



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

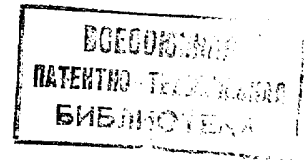
(19) **SU** (11) **1639421** **A3**

(51)5 A 61 B 17/22

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

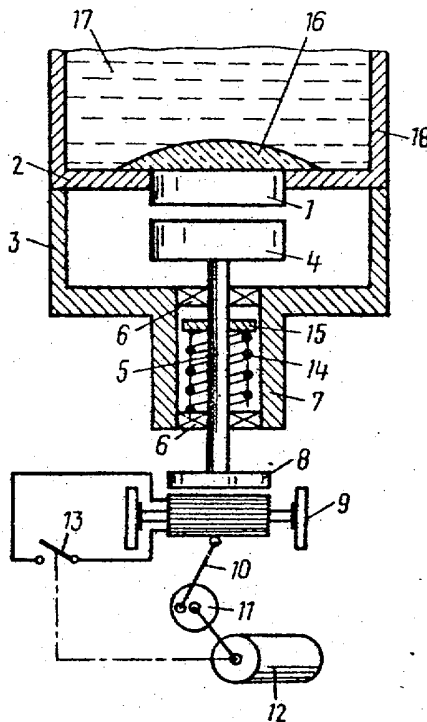
# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К ПАТЕНТУ



- (21) 4027716/14
- (22) 30.06.86
- (31) 8509865
- (32) 28.06.85
- (33) FR
- (46) 30.03.91. Бюл. № 12
- (76) Жак Дори (FR)
- (53) 615.471(088,8)
- (56) Заявка ФРГ № 3312014,  
кл. А 61 В 17/22, 1984.
- (54) ГЕНЕРАТОР УПРУГИХ ИМПУЛЬСОВ  
ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ПОЧЕЧНЫХ КАМНЕЙ И КАМ-  
НЕЙ В МОЧЕВОМ ПУЗЫРЕ
- (57) Изобретение относится к медицин-  
ской технике, а именно к устройствам

2  
для генерации воздействия при бескон-  
тактном разрушении конкрементов. Цель  
изобретения - уменьшение диаметра фо-  
кусного пятна за счет увеличения  
энергии высокочастотной составляющей  
спектра. Устройство содержит нако-  
пительную катушку 1, окруженную фланцем 2, при-  
крепленным к цилиндрическому корпусу 3,  
взаимодействующую с молотком 4,  
прикрепленным на конце тяги 5, которая  
скользит в двух шарикоподшипниках 6,  
установленных во втулке 7, являющей-  
ся продолжением дна корпуса 3. На  
другом конце тяги 5, вне втулки 7,  
крепится якорь 8 электромагнита 9.



Фиг.1

(19) **SU** (11) **1639421** **A3**

Ярмо электромагнита установлено с возможностью скольжения по оси тяги. Тяга 5 приводится в возвратно-поступательное движение криволинейно-шатунным механизмом, соединенным с валом электродвигателя 12. Переключа-

тель 13 управляет включением электромагнита 9. На рабочей стороне наковальни 1 приклеена акустическая линза 16, фокусирующая ударную волну в жидкости 17, налитой в ванне 18. 8 э.п. ф-лы, 14 ил.

Изобретение относится к медицинской технике и может быть применено для бесконтактного разрушения конкрементов в теле биообъектов.

Цель изобретения - уменьшение диаметра фокусного пятна за счет увеличения энергии высокочастотной составляющей спектра.

На фиг. 1 изображен генератор упругих импульсов, вариант I; на фиг. 2 и 3 - наковальня, установленная на основании, вид спереди с частичным разрезом и в плане; на фиг. 4 и 5 - схема автоматической регулировки параллельности соответствующих плоскостей молотка и наковальни; на фиг. 6 и 7 - временная диаграмма, отражающая вид сигналов в различных точках указанной схемы регулировки; на фиг. 8 - молоток и его приводная тяга, вариант; на фиг. 9 - график, отражающий развитие волны давления в ударной пластине молотка по фиг. 8; на фиг. 10-12 - средства визуализации места локализации фокального пятна на конкременте; на фиг. 13 и 14 - генератор, продольный и поперечный разрезы, вариант II.

