME - регулировка амплитуды входного линейного сигнала от 0 до 100%.

DELAY - регулировка задержки срабатывания функции SWITCH. Диапазон задержки от 0 до 1020 мс.

PRECESSION - регулировка задержки переключения между каналами C1, C2 для воздушного звукового потока, при срабатывании функции SWITCH. Диапазон задержки от 0 до 2550 мс.

SWITCH - регулировка порога срабатывания функции SWITCH. Диапазон регулировки от 0 до 90 дБ (от 0 до 100%).

BASS Channel 1 - регулировка амплитуды всех нижних частот канала C1 относительно выставленной регулировкой FREQUENCY. Диапазон регулировки от -25 до +25 дБ.

BASS Channel 2 - регулировка амплитуды всех нижних частот канала C2 относительно выставленной регулировкой FREQUENCY. Диапазон регулировки от -25 до +25 дБ.

TREBLE Channel 1 - регулировка амплитуды всех верхних частот канала C1 относительно выставленной регулировкой FREQUENCY. Диапазон регулировки от -25 до +25 дБ.

TREBLE Channel 2 - регулировка амплитуды всех верхних частот канала C1 относительно выставленной регулировкой FREQUENCY. Диапазон регулировки от -25 до +25 дБ.

LEFT+RIGHT - регулировка баланса левого и правого каналов воздушной проводимости. Диапазон регулировки от 0 до 100% для каждого канала.

AIR - регулировка амплитуды выходного сигнала воздушного звукового потока. Диапазон регулировки от 0 до 100%.

BONE - регулировка амплитуды выходного сигнала костного звукового потока. Диапазон регулировки от 0 до 100%.

POWER - включение/отключение устройства.

GRADIENT - регулировка крутизны АЧХ фильтров каналов C1 и C2. Три фиксированные настройки - 6, 12, 18 дБ/октава.

FREQUENCY - регулировка частоты, относительно которой производятся настройки АЧХ каналов C1 и C2. Шесть фиксированных частот - 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 Гц.

FILTER - включение /выключение предустановленной программы частотных фильтров.

1 - выбор предустановленной программы. Диапазон регулировки от 0 до 9.

2 - выбор времени переключения. Диапазон регулировки от 0 до 9, позволяет выбирать время переключения в диапазоне от 0 до 32 мин.

3 - выбор конечной частоты. Диапазон регулировки от 0 до 9, позволяет выбирать конечную частоту в диапазоне от 0 до 8000 Гц.

4 - выбор начальной частоты. Диапазон регулировки от 0 до 9. Диапазон регулировки от 0 до 9, позволяет выбирать начальную частоту в диапазоне от 0 до 8000 Гц.

Способ нейросенсорной слуховой стимуляции осуществляется следующим образом.

Пример 1.

Взрослый обратился с жалобами на нарушение слуха.

По данным диагностического обследования, на аудиометре поликлиническом Interacoustics AD226B, по костной проводимости на частотах: 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 и 4000 Гц и по воздушной проводимости на частотах: 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 Гц определены:

Пороговый уровень воздушной проводимости левого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)	45	30	25	20	35	30	30	15	10	30
Норма	20	10	5	0	-5	-10	-15	-10	-5	0
Пороговый уровень воздушной проводимости правого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)	20	10	5	5	0	0	0	5	5	5
Норма	20	10	5	1	-5	-10	-15	-10	-5	0
Пороговый уровень костной проводимости левого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)		-5	-10	-5	0	-10	-10	-10	-10	
Норма		20	15	10	5	0	0	5	5	
Пороговый уровень костной проводимости правого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)		5	-5	-5	-10	-10	-10	-5	-5	
Норма		20	15	10	5	0	0	5	5	

Начата восстановительная коррективная слуха.

Согласно предлагаемому способу проведён курс нейросенсорной слуховой стимуляцией в течение 12 дней, длительностью 54 ч, ежедневно, периодическим воздействием акустическими сигналами с разными амплитудно-частотными характеристиками.

В первый период, осуществлялось воздействие в течение 30 мин акустическим сигналом (фрагментом музыки Моцарта), с уровнем тембров нижних частот соответственно (+5)-(-5) и верхних частот

(-5)-(+5) при входной частоте (FREQUENCY) 1000 Гц, с задержкой времени для переключения канала воздушной проводимости (PRECESSION) 450 мс и порогом срабатывания переключателя каналов (SWITCH) 12 дБ.

