

**ТОО ТУЛКУСУНАН ИРИ ТАШ БӨЛҮКТҮ АЖЫРАТУУЧУ
ГИДРАВЛИКАЛЫК ШЫНАА ТҮЗҮЛҮШТӨРҮНҮН
КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНА СЕРЕП**

**ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ
КЛИНОВЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ БЛОКА
КАМНЯ ОТ МАССИВА**

**OVERVIEW OF DESIGNS OF HYDRAULIC
WEDGE DEVICES FOR SEPARATING A BLOCK
OF STONE FROM AN ARRAY**

Ж. Усубалиев, К. Т. Эликбаев, Т. О. Райымбабаев

J. Usubaliev, K. T. Elikbaev, T. O. Raibambaev

Бул макалада тоо тулкусунан табигый таштын ири таш бөлүгүн ажыратуучу гидравликалык тектерди чаккычтардын жана башка чөйрөлөрдө колдонуучу шыналуу механизмдери каралат. Бул жерде алардын дайындоосу, колдонуучу жабдуулардын маңызы жана конструктивдик аткаруулары, алардын артыкчылык менен кемчиликтери кыскача келтирилген.

Тоо тулкусунан таштардын ири бөлүктөрүн ажыратууда таштын жарылып ажыраган беттеринин сапатын жогорулатуу жана ажыратуу күчүн төмөндөтүү максатында бургушыналуу ыкмаларын колдонууда көзөнөккө орнотуучу түзүлүштүн бөлүгүнүн ар кандай гидравликалык шынаалардын ири ташты тоо тулкусунан бөлүктөп ажыратууга коюлган маселени чечүү үчүн, ар кандай гидравликалык шынааларды жаратуучулардын буюмдарынын, ошондой эле сунушталган конструкциялар боюнча салыштырмалуу талдоосу жүргүзүлдү.

В этой статье рассматриваются существующие конструкции клиновых устройств для отделения блока природного камня от массива с помощью гидравлических раскалывателей породы, а также клиновых механизмов, используемых в других областях народного хозяйства. Здесь вкратце раскрывается их назначение, суть применяемого оборудования и их конструктивное исполнение, их достоинства и недостатки.

Для буроклиновых способов отделения блоков камня от массива проведен сравнительный анализ различных конструкций закладных частей гидравлических клиньев, предназначенных для создания направленного раскола камня с целью улучшения качества поверхности плоскости раскола и снижения затрачиваемого усилия на раскол как для выпускаемых различными производителями гидравлических клиньев, так и

предлагаемых конструкций по решению поставленной задачи по отделению блока камня от массива.

This article discusses the existing designs of wedge devices for separating a block of natural stone from an array using hydraulic rock splitters, as well as wedge mechanisms used in other areas of the national economy. Here their purpose, the essence of the equipment used and their design, their advantages and disadvantages are briefly revealed.

For the wedge drill methods of separation of blocks of stone from the array, a comparative analysis of various designs of embedded parts of hydraulic wedges designed to create a directional split of the stone in order to improve the surface quality of the plane of the split and reduce the effort spent on the split, both for hydraulic wedges produced by various manufacturers, and the proposed structures to solve the problem of separating the block of stone from the array.

Түйүн сөздөр: гидравликалык жаргыч, шынаа, түзүлүш, конструкция, жаак, гидравликалык цилиндр, көзөнөк, ири бөлүк, жумушчу суюктук, чыңалуу, күч, кеңейүүчү жаактар, жылчык.

Ключевые слова: гидравлический раскалыватель, клин, устройство, конструкция, щека, гидроцилиндр, шпур, элемент, рабочая жидкость, напряжение, усилие, раздвижные щеки, зазор.

Keywords: hydraulic cleaver; wedge, device, structure, cheek, hydraulic cylinder, drill hole, element, working fluid, tension, force, sliding cheeks, gap.

Целью данной работы является обзор и сравнительный анализ конструкций и конструктивных схем существующих устройств для разрушения твердых хрупких материалов, природных камней, в том числе предназначенных для добычи блоков камня буроклиновым способом.