Генератор содержит наковальню 1, окруженную фланцем 2, прикрепленным к цилиндрическому корпусу 3 и взаимодействующим с молотком 4, прикрепленным на конце тяги 5, которая скользит в двух шарикоподшипниках 6, установленных во втулке 7, являющейся продолжением дна цилиндрического корпуса 3. На другом конце тяги 5 вне втулки 7 крепится якорь 8 электромагнита 9. Ярмо электромагнита установлено с возможностью скольжения по оси тяги.

Тяга 5 приводится в возвратно-поступательное движение кривошипно-шатунным механизмом 10-11, соединенным с валом электродвигателя 12. Переключатель 13 управляет включением электромагнита 9. Прерывистой линией схе-

матично показано управление этим переключателем валом двигателя посредством кулачка. Пружина 14 сжатия упирается в упор 15, соединенный с тягой рядом с подшипником 6.

На стороне наковальни 1, противоположной стороне, взаимодействующей с молотком 4, приклеена акустическая линза 16, способная преобразовывать плоскую упругую волну, вызванную ударом молотка, в сферическую волну, которая распространяется в жидкости 17, содержащейся в ванне 18, дном которой является фланец 2.

На фиг. 2 и 3 показана наковальня 1, окруженная фланцем 2. Нижняя поверхность этого фланца крепится упругими кронштейнами 19 к краю цилиндрического корпуса 3. Положение плоскости фланца относительно горизонтальной плоскости может регулироваться посредством трех прецизионных винтов 20-22, управляемых двигателями 23-25. Три датчика 26-28, например, пьезоэлектрического типа или датчики напряжений закреплены по окружности наковальни на стороне последней в контакте с линзой (не показана) напротив соответствующих регулировочных винтов.

На фиг. 4 представлена схема, содержащая три усилителя 29-31, связанные с соответствующими датчиками 26-28, триггерами 32-34, выходы которых соединены с логической схемой 35, а ее выход через усилители с соответствующими двигателями 23-25.

Схема, представленная на фиг. 5, содержит два логических инвертора 36 и 37, которые соединены с триггерами 32-34, а выходы инверторов соединены с входами схем И 38 и 39.

На фиг. 8 представлена конструкция, содержащая молоток 4, выполненный в виде сплошной детали из легкого сплава 40, на которой прикреп-

лена стальная пластинка 41, например, толщиной 3 мм посредством упругого слоя 42. Упор 15, выполненный в форме фланца, упирается в конце хода в подшипник 6 посредством упругой прокладки 43, предназначенной для исключения блокировки молотка 4.

На фиг. 10-12 показан генератор упругих волн в виде наковальни 1, приклеенной к акустической линзе 16. Эхографический зонд 44 взаимодействует с зеркалом 45, которое ориентировано на  $45^\circ$  и качается вокруг вала 46 благодаря двигателю 47. Диаметр зеркала 45 составляет 10 мм для обеспечения перехвата только небольшой части звуковой энергии, подаваемой генератором упругих волн. Кроме того, с таким устройством можно визуализировать фокальное пятно образованного пучка упругих волн. Для этой цели на поверхность наковальни наклеивают тонкий лист пьезоэлектрического полимера типа PVF<sub>2</sub> (позиция 48, фиг. 10) и соединяют его (показано прерывистой линией) с эхографическим устройством 49. Таким образом получают передачу эхографического ультразвукового пучка, который имеет такую же геометрическую структуру, как и пучок упругих волн, подаваемый наковальней, но меньшей мощности и с более высокой частотой импульсов. Лист PVF<sub>2</sub> имеет полное сопротивление, близкое полному сопротивлению воды, и не мешает распространению волны давления, подаваемой наковальней. Этот упругий материал является очень стойким и может без ущерба пропускать волну давления. Кроме того, лист PVF<sub>2</sub> позволяет контролировать форму импульса давления.