Duration	Track	Bass-low	Bass-high	Frequency	Gradient	Precession	Switch
30 min	MNF	+5/-5	-5/+5	1000	6	450	12

Во второй период в течение следующих 30 мин осуществлялось воздействие акустическим сигналом (фрагментом музыки Моцарта) с теми же спектральными характеристиками с дополнительным непрерывным фильтрованием цифровым фильтром высоких частот.

Duration	Track	Bass-low	Bass-high	Frequency	Gradient	Precession	Switch	Program-Filter
30 min	MNF	+5/-5	-5/+5	1000	6	450	1,5	7007

В третий период осуществлялось воздействие тем же акустическим сигналом в течение 60 мин без дополнительной фильтрации с порогом срабатывания каналов 15,2 дБ.

Duration	Track	Bass-low	Bass-high	Frequency	Gradient	Precession	Switch
60 min	MNF	+5/-5	-5/+5	1000	6	450	15,2

После воздействия - минимальная пауза отдыха в течение 120 мин. Далее осуществлялось воздействие акустическим сигналом по программе первых трех периодов.

По окончании курса нейросенсорной слуховой стимуляции проведено повторное диагностическое обследование, на аудиометре поликлиническом Interacoustics AD226B, по костной проводимости на частотах: 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 и 4000 Гц и по воздушной проводимости на частотах: 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 Гц.

Результаты:

Пороговый уровень воздушной проводимости левого уха											
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	
До начала курса (дБ)	45	30	25	20	35	30	30	15	10	30	
По окончании курса(дБ)	30	25	25	15	15	15	15	10	5	15	
Норма	20	10	5	0	-5	-10	-15	-10	-5	0	
Улучшение слуха в дБ	15	5	0	5	20	15	15	5	5	15	
Пороговый уровень воздушной проводимости правого уха											
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	
До начала курса (дБ)	20	10	5	5	0	0	0	5	5	5	
По окончании курса(дБ)	15	5	15	-10	-10	-10	-10	-10	0	5	
Норма	20	10	5	1	-5	-10	-15	-10	-5	0	
Улучшение слуха в дБ	5	5	-10	15	10	10	10	15	5	0	
Пороговый уровень костной проводимости левого уха											
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	
До начала курса (дБ)		-5	-10	-5	0	-10	-10	-10	-10		
По окончании курса(дБ)		-5	-5	0	5	-5	-5	-5	-5		
Норма		20	15	10	5	0	0	5	5		
Улучшение слуха в дБ		0	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5		
Пороговый уровень костной проводимости правого уха											
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	
До начало курса (дБ)		5	-5	-5	-10	-10	-10	-5	-5		
По окончании курса(дБ)		10	5	0	5	-5	-5	-5	0		
Норма		20	15	10	5	0	0	5	5		
Улучшение слуха в дБ		-5	-10	-5	-15	-5	-5	0	-5		

Пример 2.

Ребёнок (6 лет) с резидуально-органическим поражением ЦНС обратился с жалобами на недоразвитую мелкую и крупную моторику и понимание обращённой речи.

По данным диагностического обследования, на аудиометре поликлиническом Interacoustics AD226B, по костной проводимости на частотах: 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 и 4000 Гц и по воздушной проводимости на частотах: 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 Гц определены:

Пороговый уровень воздушной проводимости левого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)	40	20	20	20	15	10	15	10	5	10
Норма	20	10	5	0	-5	-10	-15	-10	-5	0
Пороговый уровень воздушной проводимости правого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)	35	30	25	15	15	10	10	5	5	5
Норма	20	10	5	1	-5	-10	-15	-10	-5	0
Пороговый уровень костной проводимости левого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)		5	5	0	10	0	5	5	0	
Норма		20	15	10	5	0	0	5	5	
Пороговый уровень костной проводимости правого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)		20	20	20	15	5	5	5	10	
Норма		20	15	10	5	0	0	5	5	

Согласно предлагаемому способу проводился курс нейросенсорной слуховой стимуляцией в течение 12 дней, длительностью 54 ч, ежедневно, периодическим воздействием акустическими сигналами с разными амплитудно-частотными характеристиками. Звуковая стимуляция фонематического и физического слуха осуществлялась воздействием как высоких частот, так и низких с акцентом на улучшение вестибулярного аппарата.