Наиболее простейшим инструментом в этом плане является составной клин для раскалывания камня (рис.1), состоящий из цилиндрической части клина 1, конической части клина 2 и щечек 3.

При данном ручном способе раскола камня в заранее пробуренные, по линии раскола, шпуры вставляется ряд составных клиньев, и, нанося удары по цилиндрической части клиньев, производится раскол блока камня. Применение этого способа характеризуется большой трудоемкостью, затратой физических сил рабочих и малой производительностью.

Существует способ перемещения клина за счет энергии сжатой рабочей жидкости (масла), нагнетание давления которой может осуществляться как ручным приводом, так и механическим (двигатель и насос). Данный способ осуществлен в гидравлическом клине с ручным приводом (рис.2), который также прост по конструкции и состоит из цилиндра 1, внутри которого размещен поршень 2 со штоком 3, соеди-

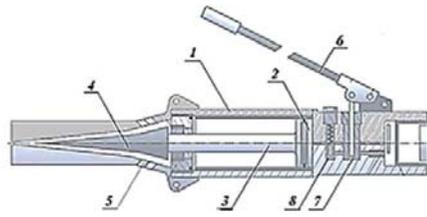
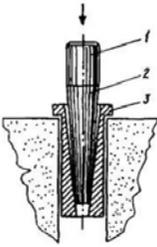


Рисунок 1 – Составной клин

Рисунок 2 – Ручной гидроклин

ненный с клином 4, при перемещении которого щеки 5 раздвигаются. Нагнетание рабочей жидкости в цилиндр осуществляется рукояткой 6, приводящей в движение плунжер в плунжерной камере 7. Направление потока рабочей жидкости регулируется клапаном 8.

Преимущества этого ручного гидравлического клина: простота конструкции и эксплуатации, мобильность, независимость от источника энергии. Недостатки: значительные физические затраты рабочего.

Для устранения названного недостатка основная масса современных гидравлических клиновых устройств имеет механизированный привод перемещения клина. Известные к настоящему времени гидравлические клиновые устройства состоят из одних и тех же основных элементов (гидропривода, клина, щек и гибких шлангов высокого давления) (рис. 3).



Рисунок 3 –
Гидроклиновое устройство



Рисунок 4 –
Гидравлический клин

В свою очередь гидравлический клин (рис. 4) состоит из основных элементов: гидравлического, внутри которого размещен поршень со штоком, соединенный с клином, к которому прилегают раздвижные щеки, находящиеся в передней головке.



Рисунок 5– Гидроклиновая установка «Дарда»

Переключение потока рабочей жидкости (масла) осуществляется управляющим краном, размещенным на корпусе устройства. В различных конструкциях управляющий кран может располагаться и непосредственно на маслостанции в зависимости от конструктивного исполнения или назначения. Достоинством такой компоновки гидравлического клина является возможность управления перемещением клина непосредственно на рабочем месте при более высоких давлениях в сети и при одновременном применении нескольких гидравлических клиньев в процессе отделения блока камня от массива. Конструкция гидроклиньев исключает искрообразование, вибрации и удары, что в сочетании с компактностью и автономностью обеспечивает высокую эффективность и безопасность работ.

На горнодобывающих карьерах применяются зарубежные и отечественные гидроклиновые установки. Из зарубежного оборудования наибольшее распространение получили гидроклиновые установки «Дарда» [1] (рис. 5), изготавливаемые германской фирмой «Портсфельд».

В таблице 1 приведены основные технические характеристики данной установки.

Таблица 1 – Техническая характеристика

Параметры	Значение
Производительность гидронасоса, л/мин	5,3
Объем резервуара для масла, л	5,5
Давление масла, развиваемое насосом, МПа	до 50
Габарит установки, мм	1180 x 650 x 730
Масса, кг	31

Ниже приводятся различные типы гидравлических клиньев, гидравлических раскалывателей, отличающихся в зависимости от назначения конструкцией и техническими характеристиками, выпущенные разными производителями.