На фиг. 13 и 14 показан молоток 4 в виде цилиндрической чаши толщиной в несколько миллиметров, которая взаимодействует с наковальней 1 такой же формы, охваченной втулкой 50, продолженной за наковальню и служащей средством основания и центровки цилиндрического ядра электромагнита 51. Это ядро содержит наружную полуцилиндрическую деталь 52, закрытую на одном конце дном 53, продолженным осевым цилиндрическим сердечником 54. Этот последний образует воздушный зазор 55 с деталью 52 и ограничивает дном и участком меньшей

толщины детали 52 кольцевое гнездо для катушки 56, которая принимает постоянное питание.

Деталь 52, сердечник 54 и цилиндрические чаши 1 и 4 имеют совмещенные оси симметрии, а кольцевой край молотка 4 размещен напротив кольцевого воздушного зазора 55 таким образом, что цилиндрический узел (установленный с возможностью скольжения вокруг сердечника 54 в воздушном зазоре и образованный подвижной цилиндрической деталью 57, продолженной упругим упором 58) может входить в соприкосновение с краем молотка.

Молоток связан с наковальней посредством двух металлических упругих дисков 59 и 60, снабженных круговыми волнистостями, которые делают возможным перемещение молотка на несколько миллиметров по оси устройства, обеспечивая строгую боковую направленность.

Цилиндрическая деталь 61 является жесткой и несет обмотку, питающуюся импульсами посредством гибких проводов (не показаны), в то время как упор 58 является упругим. Например, он выполнен из резины или силикона. Этот узел легче молотка.

Полая цилиндрическая деталь 52 снабжена прорезью 62, открытой по наружной и внутренней образующим, для размещения пластинки 63, выполненной заодно с цилиндрической деталью 57 и для обеспечения возможности скольжения указанной пластинки параллельно указанным образующим. Эта пластинка препятствует вращению узла 57, 58 когда он приводится в движение под действием поля электромагнита на ток, проходящий через катушку (импульс тока 1/100 с, например, имеющий соответствующую полярность для подвода указанного узла в положение удара и противоположную полярность для его возврата в нерабочее положение).

Устройство работает следующим образом.

При включении устройства, когда молоток 4 прижат к наковальне 1 пружиной 14, двигатель 12 приводит ядро электромагнита в верхнее положение, в котором оно контактирует с якорем 8. В этот момент кулачок замыкает переключатель 13 так, что электромагнит 9 возбуждается, ядро осуществляет

движение вниз и увлекает за собой якорь 8. Таким образом, пружина 14 сжимается. В конце регулируемого хода кулачок размыкает переключатель 13 так, что электромагнит 9 освобождает свой якорь, а пружина 14 действует на молоток 4, так, что он ударяет по наковальне 1.

Появившаяся сферическая волна сходится в фокальной точке линзы, где концентрируется значительное количество энергии.

Если молоток 4 и наковальня 1 выполнены из стали при скорости удара 10 м/с, давление составляет  $2 \cdot 10^6$  Па.

Однако основным условием достижения указанной мощности является требование, чтобы все точки поверхности входили в контакт строго одновременно, в противном случае волна перестает быть плоской и не может точно фокусироваться, следовательно, увеличивается продолжительность импульса, его интенсивность относительно быстро понижается. Так например, для получения фронта подъема 1 мс со скоростью 10 м/с допуск горизонтальности и параллельности взаимодействующих поверхностей должен составлять порядка  $\pm 5$  мкм.

Такая горизонтальность может быть получена при обработке стальных деталей. Но основная трудность заключается в сложности регулировки параллельности, особенно в процессе работы.

Для гарантии поддержания этой параллельности несмотря на значительные нагрузки устройства в ходе его работы используется автоматическое устройство регулировки.

Схема регулировки работает следующим образом.

Датчики 26-28 реагируют на удар по наковальне. Если молоток и наковальня не строго параллельны, передние фронты импульсов поступают с датчиков в моменты, сдвинутые во времени. Импульсы с датчиков поступают на усилители 29-31. Передний фронт этих сигналов включает триггеры 32-34. Ждущий мультивибратор 64, подключенный выходом к одному из усилителей, например 29, одновременно ставит триггеры на ноль на заранее определенное время после удара. Таким образом, получают прямоугольные стробимпульсы различной ширины,

которые подают на логическую схему 35, включенную для сравнения ширины стробимпульсов, поступающих от триггеров 33 и 34 с шириной стробимпульса, подаваемого триггером 32, взятого в качестве эталона, и для подачи сигналов, пропорциональных отклонениям ширины. Эти сигналы служат для управления двигателями 23-25 в направлении правого или левого вращения в зависимости от знака отклонений.