В первый период осуществлялось воздействие в течение 30 мин акустическим сигналом (фрагментом музыки Моцарта) с уровнем тембров: нижних частот (+3,5)-(-1,5) и верхних частот (-1,5)-(+3,5). При входящей частоте (FREQUENCY) 750 Гц и крутизне фильтра (GRADIENT) 6 дБ, с задержкой времени для переключения канала воздушной проводимости (PRECESSION) 450 мс и порогом срабатывания переключателя каналов (SWITCH) 12 дБ.

Duration	Track	Bass-low	Bass-high	Frequency	Gradient	Precession	Switch
30 min	MNF	+3,5/-1,5	-1,5/+3,5	750	6	450	12

Во второй период в течение следующих 60 мин осуществлялось воздействие акустическим сигналом VMF (запись материнского голоса ребёнка), с теми же спектральными характеристиками с дополнительным непрерывным фильтрованием цифровым фильтром высоких частот.

Duration	Track	Bass-low	Bass-high	Frequency	Gradient	Precession	Switch	Program-Filter
60 min	VMF	+3,5/-1,5	-1,5/+3,5	750	6	450	12	7007

В третий период осуществлялось воздействие акустическим сигналом MD (фрагментом музыки Моцарта) с уровнем тембров нижних частот соответственно (-1,5)-(+3,5) и верхних частот (+3,5)-(-1,5) при входящей частоте (FREQUENCY) 1500 Гц и крутизне фильтра (GRADIENT) 12 дБ, с задержкой времени для переключения канала воздушной проводимости (PRECESSION) 250 мс, без дополнительной фильтрации, с порогом срабатывания каналов (SWITCH) 15,2 дБ.

Duration	Track	Bass-low	Bass-high	Frequency	Gradient	Precession	Switch
30 min	MD	-1,5/+3,5	+3,5/-1,5	1500	12	250	15,2

После воздействия - минимальная пауза отдыха в течение 120 мин. Далее осуществлялась воздействие акустическим сигналом по программе первых трех периодов. По окончании курса нейросенсорной слуховой стимуляции проведено повторное диагностическое обследование, на аудиометре поликлиническом Interacoustics AD226B, по костной проводимости на частотах: 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 и 4000 Гц и по воздушной проводимости на частотах: 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000,

6000 Гц.

Пороговый уровень воздушной проводимости правого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)	40	20	20	20	15	10	15	10	5	10
По окончании курса(дБ)	30	10	15	15	5	0	10	5	5	5
Норма	20	10	5	0	-5	-10	-15	-10	-5	0
Улучшение слуха в дБ	10	10	5	5	10	10	5	5	0	5
Пороговый уровень воздушной проводимости левого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)	35	30	25	15	15	10	10	5	5	5
По окончании курса(дБ)	30	15	15	10	5	-5	0	0	0	5
Норма	20	10	5	0	-5	-10	-15	-10	-5	0
Улучшение слуха в дБ	5	15	10	5	10	15	10	5	5	0
Пороговый уровень костной проводимости левого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)		5	5	0	10	0	5	5	0	
По окончании курса(дБ)		10	15	10	5	0	0	5	0	
Норма		20	15	10	5	0	0	5	5	
Улучшение слуха в дБ		-5	-10	-10	5	0	5	0	0	
Пороговый уровень костной проводимости правого уха										
Частотный диапазон в Гц	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
До начала курса (дБ)		10	20	20	15	5	5	5	10	
По окончании курса(дБ)		15	15	10	5	0	0	5	0	
Норма		20	15	10	5	0	0	5	5	
Улучшение слуха в дБ		-5	5	10	10	5	5	0	5	

Устройство для осуществления способа нейросенсорной слуховой стимуляции основано на ЭВМ и содержит установленные в одном корпусе 1 цифровой накопитель 2 (содержит цифровой звуковой сигнал 3, базу данных фильтров 4, программное обеспечение 5), выход которого соединен с входом 6 процессора. Процессор 7 формирует для звукового сигнала два потока (костный и воздушный) с цифровыми фильтрами, используя алгоритм программного обеспечения 5. Выходы процессора 8 соединены с входами цифро-аналоговых преобразователей (далее ЦАП) 9 и монитора 10. Вход процессора 6 также соединен с микроконтроллером 11, установленным в панели управления 12. Выходы цифро-аналоговых преобразователей 9 соединены с воздушными звукоизлучателями 13 и через усилитель 14 с костным звукоизлучателем 15. В качестве воздушных звукоизлучателей могут использоваться наушники, в качестве костного звукоизлучателя может использоваться костный звуковой вибратор.