В производственной практике гидравлические клинья применяются как в горном деле, так и в строительной, и лесодобывающей отрасли, ремонтно-строительных и аварийно-спасательных работах. В зависимости от назначения гидравлические клиновые устройства значительно отличаются в конструктивном исполнении (рис. 6).

Китайская фирма Changge Deleixi Machinery Equipment Co,Ltd. выпускает гидроклиновые установки модели Deleixi (рис. 6 а - в) [2] различной комплектации, в которую входят от одного до 6 гидравлических клиньев, причем с различной длиной закладной части. Данные установки отличаются мобильностью за счет размещения маслостанции на тележке, а также наличия в приводе электрического двигателя или ДВС. Другая китайская фирма Holmatro PW 4624 C ST Power WEDGE выпускает гидроклиновые устройства Holmatro (рис. 6 г, д), предназначенные для эксплуатации в лесоперерабатывающей отрасли, ремонтно-строительных работах и в аварийно-спасательных службах МЧС.

Немецкая фирма Simplex выпускает различные типоразмеры гидравлических раскалывателей и расширителей (рис. 6 е) и гидравлических клиньев (рис. 6 ж) различного назначения.

В России (г. Самара, г. Челябинск) тоже серийно выпускаются гидроклиновые устройства серии КМ, С, ГК и НБК (рис. 6 з - м) для горнодобывающей промышленности, для производства ремонтных, строительных и лесозаготовительных работ. В таблице 2 приведена сравнительная характеристика для некоторых типов гидравлических клиновых устройств.

Устройства китайских производителей



Устройства германских производителей



Устройства российских производителей



Рисунок 6 – Гидроклиновые устройства различных производителей

Таблица 2 – Технические характеристики гидроклиньев

Параметры	Тип установки					
	КМ-26	НКБ-1	ГК	Deleixi	«Дарда»	C25 (C12)
Давление масла в гидросистеме, МПа	25	12	12	55-60	50-70	
Длина клина, мм	180	95	100	450	100-350	140 (340)
Угол клина, град.	4	6	6	4	6-8	4 (4-6)
Перемещение щечек, мм	12,5	6	8 (8,7)	10	8-15	9 (24-80)
Распорное усилие, кН	2300	600	500 (360)	900	190	1913 (3150)
Масса гидроклина, кг	27	43	46 (26)	45	31	18 (1250)

Несмотря на большое разнообразие известных конструктивных решений гидравлических клиновых устройств, инженерная мысль не стоит на месте, и появляются новые идеи и решения по усовершенствованию конструкций гидроклиньев и улучшению эксплуатационных свойств, которые находят отражение в изобретениях и предложениях.

Так, например, с целью повышения надежности в конструкции, показанной на рисунке 7 [3], закладная часть гидроклина снабжена дополнительными клиньями 5 и 6, размещенными в конической прорези 7 и 8 раздвижных щек 2 и 3 и соединенные тягами 9 и 10 с дополнительными поршнями 13 и 14, которые при подаче масла в полость штока, перемещаясь вверх увлекают дополнительные клинья через тяги, при этом щеки 2 и 3 расклиниваясь выбирают зазор между ними и поверхностью шпура. При движении клина 4 распора раздвижные щеки 2 и 3 раскалывает породу. После разрушения породы распорный клин 4 и остальные элементы с помощью своего привода приводится в исходное положение и устройство готова к следующему циклу.

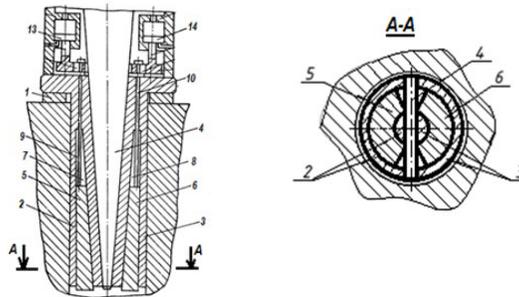


Рисунок 7 – Конструктивная схема гидроклина

Недостатком этой конструкции является его сложность и нетехнологичность. Все усложнения конструкции выполняют подготовительную функцию перед самой операцией раскола.

