



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 177 769** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51) МПК<sup>7</sup> **A 61 F 11/06, 11/08**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 98111832/14, 30.09.1996  
(24) Дата начала действия патента: 30.09.1996  
(30) Приоритет: 20.11.1995 US 08/560,863  
(43) Дата публикации заявки: 27.02.2000  
(46) Дата публикации: 10.01.2002  
(56) Ссылки: RU 2040235 C1, 27.07.1995. RU 2028135 C1, 03.05.1990. RU 2068716 C1, 10.11.1996. RU 2069562 C1, 27.11.1996. RU 2109499 C1, 27.04.1999. RU 2142766 C1, 20.12.1999. RU 2145203 C1, 28.09.1998. RU 2145829 C1, 14.07.1999.  
(85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу: 22.06.1998  
(86) Заявка PCT: US 96/15688 (30.09.1996)  
(87) Публикация PCT: WO 97/18779 (29.05.1997)

(71) Заявитель:  
ХАУС ИЭР ИНСТИТЮТ (US)  
(72) Изобретатель: МОБЛИ Дж.Фил (US), ЗАНГ Чаоинг (US), СОЛИ Зигфрид Д. (US), ДЖОНСОН Крис (US), О'КОННЕЛЛ Дрю (US)  
(73) Патентообладатель:  
ХАУС ИЭР ИНСТИТЮТ (US)  
(74) Патентный поверенный:  
Емельянов Евгений Иванович

(54) РЕГУЛИРУЮЩАЯ ДАВЛЕНИЕ ЗАТЫЧКА ДЛЯ УШЕЙ

(57) Изобретение относится к медицинской технике, а именно для уменьшения закупорки ушей. Регулирующая давление затычка для ушей предназначена для регулирования скорости изменения давления внутри уха для сведения к минимуму избыточного давления между средним ухом и пространством в наружном слуховом канале, примыкающим к барабанной перепонке. Она сделана в виде затычки для уха, приспособленной для плотной посадки внутри наружного слухового

канала без пропуска воздуха или с минимальным пропуском воздуха, и расположенного внутри затычки для уха регулятора давления, обеспечивающего низкий темп пропуска воздуха. Регулятор давления, предпочтительно, изготовлен из пористого керамического материала. Технический результат заключается в уменьшении боли в результате деформации барабанной перепонки. 3 с. и 4 з. п. ф-лы, 15 ил.

RU 2 177 769 C2

RU 2 177 769 C2



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 177 769** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51) Int. Cl.<sup>7</sup> **A 61 F 11/06, 11/08**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 98111832/14, 30.09.1996  
(24) Effective date for property rights: 30.09.1996  
(30) Priority: 20.11.1995 US 08/560,863  
(43) Application published: 27.02.2000  
(46) Date of publication: 10.01.2002  
(85) Commencement of national phase: 22.06.1998  
(86) PCT application:  
US 96/15688 (30.09.1996)  
(87) PCT publication:  
WO 97/18779 (29.05.1997)

(71) Applicant:  
KhAUS IEhR INSTIT'JuT (US)  
(72) Inventor: MOBli Dzh.Fil (US),  
ZANG Chaojing (US), SOLI Zigfrid D.  
(US), DZhONSON Kris (US), O'CONNELL Drju  
(US)  
(73) Proprietor:  
KhAUS IEhR INSTIT'JuT (US)  
(74) Representative:  
Emel'janov Evgenij Ivanovich

(54) **PRESSURE-REGULATION EAR PLUG**

(57) Abstract:  
FIELD: medical equipment, particularly, pressure-regulation ear plugs. SUBSTANCE: pressure-regulation ear plug is designed for regulation of change rate of pressure inside ear to minimize excessive pressure between middle ear and space in ear canal adjacent to tympanic membrane. Ear plug is made for

tight fitting inside ear canal with no passage of air or with minimum passage of air. Ear plug accommodates pressure regulator ensuring low air passage rate. Pressure regulator is preferably made of porous ceramic material. EFFECT: reduced pain caused by deformation of tympanic membrane. 7 cl, 15 dwg

RU 2 177 769 C2

RU 2 177 769 C2

Предпосылки изобретения  
 Это частичное продолжение заявки с регистрационным номером 08/291165, зарегистрированной 16 августа 1994 года.

#### 1. Область изобретения

Изобретение относится к регулирующей давление затычке для ушей для регулирования скорости изменения давления в ухе человека, которое, как правило, происходит при взлетах и посадках самолетов, и более конкретно, к затычке для ушей, которая предназначена для уменьшения эффектов закупорки евстахиевой трубы пассажира самолета и т. п. при изменении высоты.

#### 2. Предшествующий уровень техники

Среднее ухо является наполненной воздухом выемкой, которая соединяется с окружающей средой евстахиевой трубой. В нормальных условиях не существует разницы между давлением воздуха в окружающей среде и в среднем ухе. Эти условия проиллюстрированы фиг. 1, которая является схематическим изображением уха и показывает, что при нормальных условиях не существует избыточного давления по линии барабанной перепонки. Однако, когда происходит изменение давления, которое ощущают пассажиры при взлетах и посадках, возникает разница давлений в среднем ухе и в окружающей среде, которая уравнивается со временем. В условиях, когда существует такая разница давлений, евстахиева труба действует как клапан между окружающей средой и средним ухом. При таком объеме евстахиева труба открывается в течение доли секунды под воздействием сглатывания или жевательного движения, пропуская воздух, и, таким образом, избыточное давление между окружающей средой и средним ухом уравнивается.

При наборе самолетом высоты давление воздуха в окружающей среде, то есть в окружающей среде внутри самолета и снаружи от среднего уха меньше давления внутри среднего уха. В этих условиях положительное относительное давление в среднем ухе вытесняет воздух из евстахиевой трубы, таким образом понижая давление внутри среднего уха до давления, равного давлению окружающей среды. Если евстахиева труба заблокирована, как описано более подробно ниже, положительное давление в среднем ухе воздействует на барабанную перепонку, как схематически показано на фиг. 2, вызывая ее прогибание наружу в направлении наружного уха.

Наоборот, при снижении самолета давление воздуха в окружающей среде больше, чем давление внутри среднего уха. В этих условиях отрицательное относительное давление в среднем ухе вызывает поток воздуха из окружающей среды через евстахиеву трубу в среднее ухо, таким образом увеличивая давление внутри среднего уха до значения, равного значению давления в окружающей среде. Вновь, в условиях, когда евстахиева труба заблокирована, отрицательное давление в среднем ухе вызывает деформацию барабанной перепонки, изгибая ее внутрь в направлении среднего уха, как показано схематически на фиг. 3.

В нормальных условиях, когда евстахиева труба не заблокирована или заблокирована

частично, когда избыточное давление по линии барабанной перепонки или между окружающей средой и средним ухом увеличивается, произвольное сглатывание и/или жевательное движение высвобождает давление через евстахиеву трубу.

Некоторые люди иногда попадают в простуженном состоянии, страдают от аллергий, респираторных инфекций или в другом болезненном состоянии, когда евстахиевы трубы оказываются распухшими и таким образом частично блокируют поток воздуха, проходящего через них. В случае с пассажирами самолета и другими людьми, испытывающими изменения высоты, поток воздуха через евстахиевы трубы может быть сокращен до такой степени, что избыточное давление между окружающей средой и средним ухом может сохраняться увеличенный период времени. Как отмечалось выше, эти избыточные давления, как правило, в первую очередь воздействуют на барабанную перепонку, заставляя ее вздуться, как показано на фиг. 2, или прогибаться внутрь к среднему уху, как показано на фиг. 3, в зависимости от избыточного давления между средним ухом и окружающей средой. Блокирование евстахиевой трубы предотвращает установление равновесия давлений в среднем ухе и в окружающей среде или задерживает его. При таком избыточном давлении в результате деформации барабанной перепонки у пассажира самолета возникает боль или по меньшей мере ощущение дискомфорта.

Таким образом, было бы желательно регулировать давление в окружающей среде так, чтобы продолжительность деформации барабанной перепонки и возникающей в результате этого боли была уменьшена. До сих пор никто не пытался регулировать избыточное давление между средним ухом и окружающей средой для облегчения боли, вызванной таким избыточным давлением, которое описано выше.

Множество различных типов затычек для ушей было разработано для ослабления звука с целью защиты пользователя от повреждений, которые могут быть вызваны громким шумом, музыкой и т. п. Некоторые из этих затычек изготовлены из силикона и могут формировать воздухонепроницаемое закупоривание слухового канала. Некоторые из этих известных затычек способствуют быстрому выравниванию давления воздуха для уменьшения дискомфорта, вызванного избыточным давлением между слуховым каналом и окружающей средой, когда затычка для уха введена в слуховой канал или когда окружающее давление изменяется. Однако ни одна из этих затычек не предназначена для регулирования скорости изменения давления в слуховом канале, как предлагается в настоящем изобретении.

Патент США 3736929, выданный Allen William Mills ("патент 929"), характерен для предшествующего уровня техники, который способствует быстрому выравниванию давления воздуха. Патент 929 описывает затычку для уха, сформированную из высокоэластичного материала с поллой трубкой, частично закупоренной силиконовым маслом, или стержень, выполненный из пенистого пластика, расположенный вдоль оси

затычки для уха. Полая трубка стержня обеспечивает быстрое выравнивание давления в затычке для уха. Однако это устройство при применении с силиконовым маслом не приспособлено для компенсации избыточного давления, вызванного изменением высоты, поскольку в результате показанных геометрических характеристик системы силиконовое масло может выдавливаться из трубки.