Элементы (ручки и кнопки) панели управления 12 установлены на лицевой панели корпуса 1 и включают в себя ручку MICRO 16, ручку VOLUME 17, ручку DELAY 18, ручку PRECESSION 19, ручку SWITCH 20, ручку BASS1 21, ручку BASS2 22, ручку TREBLE1 23, ручку TREBLE2 24, ручку LEFT+RIGHT 25, ручку AIR 26, ручку BONE 27, кнопку FILTER 28, кнопку 1 29, кнопку 2 30, кнопку 3 31, кнопку 4 32, кнопку FREQUENCY 33, кнопку GRADIENT 34.

Микроконтроллер 11 считывает с элементов (16-34) панели управления 12 значения выставленных параметров аудиообработки (частота, крутизна фильтра, амплитуда НЧ- и ВЧ-диапазона) с определенной детерминированностью, что ограничивает максимальное количество возможных вариантов комбинаций

этих параметров, но при этом достаточных для полноценного применения в музыкотерапиях. Считанные данные микроконтроллером 11 передаются в процессор 7, в котором для каждой комбинации установленных значений аудиообработки панели управления 12 привязаны строго определенные значения коэффициентов фильтров из базы данных 4 накопителя 2, полученные еще на этапе конструирования (программирования) фильтров методом индивидуального подбора. Коэффициенты фильтров из базы данных 4 индивидуально подобраны таким образом, чтобы полученный фильтр изменял спектр выходного сигнала с высокой точностью и в соответствии с требуемой формой (фиг. 1, 2). Коэффициенты для фильтра берутся строго из базы данных 4 при сопоставлении процессором 7 значений, установленных на панели управления 12.

Для выявления точных значений коэффициентов фильтров на этапе конструирования (программирования) через них многократно пропускались звуковые сигналы, спектры которых содержали весь набор звуковых частот (от 20 до 20000 Гц) с одинаковой амплитудой и при наиболее точном совпадении спектра выходного сигнала с ожидаемым результатом, значения коэффициентов заносились в базу данных 4.

В процессоре 7 из цифрового звукового сигнала 3 на основании алгоритма программного обеспечения 5 формируется виртуальный звуковой поток. Поток от входа процессора 6 поступает на блок VOLUME 35, где регулируется громкость в соответствии с установленным значением элемента 17 панели управления 12. От блока VOLUME 35 поток поступает на блок FILTER 36, в котором формируется фильтр в соответствии с выбранной программой на панели управления 12 (элементы 28-32, фиг. 5). Обработанный звуковой поток от блока FILTER 36 разделяется на два звуковых потока - костный и воздушный.

В каждом звуковом потоке сигнал подается одновременно на блок SWITCH 37, блок канала C1 38 и блок канала C2 39. В блоках каналов C1 и C2 сформированы фильтры в соответствии с установленными значениями элементов (элементы 21-24, 33, 34) панели управления 12. Блок SWITCH 37 сканирует относительную громкость звукового потока и сравнивает со значением установленного порога элемента 20 панели управления 12. Если громкость звукового потока ниже порогового значения, то передача звука на выход процессора 8 осуществляется от блока канала C1 38, иначе от блока канала C2 39.

При достижении громкостью звука в каждом потоке порогового значения переключение считывания от блока канала C1 38 на блок канала C2 39 происходит с задержкой, которую задает блок DELAY 40. Время задержки устанавливается элементом 18 панели управления 12. В воздушном канале блоком PRECESSION 41 вводится дополнительная задержка переключения считывания от блока канала C1 38 на блок канала C2 39, время задержки устанавливается элементом 19 панели управления 12.

После обработки фильтрами C1/C2 сигналы поступают на выход процессора 8. Воздушный звуковой поток с выхода процессора 8 преобразуется с помощью цифро-аналогового преобразователя 9 в аналоговую форму и поступает на воздушные звукоизлучатели 13. Костный звуковой поток аналогичным образом с выхода процессора 8 преобразуется с помощью цифро-аналогового преобразователя 9 в аналоговую форму и через усилитель 14 поступает на костный звукоизлучатель 15.