Таким образом, коррекция параллельности осуществляется постепенно в ходе каждого из последовательных ударов и непрерывно удерживается по истечении определенного промежутка времени. Двигатель 29, управляемый посредством усилителя 65 от источника возбуждения, подсоединенного к нему посредством переключателя 66, управляет вручную в правом или левом направлении для изменения среднего положения наковальни.

На фиг. 5 показана логическая схема, содержащая два логических инвертора 36 и 37, которые соответственно принимают сигнал а от триггера 32 (фиг. 4) и один из двух сигналов, например б, поступающих от триггеров 33 и 34. Выходные сигналы а и б этих инверторов подаются на две схемы И 38 и 39, которые соответственно их принимают и, таким образом, выдают соответствующие логические произведения  $\bar{a}b$  и  $a\bar{b}$ .

На фиг. 6 показаны сигналы а,  $\bar{a}$ , б,  $\bar{b}$ ,  $\bar{a}b$  и  $a\bar{b}$ , когда б опережает а, на фиг. 7 - сигналы, когда а опережает б.

В первом случае выход  $\bar{a}b$  является положительным в то время, как выход  $a\bar{b}$  является нулевым, а во втором случае происходит обратное. Таким образом можно управлять двигателем 24 в правом или левом направлении с двумя выходами схем 38 и 39. Идентичная схема, в которой инвертор 37 принимает сигнал с от триггера 34, управляет двигателем 25.

Кроме проблемы удержания параллельности наковальни и молотка в процессе работы устройства возникает другая проблема, а именно: остаточная деформация деталей вследствие продолжительного напряжения деталей. Чтобы сократить время контакта между молотком и наковальней до величины, необходимой для создания упругого фронта

волны, преимущественно используют устройство, показанное на фиг. 8. Молоток 4 представляет собой сплошную деталь 40 предпочтительно из легкого сплава, на которой крепится стальная пластинка 41, например, толщиной 3 мм посредством упругого слоя 42. Упор 15 в форме фланца упирается в конце хода в подшипник 6 посредством упругой прокладки 43, предназначенной для исключения мгновенной блокировки молотка. В этом нерабочем положении наружная сторона пластинки 41 молотка очень близка к наковальне (по конструкции устройства и вследствие регулировки среднего положения наковальни (на границе контакта), например несколько сотых миллиметра). В конце хода тяги 5 сплошная часть 40 молотка 4, которая поступает с большой скоростью, блокируется, следовательно (в 1 или 2 мм перемещения) в результате взаимодействия упоров 15 перед соприкосновением с наковальней. Однако пластинка 41 благодаря упругости слоя 42 продолжает перемещаться по инерции на очень небольшое расстояние. В этом случае волна давления распространяется в наковальне 1 и в пластинке 41 и отражается на внутренней стороне пластинки 41 благодаря тому, что полное сопротивление указанной пластинки гораздо выше полного сопротивления упругого слоя 42.

Эта отраженная волна анулирует падающее давление после промежутка времени, соответствующего ходу вперед и назад упругой волны в пластинке 41, по истечении которого давление на уровне наковальни становится, таким образом, аннулированным.

Этот эффект, сопряженный с вращающейся силой упругого слоя, приводит к разрыву контакта между молотком и наковальней.

В пластинке 41 продолжительность хода туда и обратно составляет порядка 1 мс, т.е. равна теоретической продолжительности образования фронта волны. Статические напряжения практически устраняются.

На фиг. 9 показано распространение волны давления  $P$  внутри пластинки 41 после удара ( $P_1$  - давление на задней стороне (или наружной),  $P_2$  - давление на передней стороне); на

фиг. 9а - момент удара; б-е - промежутки времени после удара, соответственно 0,25; 0,5 (момент отражения на задней стороне); 0,75; 0,9 и 1 мс.

Третья проблема достижения упругой волны состоит в аэродинамической амортизации: перед ударом воздушная прослойка заключена между молотком и наковальней и она может вызвать значительное торможение. Для ослабления этого эффекта помещают узел основания молотка в вакуумную камеру или, проще, выполняют в наковальне или в молотке множество канавок для отвода воздуха.