Патент США 2437490, выданный Norman A. Watson и др. ("патент 490"), также характерен для предшествующего уровня техники. Патент 490 описывает полую удлиненную затычку со вставкой, которая закупоривает полую часть затычки. Вставка уплотнена звукоизолирующим материалом, который ослабляет звук и обеспечивает быстрое выравнивание давления воздуха на противоположных концах затычки.

Таким образом, из описанного предшествующего уровня техники становится ясно, что ни одно из известных устройств не предназначено для регулирования изменения давления в среднем ухе и внешней среде, что является назначением и применением настоящего изобретения.

Сущность изобретения

Регулирующая давление затычка для ушей, соответствующая настоящему изобретению, предназначена для создания воздухонепроницаемого закупоривания наружного слухового канала и регулирования скорости изменения давления воздуха в наружном слуховом канале и в среднем ухе, когда пользователь подвергается относительно быстрым изменениям атмосферного давления. Таким образом, затычка может задерживать установление избыточного давления между наружным слуховым каналом и средним ухом, которые отделены барабанной перепонкой. В результате, даже пассажир с частично заблокированной евстахиевой трубой имеет увеличенный период времени для выравнивания избыточного давления между средним ухом и окружающей средой. Как правило, эти избыточные давления выравниваются евстахиевой трубой, которая обеспечивает сообщение среднего уха с горлом. Регулирующая давление затычка для ушей создает замкнутое пространство между окружающей средой и барабанной перепонкой. Со временем регулирующая давление затычка для ушей постепенно пропускает воздух в пространство, находящееся непосредственно снаружи от барабанной перепонки, или из него так, что давление в указанном пространстве выравнивается с давлением снаружи затычки для ушей. Эта задержка увеличивает время, предоставляемое евстахиевой трубе для выполнения ее функции выравнивания давления в среднем ухе с давлением в окружающей среде.

Типичными примерами ситуации, когда могла бы применяться регулирующая давление затычка для ушей, являются взлет и посадка самолета. Когда человек находится на уровне земли, давление в среднем ухе и атмосферное давление выровнены посредством евстахиевой трубы. Евстахиева труба обеспечивает проход из среднего уха, сообщающий его с горлом и наружу с атмосферой.

Когда самолет находится на земле в аэропорту, салон открыт, и салон находится в атмосферном давлении или, на жаргоне служащих аэропорта, "при нулевом альтиметре". То есть он может находиться в Денвере, в случае чего вы будете на высоте 1500 м над уровнем моря, но все еще "при нулевом альтиметре". При взлете давление в салоне самолета постепенно уменьшается до тех пор, пока не будет достигнуто стабильное давление. Абсолютное давление в салоне стабилизируется на высоте от 2400 м до 3000 м. Поскольку абсолютное давление в салоне зависит от типа самолета, в целом, для коммерческого самолета падение давления в салоне составит приблизительно от 0,77 до 0,7 кг/м<sup>2</sup>. Если аэропорт находится на уровне моря, где атмосферное давление составляет приблизительно 1,0 кг/м<sup>2</sup>, это соответствует изменению давления приблизительно на 0,3-0,4 кг/см<sup>2</sup>.

Если аэропорт расположен в Денвере, где он находится на высоте, составляющей приблизительно 1500 м над уровнем моря, местное атмосферное давление составляет 0,8 кг/см<sup>2</sup>, что дает изменение давления лишь на 0,1-0,2 кг/см<sup>2</sup>. Если евстахиева труба работает нормально, то есть евстахиева труба обеспечивает сообщение среднего уха с горлом при жевательном движении, зевании или сглатывании, то воздух из среднего уха протекает наружу в горло, и давление по обе стороны барабанной перепонки остается сбалансированным, и пассажир испытывает минимальный дискомфорт. В целом, жевательное движение, зевание и т. д. вызывают открывание евстахиевой трубы и выравнивают давление в среднем ухе относительно давления в салоне самолета. Если евстахиева труба не открыта, давление в среднем ухе не будет высвобождаться, вызывая смещение барабанной перепонки наружу в направлении наружного слухового канала с постепенным возрастанием дискомфорта (см. фиг. 2). В случае снижения самолета давление в салоне постепенно возрастает от стабильного давления при номинальной высоте 2400 м до тех пор, пока оно не достигнет нормального атмосферного давления в аэропорту назначения. При снижении нормальная евстахиева труба вновь открывается и воздух проходит в среднее ухо, балансируя давление по обе стороны барабанной перепонки. Вновь, если евстахиева труба не открыта, давление в салоне будет смещать барабанную перепонку внутрь, в направлении среднего уха, с повышением дискомфорта до ощущения боли (см. фиг. 3). Регулирующая давление затычка для ушей регулирует скорость, с которой изменяется давление в наружном слуховом канале, примыкающем к барабанной перепонке. В этом случае евстахиева труба имеет больше времени для реагирования на изменения давления, таким образом уменьшая ощущение дискомфорта. Количество дополнительного времени, которое имеет евстахиева труба, зависит от пористости регулирующего элемента, находящегося в затычке для ушей.

Затычка для ушей, соответствующая настоящему изобретению, является удлиненной трубкой типа, используемого для ослабления шума, с допускающей медленный пропуск пористой средой, расположенной в

трубке. Примеры такой пористой среды включают пористый металлический материал и пористый керамический материал, причем керамический материал сейчас является предпочтительным материалом для регулирования давления. Затычка для ушей, предпочтительно, имеет темп пропуска потока воздуха, составляющий от  $6,1 \cdot 10^{-5}$  до  $1,4 \cdot 10^{-4}$  см<sup>3</sup>/с.

Задачей настоящего изобретения является регулирование темпа пропуска воздушного потока через затычку для ушей, когда она формирует воздухонепроницаемый запор для давления, расположенный в слуховом канале.

Другой задачей настоящего изобретения является уменьшение скорости изменения давления в наружном слуховом канале для уменьшения боли и ощущения дискомфорта, вызванных избыточными давлениями на барабанную перепонку, создаваемыми сокращением потока воздуха через евстахиеву трубу. Таким образом, устройство может в значительной степени увеличивать время, предоставляемое для выравнивания давления в слуховом канале относительно давления окружающей среды, в которой находится пользователь.

Настоящее изобретение также эффективно для уменьшения шума.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 схематически изображает вид уха, в котором не существует избыточного давления между окружающей средой и средним ухом.

Фиг. 2 схематически изображает вид уха, в котором существует избыточное давление между окружающей средой и средним ухом, в котором давление в среднем ухе больше, чем давление в окружающей среде, и в котором евстахиева труба заблокирована.

Фиг. 3 схематически изображает вид уха, в котором существует избыточное давление между окружающей средой и средним ухом, в котором давление в среднем ухе меньше, чем давление в окружающей среде, и в котором евстахиева труба заблокирована.

Фиг. 4 схематически изображает вид уха, в котором расположена регулирующая давление затычка для ушей, соответствующая настоящему изобретению, и в котором существует избыточное давление между окружающей средой и средним ухом, когда давление в среднем ухе меньше, чем в окружающей среде, как в ситуации, когда самолет снижается, и в котором евстахиева труба заблокирована.

Фиг. 5 схематически изображает вид уха, в котором расположена регулирующая давление затычка для ушей, соответствующая настоящему изобретению, и в котором существует избыточное давление между окружающей средой и средним ухом, когда давление в среднем ухе больше, чем в окружающей среде, как в ситуации, когда самолет взлетает, и в котором евстахиева труба заблокирована.

Фиг. 6 изображает вид в перспективе предпочтительного варианта воплощения настоящего изобретения.

Фиг. 7 изображает вид в разрезе предпочтительного варианта воплощения настоящего изобретения, сделанного по линии 7-7 на фиг. 6.

Фиг. 8 изображает вид сбоку в разрезе разобранного альтернативного варианта выполнения регулирующей давление затычки

для ушей согласно изобретению.

Фиг. 9 изображает вид сбоку в разрезе разобранного другого альтернативного варианта выполнения регулирующей давление затычки для ушей согласно изобретению.

5 Фиг. 10 изображает график, демонстрирующий работу варианта воплощения настоящего изобретения с использованием в затычке для ушей пористого металла в качестве пористого материала, при уменьшении давления в результате симитированного увеличения высоты.

10 Фиг. 11 изображает график, демонстрирующий работу варианта воплощения настоящего изобретения с использованием в затычке для ушей пористого металла в качестве пористого материала, при увеличении давления в результате симитированного уменьшения высоты.

15 Фиг. 12 изображает график, демонстрирующий работу варианта воплощения настоящего изобретения с использованием в затычке для ушей пористой керамики в качестве пористого материала, при уменьшении давления в результате симитированного увеличения высоты.

20 Фиг. 13 изображает график, демонстрирующий работу варианта воплощения настоящего изобретения с использованием в затычке для ушей пористой керамики в качестве пористого материала, при увеличении давления в результате симитированного уменьшения высоты.

25 Фиг. 14 изображает график, демонстрирующий результаты Примера 4, в котором три затычки для ушей, включая настоящее изобретение, на которое делается ссылка как на EarPlane, испытаны и сравнены с точки зрения способности глушения шумов.