Перечень позиций:

- 1 - корпус устройства;
- 2 - цифровой накопитель;
- 3 - цифровой звуковой сигнал;
- 4 - база данных коэффициентов фильтров цифро-аналогового преобразователя;
- 5 - программное обеспечение;
- 6 - вход процессора;
- 7 - процессор;
- 8 - выход процессора;
- 9 - цифро-аналоговый преобразователь;
- 10 - монитор;
- 11 - микроконтроллер;
- 12 - панель управления;
- 13 - воздушный звукоизлучатель;
- 14 - усилитель;
- 15 - ручка MICro;
- 17 - ручка VOLUME;
- 18 - ручка DELAY;
- 19 - ручка Precession;
- 20 - ручка Switch;
- 21 - ручка BASS 1;
- 22 - ручка BASS 2;
- 23 - ручка TREBLE 1;
- 24 - ручка TREBLE 2;
- 25 - ручка LEFT+RIGHT;

- 26 - ручка AIR;
- 27 - ручка BONE;
- 28 - кнопка FILTER;
- 29 - кнопка 1;
- 30 - кнопка 2;
- 31 - кнопка 3;
- 32 - кнопка 4;
- 33 - кнопка FREQUENCY;
- 34 - кнопка GRADIENT;
- 35 - блок VOLUME;
- 36 - блок FILTER;
- 37 - блок SWITCH;
- 38 - блок канала C1;
- 39 - блок канала C2;
- 40 - блок DELAY;
- 41 - блок PRECESSION.

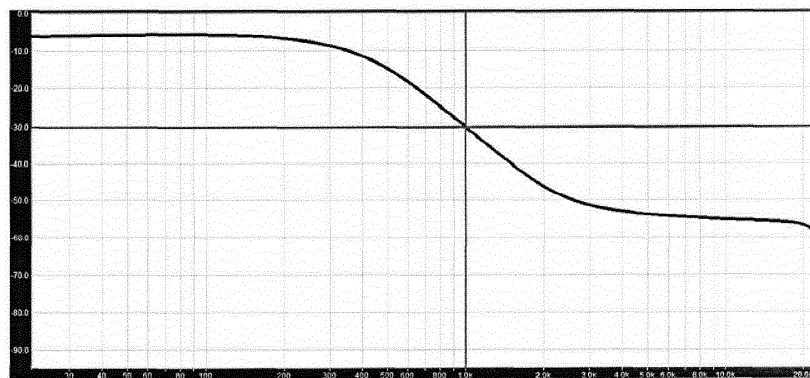
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ нейросенсорной слуховой стимуляции, заключающийся в том, что осуществляют диагностику уровня нарушения слуха, определяя пороговый уровень костной проводимости в частотном диапазоне 250-4000 Гц и в диапазоне интенсивности до 80 дБ и воздушной проводимости в частотном диапазоне 125-6000 Гц и в диапазоне интенсивности до 120 дБ, на основании полученных результатов составляют программу нейросенсорной слуховой стимуляции, включающую по меньшей мере два периода воздействия на воздушную и костную проводимость акустическими сигналами с разными спектральными характеристиками в течение не менее 30 мин, причем между периодами устанавливают паузы отдыха; в первом периоде нейросенсорную слуховую стимуляцию осуществляют воздействием на костную проводимость акустическим сигналом, спектральные характеристики которого обеспечивают настройками тембров верхних и нижних частот, причем при достижении акустическим сигналом заданного уровня через заданную задержку времени добавляют воздействие этим сигналом на воздушную проводимость; во втором периоде осуществляют воздействие акустическим сигналом, спектральные характеристики которого дополнительно ограничиваются цифровым фильтром с заданными амплитудно-частотными характеристиками и временным алгоритмом его применения, при этом уровень тембра акустического сигнала и время задержки воздействия на костную и воздушную проводимость устанавливают заново, цифровой фильтр имеет амплитудно-частотную характеристику фильтра нижних частот, фильтра верхних частот, при этом включение цифрового фильтра производят по заданному временному алгоритму; повторно осуществляют диагностику уровня нарушения слуха, определяя пороговый уровень костной проводимости в диапазоне интенсивности до 80 дБ и воздушной проводимости в диапазоне интенсивности до 120 дБ, на основании полученных результатов принимают решение о необходимости повторного курса нейросенсорной звуковой стимуляции.