Четвертой проблемой является проблема передачи энергии жидкости. Полное сопротивление стали, в которой возникает волна, примерно в тридцать раз превышает полное сопротивление воды и необходимы прослойки согласования полного сопротивления, если хотят передать значительную часть энергии. Преимущественно помещают несколько прослоек с толщиной, равной четверти длины волны импульса, между материалами наковальни и водой.

Для эффективного воздействия на локализованный предмет, типа почечного камня, полезно точно локализовать его относительно сферического фокального пятна и визуализировать фактическое положение последнего.

Таким образом, ультразвуковой пучок, подаваемый зондом 44, соединенным с соответствующим передатчиком электрических импульсов, входящим в эхографическое устройство 49, осуществляет секторную развертку в плоскости  $P$ , перпендикулярной плоскости фигур 10 и 11 и проходящей через ось симметрии генератора упругих волн фиг. 12. Устройство 49 содержит также известные средства приема и визуализации эха, образованного на цепи. Таким образом получают визуализацию объекта.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Генератор упругих импульсов для разрушения почечных камней и камней в мочевом пузыре, содержащий источник упругих импульсов со сферической поверхностью или источник упругих импульсов с плоской поверхностью

стью и акустической линзой, блок питания источника упругих импульсов, отличающийся тем, что, с целью уменьшения диаметра фокусного пятна за счет увеличения энергии высокочастотной составляющей спектра, источник упругих импульсов содержит наковальню и молоток, причем профиль передающей стороны наковальни отличается от профиля ее приемной стороны, а молоток имеет две противоположные параллельные стороны и ударный элемент и установлен с возможностью возвратно-поступательного движения относительно наковальни, а блок питания источника упругих импульсов выполнен в виде механизма продольной подачи молотка с возвратом.

2. Генератор по п. 1, отличающийся тем, что стороны молотка выполнены плоскими.

3. Генератор по п. 1, отличающийся тем, что он содержит датчики, установленные равномерно по окружности передающей стороны наковальни, датчики соединены с блоком измерения временных сдвигов между фронтами волны, регистрируемых каждым датчиком, и регулирующие устройства, соединенные с датчиками и выполненные в виде регулировочных винтов наклона наковальни, установленных равномерно на фланце напротив соответствующих датчиков.

4. Генератор по п. 1, отличающийся тем, что молоток вы-

полнен в виде детали, на которой через упругий слой закреплена пластинка, механизм продольной подачи молотка с возвратом содержит тягу, соединенную с деталью, и запяточник, установленный с возможностью упора в конце хода в ограничитель через упругую прокладку.

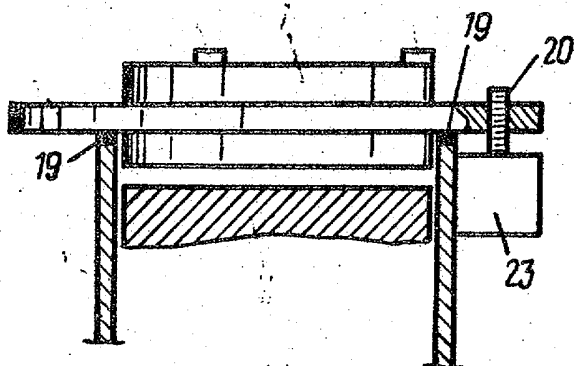
5. Генератор по п. 1, отличающийся тем, что акустическая линза прикреплена к передающей стороне наковальни, причем между линзой и наковальней установлено не менее одной согласующей пластинки.

6. Генератор по п. 5, отличающийся тем, что содержит эхографическое устройство, соединенное с зондом и со средствами секторной развертки.