30 Фиг. 15 изображает лабораторный имитатор, использованный для измерения темпа пропуска воздуха затычками для ушей, изготовленными в соответствии с настоящим изобретением.

35 Фиг. 16 изображает лабораторный имитатор, использованный для измерения темпа пропуска воздуха затычками для ушей, изготовленными в соответствии с настоящим изобретением.

40 Фиг. 17 изображает лабораторный имитатор, использованный для измерения темпа пропуска воздуха затычками для ушей, изготовленными в соответствии с настоящим изобретением.

45 Фиг. 18 изображает лабораторный имитатор, использованный для измерения темпа пропуска воздуха затычками для ушей, изготовленными в соответствии с настоящим изобретением.

50 Фиг. 19 изображает лабораторный имитатор, использованный для измерения темпа пропуска воздуха затычками для ушей, изготовленными в соответствии с настоящим изобретением.

55 Фиг. 20 изображает лабораторный имитатор, использованный для измерения темпа пропуска воздуха затычками для ушей, изготовленными в соответствии с настоящим изобретением.

60 Фиг. 21 изображает лабораторный имитатор, использованный для измерения темпа пропуска воздуха затычками для ушей, изготовленными в соответствии с настоящим изобретением.

давление в пространстве между барабанной перепонкой 20 и регулирующей давление затычкой 24 для ушей остается равным атмосферному давлению на уровне земли так же, как и давление в среднем ухе. Регулирующая давление затычка для ушей приспособлена для медленного высвобождения воздуха, содержащегося в пространстве 30, в окружающую среду через наружный слуховой канал 22 и, как показано, возникает поток воздуха в направлении А, показанном стрелками. Подобным образом происходит сброс давления, когда существует лишь частичная блокировка евстахиевых труб, то есть поток воздуха через заблокированную область 27 проходит в направлении, обозначенном стрелкой В так, что давление в среднем ухе уравнивается относительно давления в окружающей среде.

Подобным образом, фиг. 4 схематически иллюстрирует работу регулирующей давление затычки для ушей, соответствующей настоящему изобретению, в условиях, сравнимых с условиями, показанными на фиг. 3, кроме использования изобретения. Более конкретно, фиг. 4 имитирует эффект снижения самолета. Окружающая среда имеет атмосферное давление, эквивалентное атмосферному давлению на уровне земли, тогда как давление внутри среднего уха 28а еще соответствует атмосферному давлению на высоте 2400 м, которое, предположительно, для этого описания является значением давления в салоне самолета. Такое давление внутри среднего уха является результатом того, что среднее ухо подвергается воздействию давления и заполняется воздухом на высоте 2400 м и не способно уравновесить давление относительно окружающей среды, поскольку евстахиева труба 26а заблокирована, что схематически обозначено как 27а, так, что среднее ухо 28а не может втягивать воздух через евстахиеву трубу или по меньшей мере не может делать это с необходимым темпом, достаточным для получения необходимого давления в среднем ухе. Однако благодаря установке устройства 24а, соответствующего настоящему изобретению, давление в пространстве 30а между барабанной перепонкой 20а и регулирующей давление затычкой 24а для уха остается давлением, соответствующим высоте 2400 м, которое равно или подобно давлению в среднем ухе. Регулирующая давление затычка для ушей приспособлена для медленного пропуска поступающего потока воздуха в пространство 30а через наружный слуховой канал 22а и, как показано, воздушный поток в направлении С, показанном стрелками. Подобным образом, когда евстахиевы трубы заблокированы лишь частично, поток воздуха проходит через заблокированную область 27а в направлении, показанном стрелкой D так, что давление в среднем ухе уравнивается относительно давления окружающей среды.

Предпочтительный вариант воплощения изобретения показан на фиг. 6 и 7. Фиг. 7 изображает увеличенный вид в разрезе предпочтительного теперь варианта выполнения уравнивающей давление затычки 10, соответствующей настоящему изобретению, в которой все компоненты обозначены. Предпочтительный вариант имеет корпус 12, имеющий конфигурацию, в

целом, подобную конфигурации корпуса обычной предохраняющей от шума затычки, содержащий ребристую шейку 13 затычки, которая обеспечивает воздухопроницаемое уплотнение со стенками слухового канала при использовании. Уплотнение важно для обеспечения того, что регулирование давления производится регулятором 14 давления и не вызывается просто закупориванием слухового канала затычкой. В затычке существует канал 15, допускающий прохождение воздушного потока. Регулятор 14 давления, который, предпочтительно, изготовлен из пористого металла или из пористой керамики, и более предпочтительно, из пористого керамического материала, допускает темп пропуска воздуха через него, предпочтительно, в пределах от  $6,1 \cdot 10^{-5}$  до  $1,4 \cdot 10^{-4}$  см<sup>3</sup>/с. На фиг. 6 изображен вид в перспективе настоящего изобретения в предпочтительном варианте его воплощения с множеством ребер 17, обеспечивающих получение средств для закрепления и предотвращения протечки воздуха, удерживающих затычку для уха и предотвращающих любую протечку воздуха, кроме его прохождения через пористый материал.

В альтернативном варианте воплощения настоящего изобретения, показанном на фиг. 8, регулирующая давление затычка создается путем просверливания канала 3 по длине уплотнителя (так как требуется воздухопроницаемое уплотнение) корпуса 1 обычной защищающей от шума затычки для ушей и помещения внутрь него пористой пробки 2. Небольшой пластмассовый конус 4 с внутренним резьбовым соединением помещается в канал затычки для ушей. Переходный патрон 5 с резьбой на одном конце и анкерной соединительной частью на другом ввинчивается в конус 4. Секция в виде силиконовой трубки 6 с пористым керамическим регулятором 2 давления воздуха внутри закрепляется на анкерной соединительной части переходного патрона. В зависимости от характеристик пористого регулятора 2 темп пропуска или темп "протечки" может изменяться для регулирования количества времени, которое он дает для уравнивания давления по обе стороны затычки. Предпочтительно, темп пропуска составляет от  $6,1 \cdot 10^{-5}$  до  $1,4 \cdot 10^{-4}$  см<sup>3</sup>/с.

Пористый материал должен допускать достаточно медленный темп пропуска для обеспечения того, чтобы время уравнивания давления было достаточно продолжительным для получения адекватной защиты пользователя. В этой связи, пенные затычки, изготовленные из смесей с открытыми и закрытыми ячейками, были испытаны на их способность работать как регулирующее средство и не продемонстрировали успеха, поскольку поток воздуха сквозь эти материалы слишком велик для регулирования давления по обе стороны затычки для ушей.

В варианте воплощения изобретения, показанном на фиг. 8, наружный диаметр силиконовой трубки 6 составляет приблизительно 3,2 мм и внутренний диаметр приблизительно 2 мм. Наружный диаметр пористого регулятора 2 составляет

приблизительно 2,1 мм и, таким образом, между трубкой и пористым регулятором 2 существует воздухонепроницаемая посадка с трением.

На фиг. 9 изображен другой альтернативный вариант воплощения изобретения. Этот вариант имеет, в целом, такую же конструкцию, как и вариант, показанный на фиг. 8, за исключением того, что пористый регулятор 7 изготовлен из одной или более пластин из пористого металла.

Теперь, в предпочтительном варианте воплощения изобретения, пористый регулятор 14 изготовлен из пористой керамики (99-процентная окись алюминия  $Al_2O_3$ ) и сформирован в виде небольшого правильного круглого цилиндра длиной приблизительно 2,8 мм и диаметром приблизительно 2 мм. Свободно текущий порошок окиси алюминия комбинируется со спекающими и уплотняющими средствами и помещается в цилиндрическую матрицу. Порошок одноосно уплотняется прессом до "сырой" плотности и затем спекается при высокой температуре, при этом порошок дополнительно частично уплотняется и образует твердое пористое тело. Пористость керамики регулируется подбором размера частиц, спекающих и уплотняющих средств и управлением температурным профилем спекания. Обработанный керамический материал, предпочтительно, имеет средний размер пор, составляющий приблизительно от 2,6 до 3,4 мкм. Пригодным поставщиком керамического регулятора 14 является Coors Ceramics Company of Golden, Colorado, которая производит описанный регулятор под товарным наименованием АНР-99.

Законченный керамический регулятор вводится в канал затычки 15, который имеет внутренний диаметр, составляющий приблизительно 1,8 мм. Посадка с натягом обеспечивает воздухонепроницаемое уплотнение между керамикой и затычкой для ушей.

Как отмечалось выше, затычка для ушей, соответствующая настоящему изобретению, обеспечивает чрезвычайно низкий темп пропуска воздуха. Темпы пропуска в необходимых пределах от  $6,1 \cdot 10^{-5}$  до  $1,4 \cdot 10^{-4}$  см<sup>3</sup>/с трудно точно измерить с использованием обычного оборудования. Соответственно, был разработан специальный лабораторный имитатор для получения затычки для ушей с необходимым темпом пропуска. Имитатор состоит из двух камер: внутренней и наружной камер. Внутренняя камера имитирует слуховой канал, имеет объем, приближенный к объему слухового канала и формирует воздухонепроницаемое уплотнение вокруг затычки для ушей так, что давление воздуха во внутренней камере уравновешивается относительно давления воздуха в наружной камере через затычку для ушей. Наружная камера полностью заключает в себе внутреннюю камеру и имитирует "салон самолета".