Другое гидроклиновое устройство [4], представленное на рисунке 8, снабжено дополнительным клином 10, соединенным со штоком 13 и поршнем 12, размещёнными в гидроцилиндре 11, расположенном перпендикулярно оси основного клина 1 и оси шпура. При подаче в гидроцилиндр рабочей жидкости, дополнительный клин 10, перемещаясь, распирает клинья 7 и 8, опирающиеся на опорные элементы 9, при этом хвостовик основного клина 4 перемещается вверх, приводя в поперечное движение щеки 2 и 3 за счет наличия обратной конусности основного клина до полного расклинивания раздвижных щек. Затем силовой привод дополнительного клина за счет особенностей конструкции переустанавливается на другое закладное клиновое устройство, расположенное по намеченной линии раскола. И так далее, до полного раскола отделяемого блока. Отличительной особенностью такого устройства является то, что одним силовым приводом в расклиненное состояние приводится несколько закладных клиновых рабочих элементов.

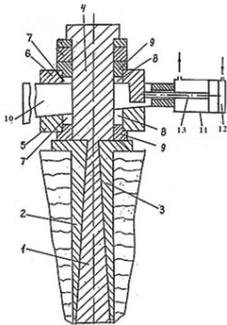


Рисунок 8 –
Гидроклиновое устройство

Недостатком данного устройства является сложность конструкции и технология установки и применения.

Как известно, для отделения блока камня от массива необходимо приложить значительные усилия раскола, и выполнение этого условия не дает гарантии, что отделенный блок будет иметь требуемую форму, размеры и качество полученной поверхности. Всё это связано со множеством факторов, характеризующих состояния породы, таких как: неоднородность, наличие трещиноватости, ориентации слоистости камня, влагонасыщенности, температурных и других факторов, которые на практике учесть достаточно затруднительно, а порой невозможно.

Поэтому разработчики буроклинового оборудования и устройств предлагают свои варианты конструкций гидравлических клиньев для повышения качества продукции и снижения энергозатрат. Суть их предложений заключается в обеспечении направленной линии раскола, при гидроклиновом способе отделения блоков камня.

Одним из таких решений является предложенный рабочий орган для направленного разрушения монолитных объектов (рис. 9) [5], включающий распорный клин 2, раздвижные щеки 4. Распорный клин 2 снабжен приспособлением в виде клиновых лезвий 3 для создания углублений – концентраторов напряжений, которые установлены по обе стороны распорного клина 2 в плоскости, ориентированной заострениями 7 в сторону линии намечаемого раскола [5].

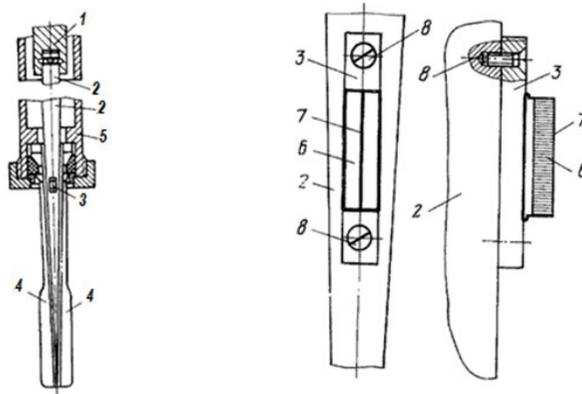


Рисунок 9 – Рабочий орган для направленного разрушения монолитных объектов

Принцип работы рабочего органа заключается в следующем. В пробуренный в камне шпур вставляют рабочий орган, ориентируя раздвижные щеки перпендикулярно линии намеченного раскола, а режущие кромки 7 лезвий 3 в плоскости раскола. При движении клина 2 между щеками 4 создается распорное усилие на стенки шпура, а лезвия 3 одновременно нарезают на стенках шпура щели (концентраторы напряжений). Предполагается, что при достижении заданной величины усилия распора происходит разрушение объекта именно по плоскости расположения щелей.

Недостатком данной конструкции является создание щели (концентратора напряжений) постепенно, начиная от края шпура, т. е. не по всей глубине шпура, а также невозможность регулирования глубины насечки в случае прослабления диаметра шпура. Съемные лезвия также не способствуют повышению надежности работы рабочего органа.