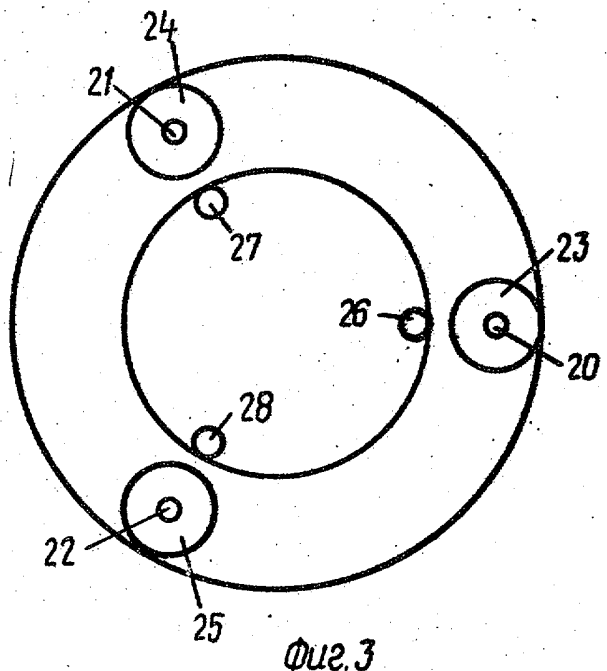
7. Генератор по п. 5, отличающийся тем, что содержит лист пьезокерамического полимера, приклеенный к передающей поверхности наковальни и соединенный с эхографическим устройством.

8. Генератор по п. 1, отличающийся тем, что механизм продольной подачи молотка содержит подвижное устройство, отделенное от молотка и установленное с возможностью соприкосновения с ним.

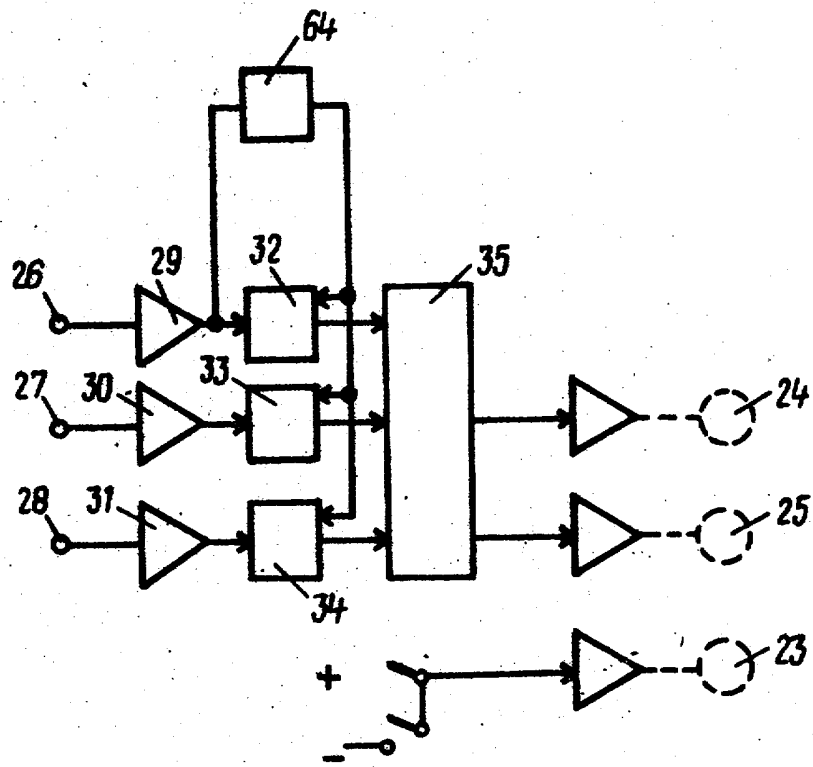
9. Генератор по пп. 1 и 8, отличающийся тем, что подвижное устройство выполнено в виде катушки с электромагнитом и снабжено упругим упором.