Теперь со ссылками на фиг. 15 будут описаны детали конструкции лабораторного имитатора. Внутренняя камера 102 представляет собой акриловую трубку с внутренним диаметром, составляющим приблизительно 13 мм, и высотой приблизительно 6,5 мм, таким образом, содержащую объем, приблизительно

эквивалентный объему типичного слухового канала. Трубка 104 приклеена к акриловому основанию 106 для обеспечения воздухонепроницаемого соединения. Основание 106 содержит акриловый блок размером приблизительно 114,3 мм • 88,9 мм • 12,7 мм. Верх внутренней камеры 102 герметично закрыт другим акриловым блоком 108 размером приблизительно 3,8 мм • 3,8 мм • 19 мм. Блок 108 имеет отверстие 110, в которое при испытании может вставляться затычка 112 для ушей.

Наружная камера 114 или "салон самолета" ограничена второй акриловой трубкой 116, имеющей внутренний диаметр, составляющий приблизительно 63,5 мм и высоту приблизительно 76,2 мм. Наружная камера 114 герметично закрыта сверху акриловым блоком 118 размером приблизительно 88,9 мм • 88,9 мм • 12,7 мм. При испытаниях большой зажим (не показан) располагается между блоками 106 и 118 для введения блока 118 в плотный воздухонепроницаемый контакт с наружной трубкой 116.

Трубка 120 сообщается с внутренней камерой 102 сквозь блок 108 и простирается сквозь наружную трубку 116 наружу, где она соединяется с датчиком давления 122. Трубка 124 сообщается с наружной камерой 114 сквозь наружную трубку 116 и соединяется с датчиком давления 126. Трубки 120 и 124 имеют наружные диаметры, составляющие приблизительно 3,2 мм и 6,4 мм соответственно. Датчики давления 122 и 126 представляют собой преобразователи SenSym SCX05-DNC, соединенные с модулями оценки SenSym SCX-E1. Они отслеживают давление  $\pm 0,4$  кг/см<sup>2</sup> относительно давления воздуха в окружающей среде. Выходные сигналы датчиков поступают в модуль приема данных 134, такой как Computer Boards CIO-8DAS. Третий датчик давления, представляющий преобразователь SenSym SCX15-ANC с модулем оценки SenSym SCX-E1, используется для отслеживания давления окружающей среды и также соединен с модулем приема данных.

Трубка 124, ведущая из камеры 114, имитирующей "салон самолета", также соединена Т-образным соединителем со шприцем 130. Шприц позволяет повышать давление в камере или снижать его относительно атмосферного давления. Шаговый двигатель 132, такой как CompuMotor Plus, соединен с тягой поршня шприца. Скорость и направление вращения двигателя управляются компьютером 136. В одном направлении вращения поршень шприца движется внутрь, увеличивая давление в камере 114 или в "салоне самолета", таким образом вызывая изменение давления в салоне при снижении самолета. В другом направлении вращения поршень шприца вытягивается наружу, уменьшая давление в камере 114, таким образом имитируя изменение давления в салоне при взлете самолета.

Лабораторный имитатор или другое эквивалентное высокочувствительное измеряющее темп пропуска воздуха устройство необходимо для подбора пригодного регулятора давления с

необходимым темпом пропуска воздуха. Хотя здесь были описаны конкретные предпочтительные варианты воплощения изобретения, будет понятно, что любой устойчивый материал, обеспечивающий необходимый темп пропуска воздуха и имеющий размеры, допускающие вставку в человеческое ухо, может использоваться в настоящем изобретении, например, пористая керамика, содержащая 99% окиси алюминия  $Al_2O_3$ , скомбинированной со связывающим веществом, и сформированная в виде правильного круглого цилиндра.

#### ПРИМЕР 1

Затычка для ушей с регулятором из пористого металла была испытана в лабораторном имитаторе, описанном выше. Давление в камере, имитирующей "салон", регулировалось компьютером для имитации взлета и снижения самолета в пределах 3000 м. Фиг. 10 и 11 показывают сравнение давления воздуха в камере, имитирующей салон самолета, с давлением воздуха в камере, имитирующей ухо. Модель предполагает, что время полета до достижения высоты 3000 м составляет 20 минут.

Давление воздуха в камере, имитирующей ухо, отстает на 10-15 минут от давления воздуха в салоне самолета при взлете, при этом время отставания увеличивается при уменьшении давления воздуха (большие высоты). Подобным образом, давление воздуха в камере, имитирующей ухо, задерживается на 5-10 минут от давления в салоне при снижении самолета, при этом время отставания увеличивается при увеличении давления воздуха в салоне самолета (малые высоты).

#### ПРИМЕР 2

Затычка для ушей с регулятором из пористой керамики была испытана в том же имитаторе и в тех же условиях, которые были описаны для примера 1. Результаты испытания керамического регулятора показаны на фиг. 12 и 13. С керамическим регулятором давление воздуха в камере, имитирующей ухо, задерживается на 4-5 минут относительно давления в камере, имитирующей салон самолета при взлете и снижении.

#### ПРИМЕР 3

Затычка для ушей с регулятором из пористого керамического материала испытывалась на людях в барокамере. Затычки для ушей с регулятором давления воздуха из пористого материала вставлялись в одно ухо субъектов испытаний, тогда как в другое вставлялась обычная затычка. Это было испытание "вслепую", и ни субъекты испытания, ни экспериментаторы не знали, какая в каком ухе затычка.

Испытание показало безопасность и комфортность затычек для людей, подвергнутых изменению давления воздуха в окружающей среде. У всех субъектов испытаний среднее ухо и евстахиева труба функционировали нормально, и во время испытаний у них не было носоглоточных закупорок. В ходе испытания имитировался профиль давлений, типичный для коммерческих самолетов при наборе высоты до 2400 м за 16 минут и последующем снижении до уровня моря за 23 минуты. При испытании субъекты испытаний носили обе

затычки.

Субъекты испытаний, в целом, не испытывали трудностей при вставлении затычек и поддержании закупоренного состояния ушей во всех случаях имитации полета. Они также не испытывали каких-либо трудностей при извлечении затычки после имитированного полета. Все субъекты испытания доложили об очень незначительном ухудшении слуха и затруднении участия в разговорах при ношении затычек.

Результаты показали, что затычка для ушей может использоваться для регулирования избыточного давления по линии барабанной перепонки, вызванного изменениями давления при полете.

#### ПРИМЕР 4

Конфигурация настоящего изобретения, в которой в качестве регулирующего давление материала была использована пористая керамика, была также испытана на ее способность заглушать звук. Как показано на фиг. 14, вариант воплощения настоящего изобретения, которым была регулирующая давление затычка для ушей с пористым керамическим материалом и который обозначен на фиг. как регулирующая затычка, был сравнен с двумя коммерчески доступными звукопоглощающими затычками для ушей, а именно пенистыми затычками и силиконовыми затычками. Испытания с несколькими субъектами подтвердили, что в пределах диапазона частот от 250 Гц до 8000 Гц настоящее изобретение было также эффективно для поглощения шумов, как и коммерчески доступные затычки для ушей, предназначенные для поглощения шумов. Каждая из коммерчески доступных затычек для ушей, с которыми сравнивалось настоящее изобретение, имела конфигурацию, которая не была эффективной для регулирования давления.

Для специалиста в данной области техники будет очевидно, что в описанном выше устройстве может быть сделано множество модификаций и изменений для выполнения тех же функций без отхода от сущности и рамок настоящего изобретения.

#### Формула изобретения:

1. Регулирующая давление воздуха затычка для ушей, содержащая корпус затычки для ушей с каналом, проходящим через него, указанный корпус затычки для ушей выполнен с возможностью формирования воздухонепроницаемого уплотнения, будучи помещенным в слуховой канал, отличающаяся тем, что содержит регулятор давления воздуха, по существу, закупоривающий указанный канал, и имеющий темп пропуска воздуха в пределах от  $6,1 \cdot 10^{-5}$  до  $1,4 \cdot 10^{-4}$  см<sup>3</sup>/с.

2. Затычка для ушей по п. 1, отличающаяся тем, что регулятор давления воздуха изготовлен из пористого металлического материала.

3. Затычка для ушей по п. 1, отличающаяся тем, что регулятор давления воздуха изготовлен из пористого керамического материала.

4. Способ временного замедления темпа изменения давления внутри слухового канала под воздействием либо понижения, либо повышения давления воздуха в окружающей

среде, отличающийся тем, что помещают в указанный слуховой канал регулируемую давление затычку для ушей, содержащую корпус затычки для ушей, имеющий канал, проходящий через него, причем указанный корпус затычки для ушей выполнен с возможностью формирования воздухонепроницаемого уплотнения, будучи помещенным в слуховой канал указанного субъекта, регулятор давления воздуха, по существу, закупоривающий указанный канал, и имеющий темп пропуска воздуха в пределах от  $6,1 \cdot 10^{-5}$  до  $1,4 \cdot 10^{-4}$  см<sup>3</sup>/с, и осуществляют медленное уравнивание давления внутри среднего уха под воздействием изменения давления воздуха в окружающей среде.

5. Затычка для ушей для глушения звука и регулирования давления, содержащая, в целом, удлиненный корпус с множеством

ребер, расположенных вокруг наружной поверхности, для закрепления указанной затычки для ушей в ухе пользователя, по существу, без пропуска воздуха, указанный корпус имеет канал, проходящий через него, отличающаяся тем, что в указанном канале имеется пористый канал, имеющий темп пропуска воздуха в пределах от  $6,1 \cdot 10^{-5}$  до  $1,4 \cdot 10^{-4}$  см<sup>3</sup>/с.