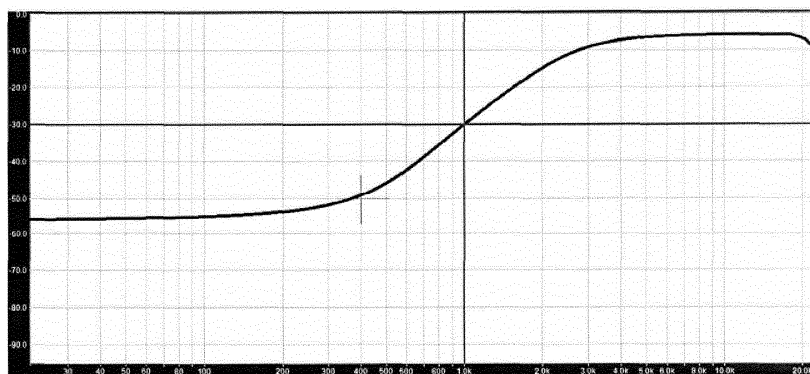
2. Способ нейросенсорной слуховой стимуляции по п.1, отличающийся тем, что уровень тембров верхних и нижних частот акустического сигнала, величину задержки воздействия на костную и воздушную проводимость, амплитудно-частотные характеристики цифрового фильтра для дополнительного ограничения акустического сигнала и временной алгоритм его использования определяют в зависимости от результатов диагностики уровня нарушения слуха.

3. Устройство для осуществления способа нейросенсорной слуховой стимуляции по п.1 содержит установленные в одном корпусе источник звукового сигнала, выход которого соединен с управляемым программным алгоритмом процессором, осуществляющим формирование двух параллельных звуковых потоков, один из которых предназначен для костной среды, другой - для воздушной, при этом каждый из указанных потоков имеет два канала цифровых фильтров, выходы которых соединены с входом цифро-аналогового преобразователя, имеющего амплитудно-частотные характеристики и включаемого по заданному временному алгоритму, и монитора, вход цифровых фильтров соединен с микроконтроллером, подключенным к панели управления, а вход-выход - с накопителем, при этом выходы цифро-аналогового преобразователя соединены с воздушным звукоизлучателем и через усилитель с костным звукоизлучателем, цифровые фильтры имеют независимые тембральные настройки, при этом в зависимости от относительной громкости звука и заданного порога переключения каналы цифровых фильтров в каждом звуковом потоке предназначены для извлечения воспроизводимого звукового сигнала, причем один из каналов служит для извлечения звукового сигнала, громкость которого ниже заданного порога, другой - если громкость звукового сигнала выше порогового значения.

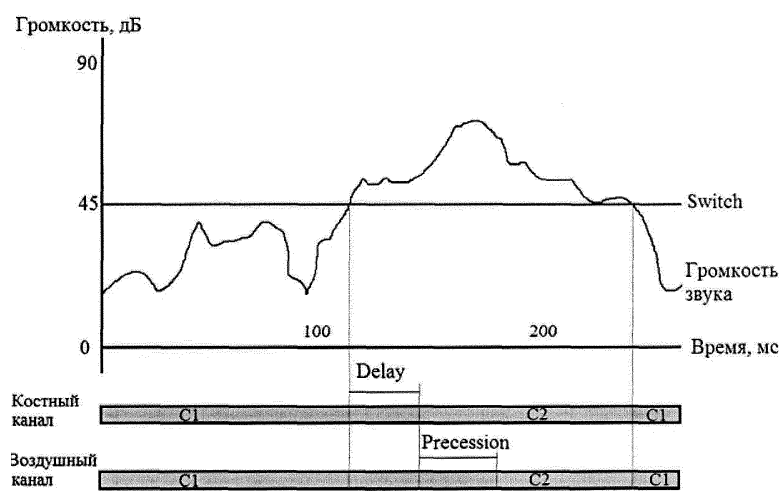
4. Устройство для осуществления способа по п.1, отличающееся тем, что в качестве воздушных звукоизлучателей используют наушники, а костный звукоизлучатель снабжен контактным вибратором.