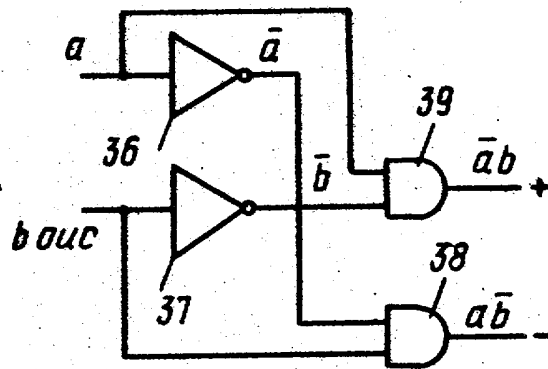
Фиг. 2



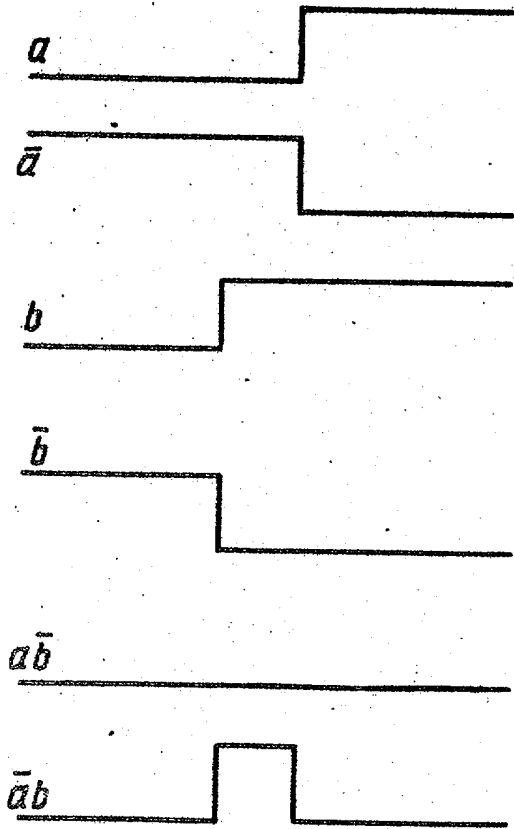
Фиг. 3



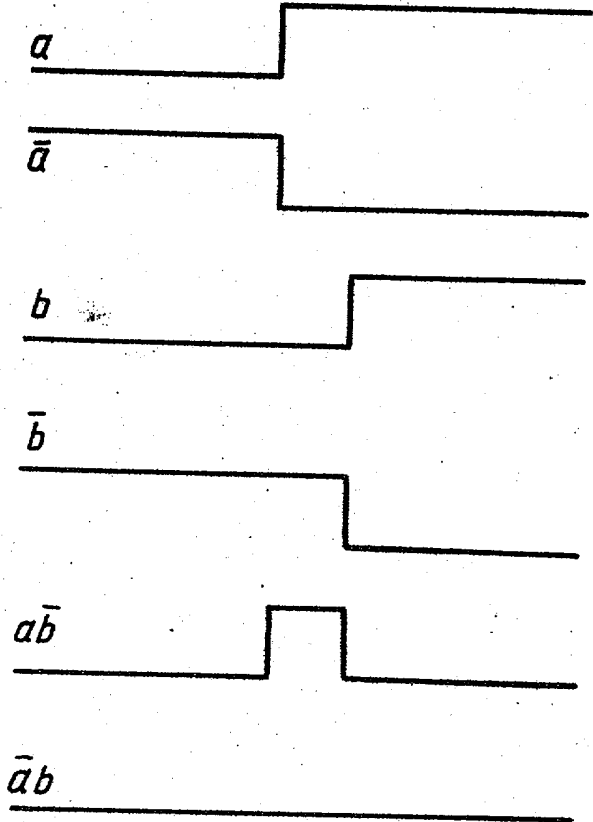
Фиг. 4



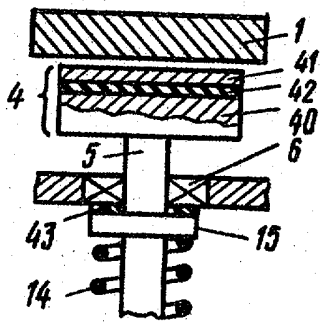
Фиг. 5



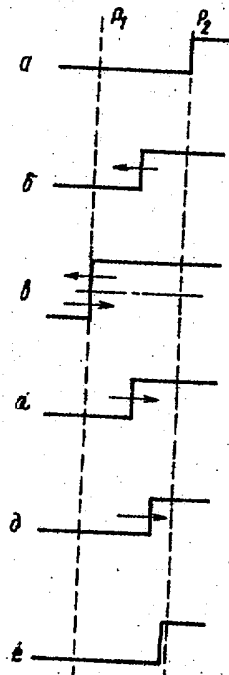
Фиг. 6



Фиг. 7

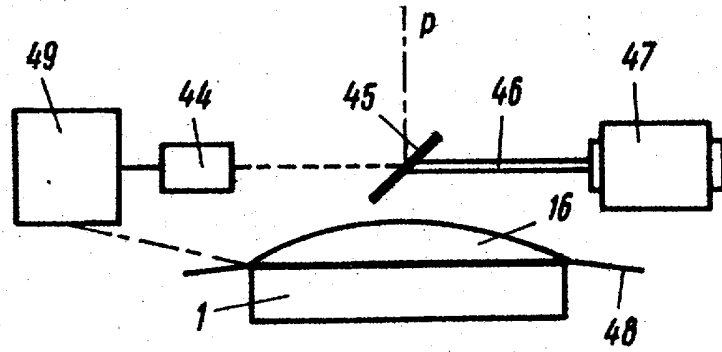


Фиг. 8

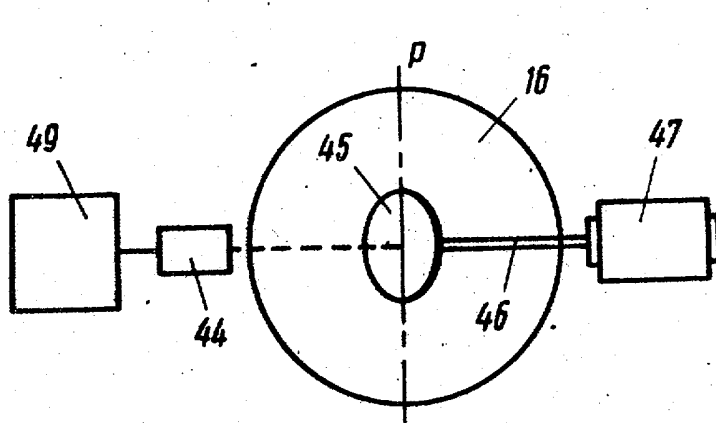