5 6. Затычка для ушей по п. 5, отличающаяся тем, что указанный пористый материал выбран из пористой керамики и пористого металла.

10 7. Затычка для ушей по п. 6, отличающаяся тем, что указанная пористая керамика содержит 99% окиси алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, скомбинированной со связывающим веществом, и сформирована в виде правильного круглого цилиндра.

20

25

30

35

40

45

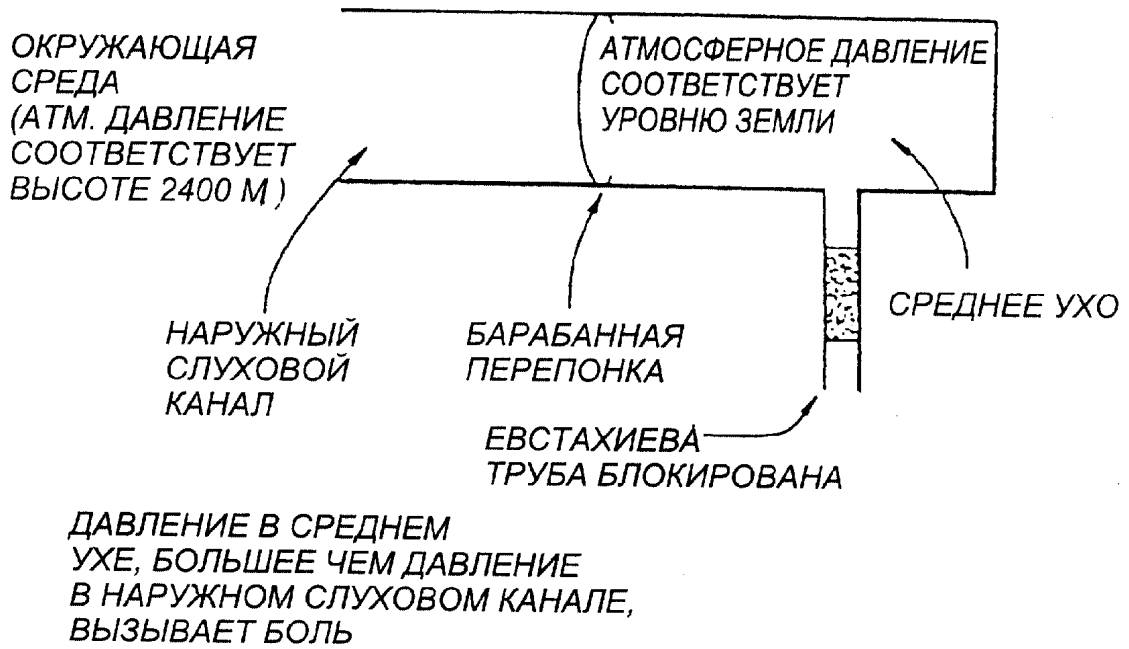
50

55

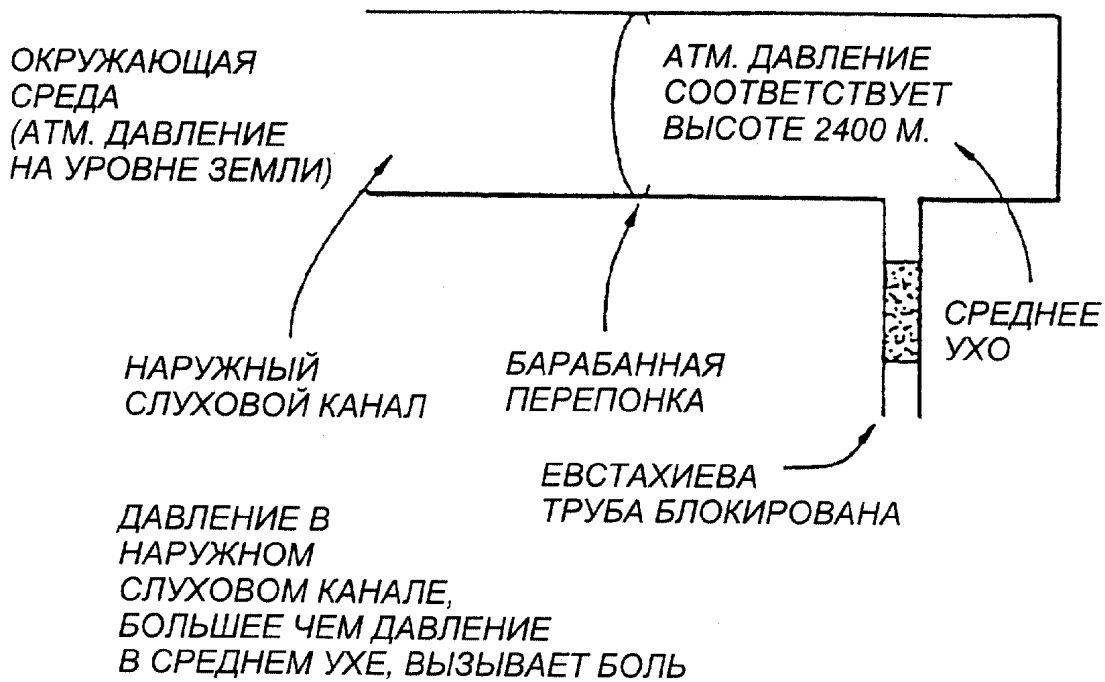
60



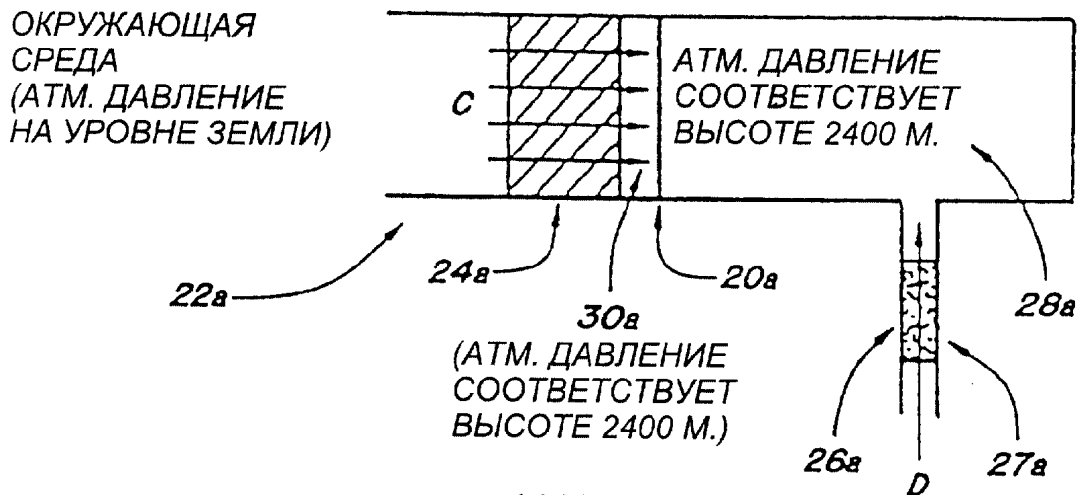
ФИГ. 1



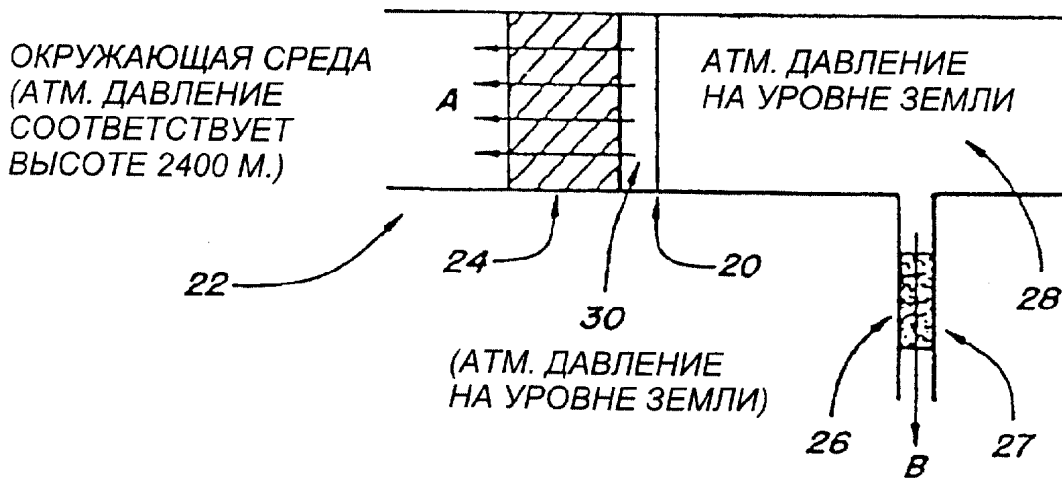
ФИГ. 2



ФИГ. 3



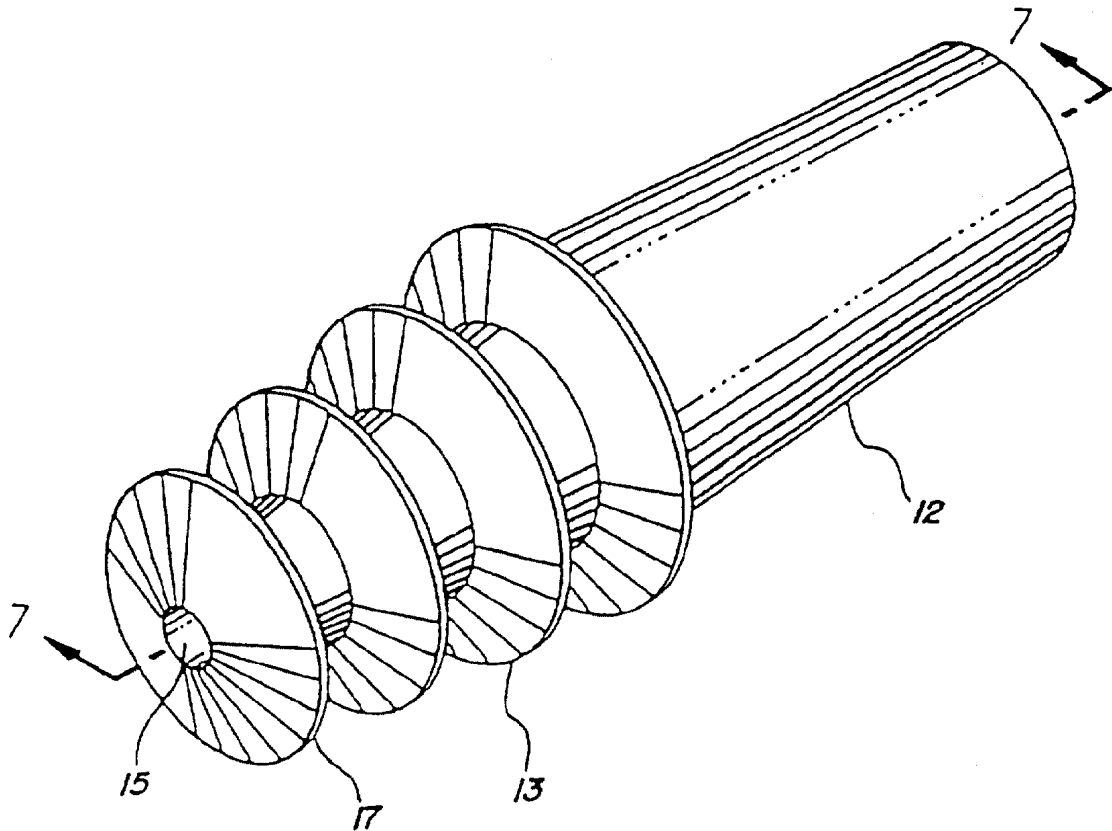