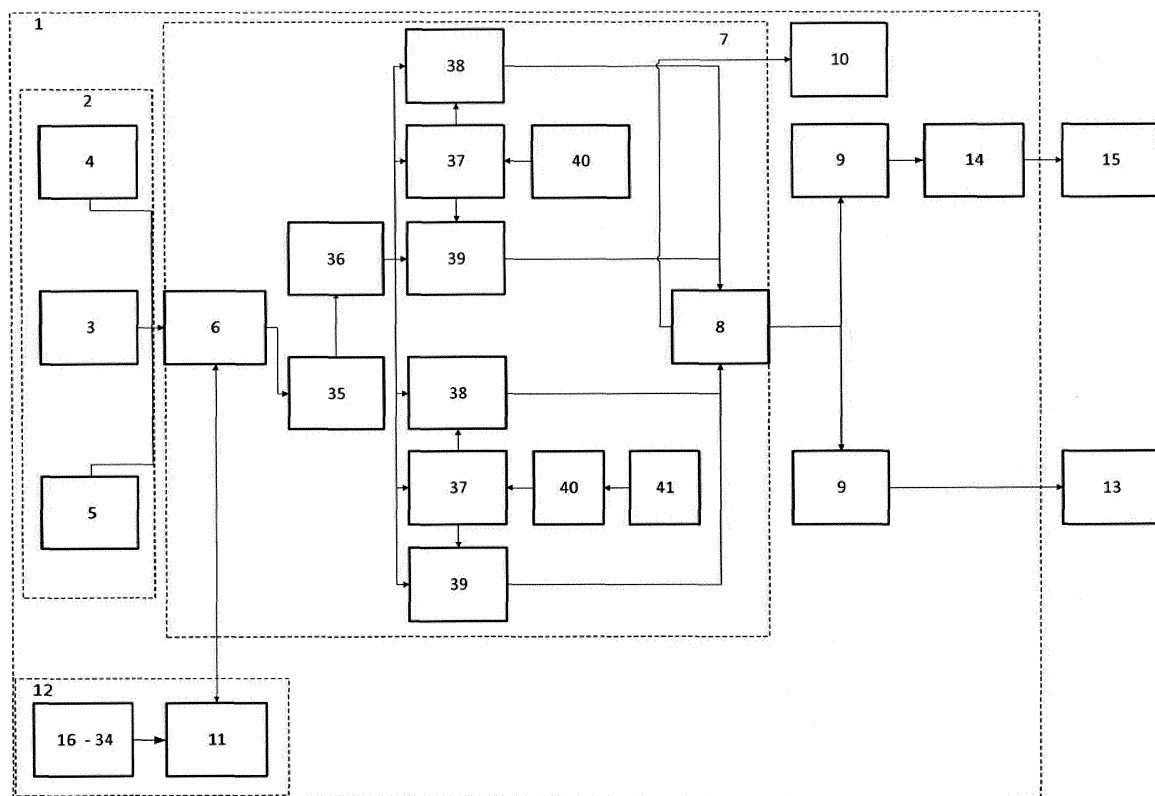
Фиг. 1



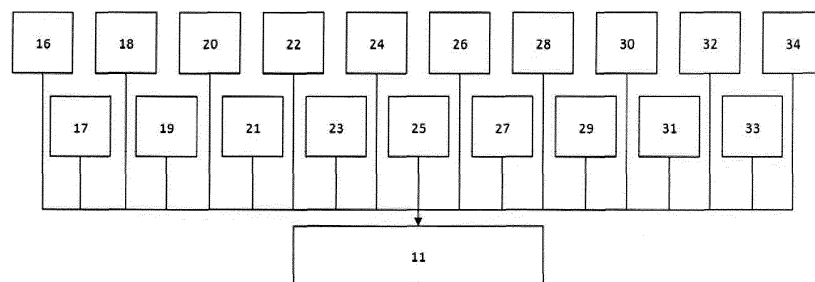
Фиг. 2



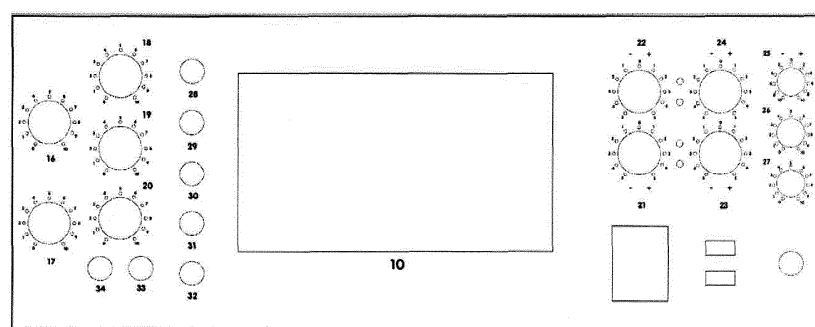
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