Фиг. 9

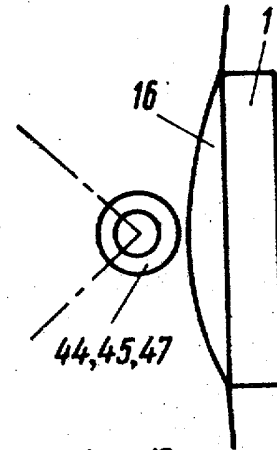




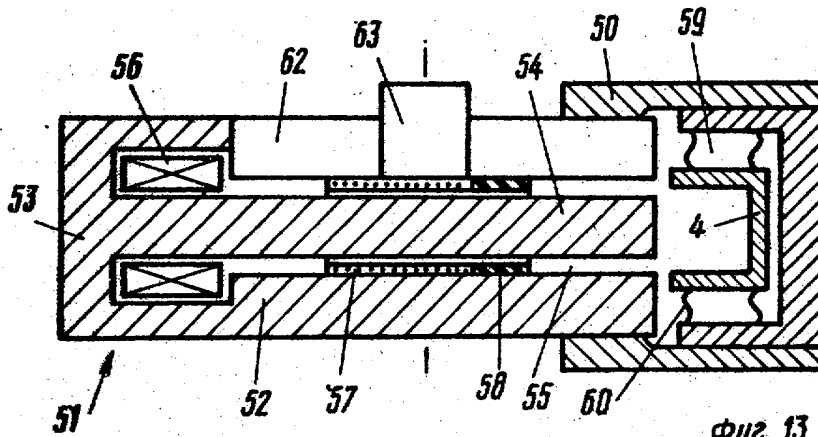
Фиг. 10



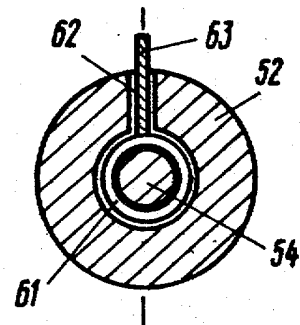
Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

Составитель О. Левин  
 Редактор Л. Пчолинская Техред Л. Олийник

Корректор О. Ципле

Заказ 934

Тираж 432

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101