ФИГ. 4



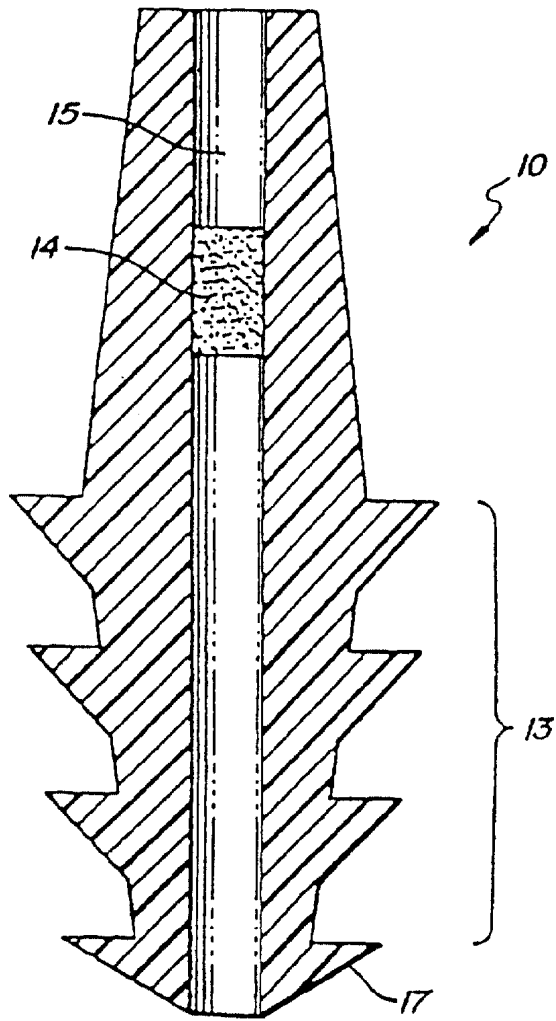
ФИГ. 5

RU 2 1 7 7 7 6 9 C 2

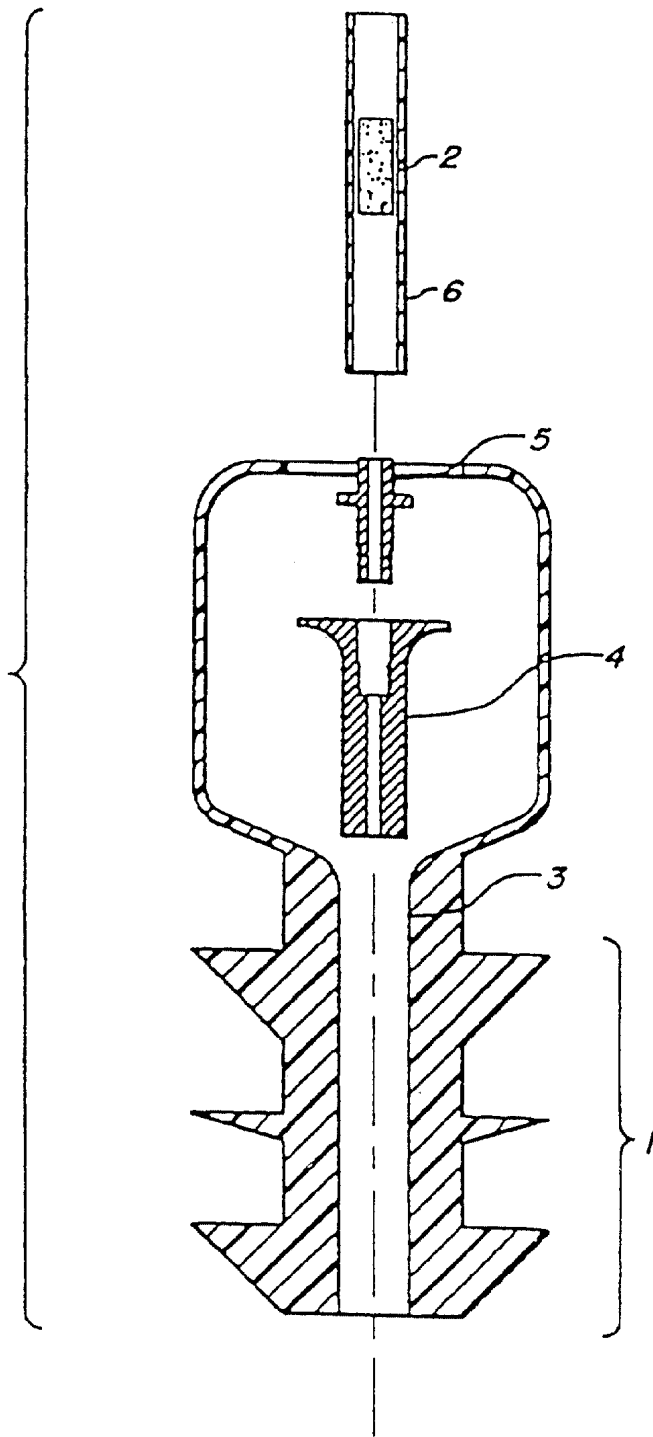
RU 2 1 7 7 7 6 9 C 2



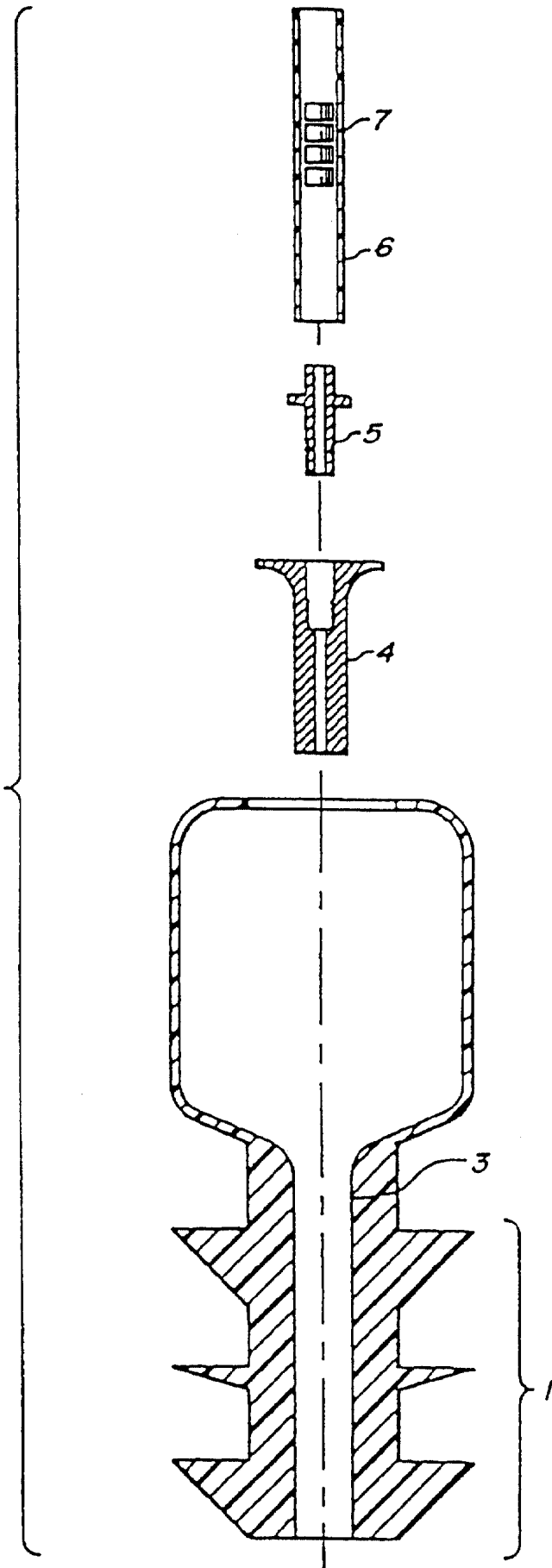
ФИГ. 6



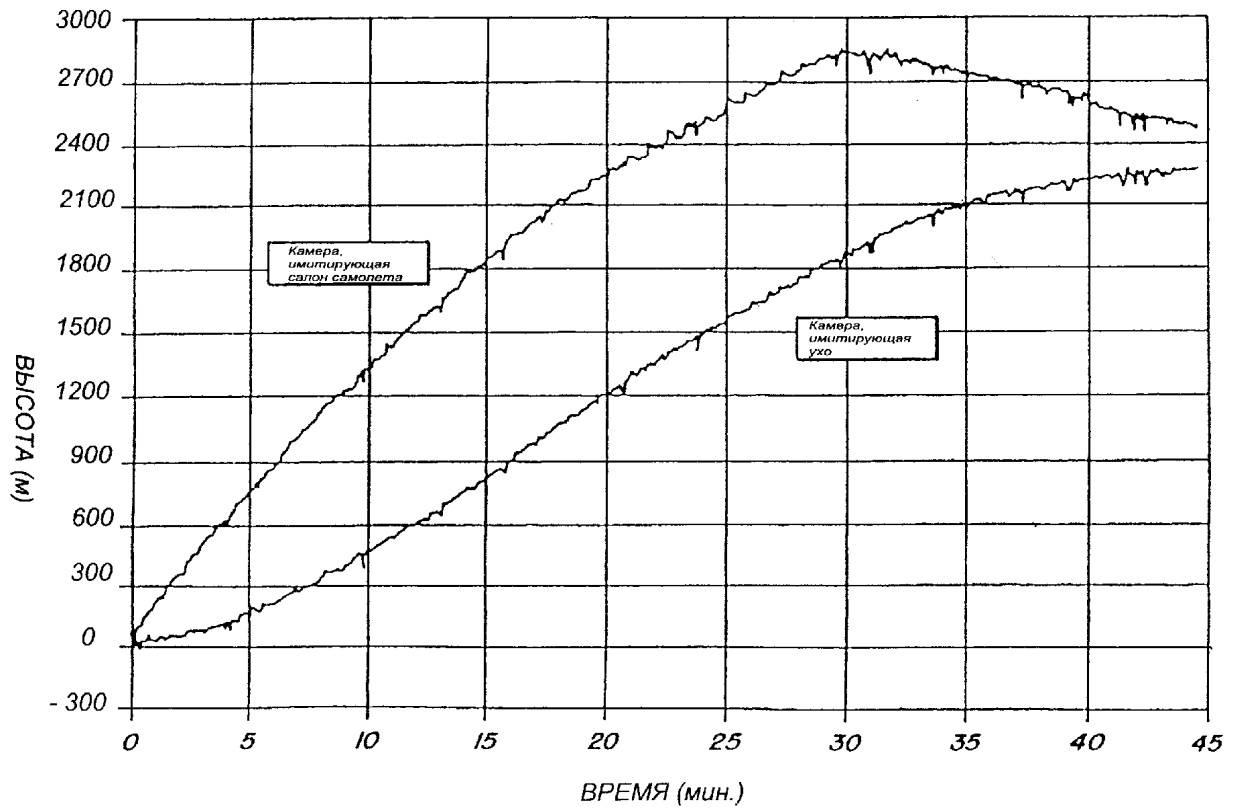
ФИГ. 7



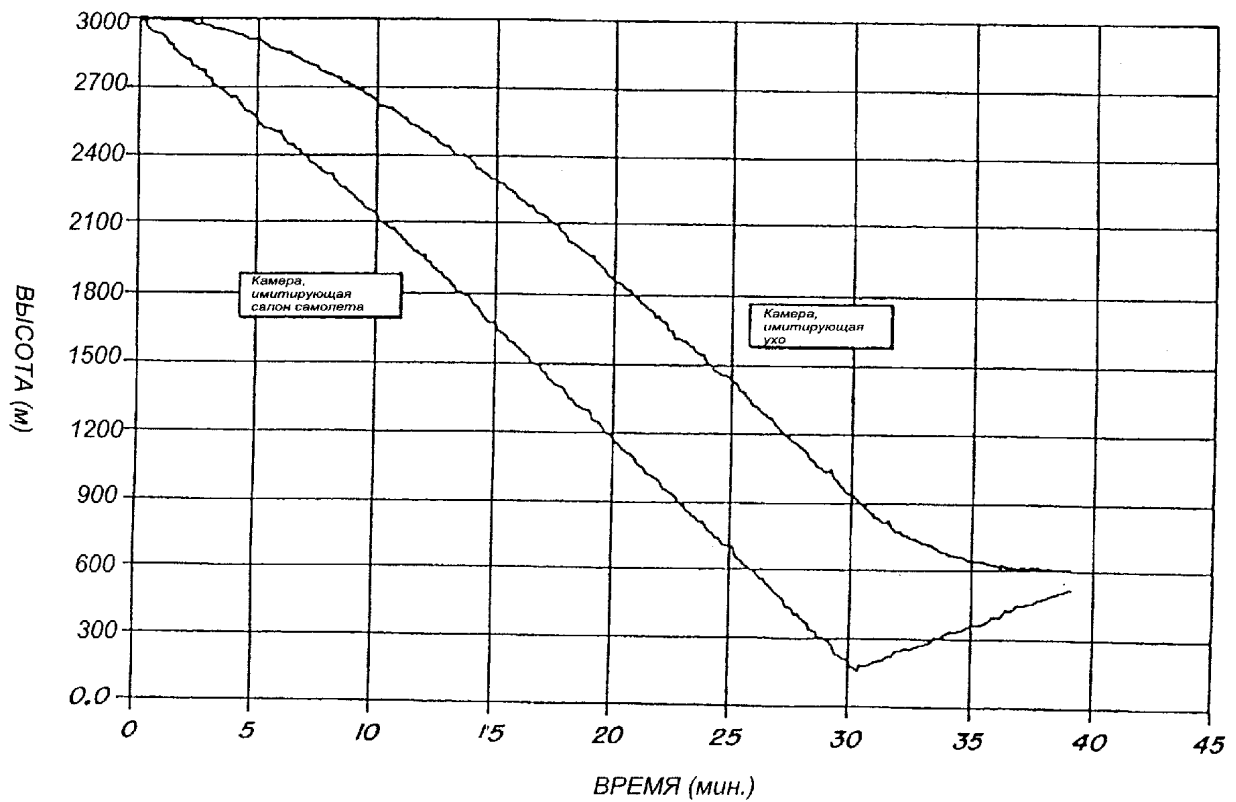
Фиг. 8



ФИГ. 9



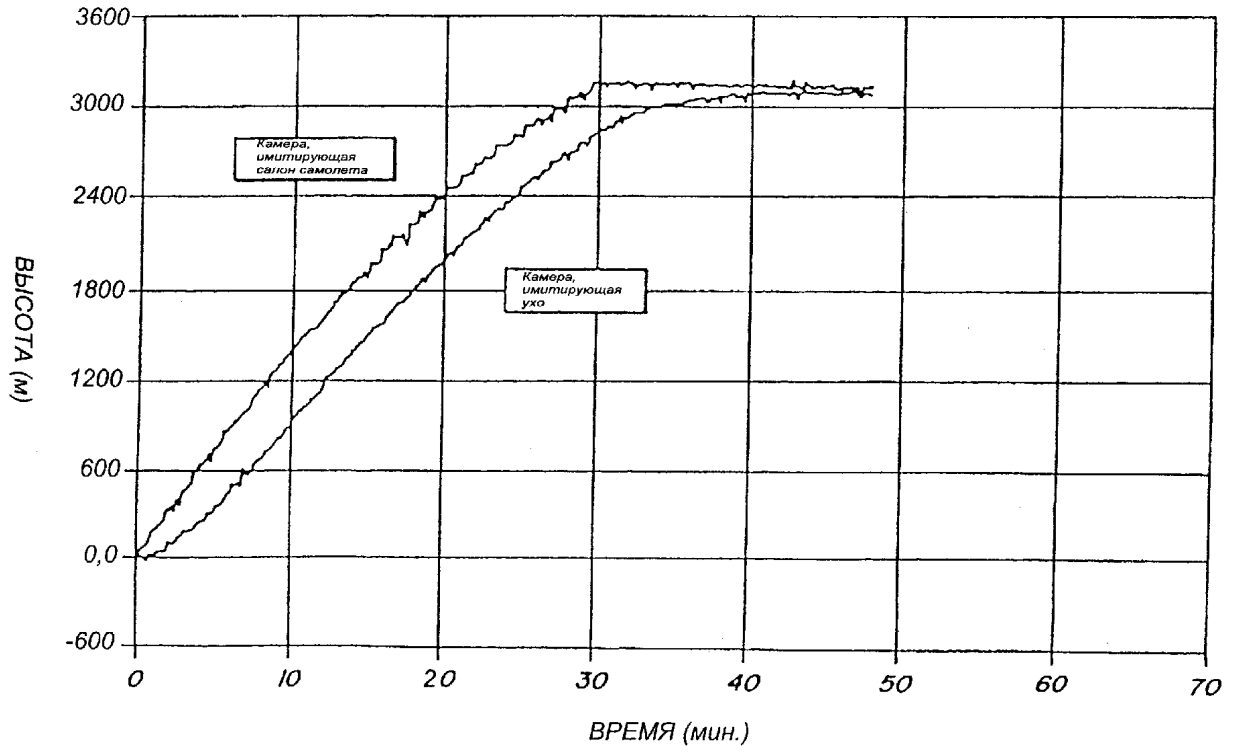
ФИГ. 10



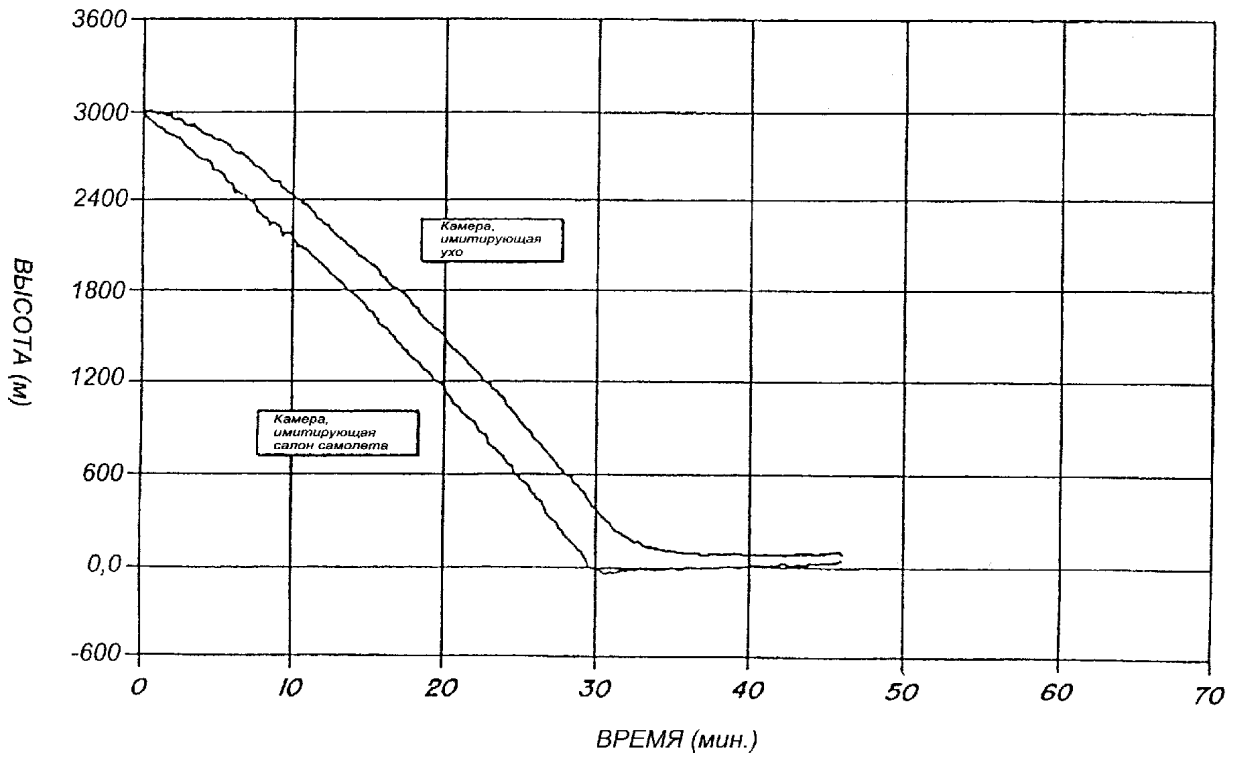
ФИГ. 11

RU 2177769 C2

RU 2177769 C2



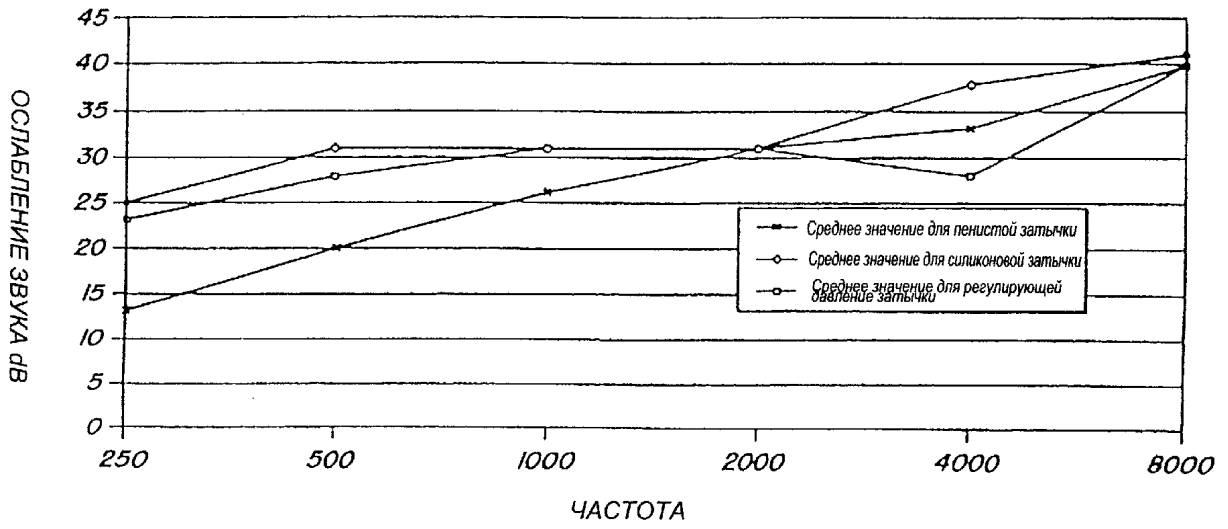
ФИГ. 12



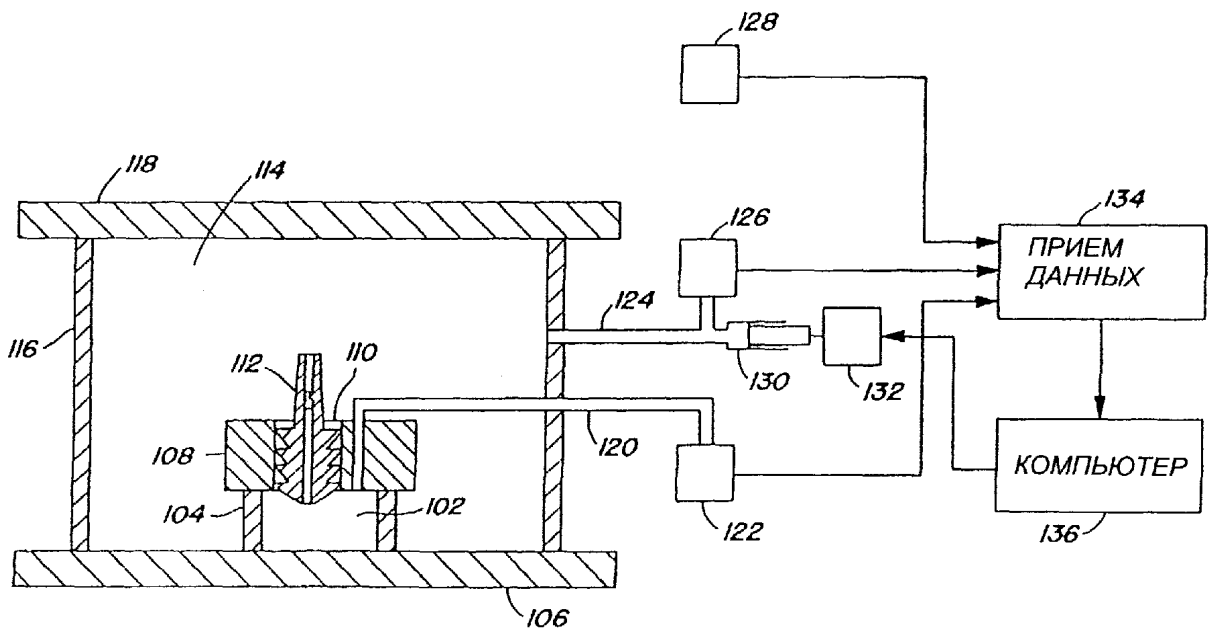
ФИГ. 13

RU 2177769 C2

RU 2177769 C2



ФИГ. 14



ФИГ. 15

RU 2 1 7 7 7 6 9 C 2

RU 2 1 7 7 7 6 9 C 2