Схема другого рабочего органа для разрушения монолитных объектов (рис.10) тех же авторов [6] имеет то же самое назначение, что и предыдущее изобретение, отличается только принципом работы и конструкцией. Данный рабочий орган состоит также из раздвижных щек 3 и расположенного между ними клина 1 с обратной конусностью, имеющего в кон-

цевой части паз 5, в котором шарнирно установлены две подпружиненные щелерезные элементы 4 с закрепленными на них резами 6.

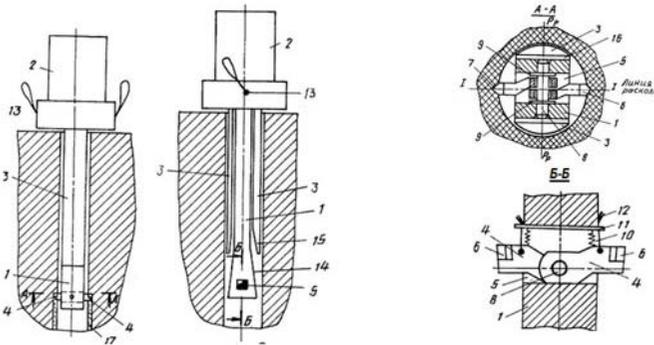


Рисунок 10 – Рабочий орган для разрушения монолитных объектов

Принцип работы данного рабочего органа заключается в том, что в подготовленный шпур вставляется закладная часть гидроклина, и при движении клина вверх происходит расклинивание щек и одновременная нарезка канавки на стенках шпура, начиная из глубины шпура к поверхности, за счет раскрытых щелерезных элементов с резами.

Недостатки данной схемы такие же, что и в предыдущем варианте (см. рисунок 9), здесь к тому же конструкция щелерезных элементов усложняет конструкцию, и возможно заклинивание клина в шпуре.

В рассмотренных выше конструкциях гидравлических клиньев раскол камня производится при одноосном нагружении плоскости раскола напряжением растяжения (разрыва), т.е. усилиями, направленными перпендикулярно плоскости раскола. Ниже приведены конструктивные схемы устройств для направленного раскола монолитных объектов суть, которых заключается в создании сложного нагружения плоскости раскола камня, т.е. создания плосконапряженного состояния плоскости раскола.

На рисунке 11 представлено устройство для направленного разрушения монолитных объектов [7], состоящее из гидроцилиндра 1, штока 2, соединенного с клином 3, раздвижных щек 4, 5 и дополнительных щек 6, 7, снабженных закалывающими элементами 8 и 9. Устройство снабжено гибкими упругими V-образными элементами 12, 13, 14 и 15, жестко связанные концами расходящихся ветвей с нерабочими поверхностями распорных щек и размещенными между щеками с закалывающими элементами и клином в таких же с продольных V-образных выступов и ответных V-образных впадин, выполненных по всей длине клина.

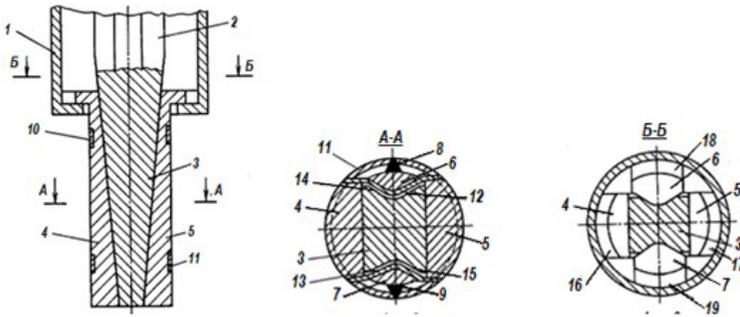


Рисунок 11 – Устройство для направленного разрушения монолитных объектов

Принцип работы заключается в следующем: как и в предыдущем случае при установке закладной части распорные щеки 4 и 5 ориентируются перпендикулярно плоскости раскола, которые при движении клина 3 начинают радиальное перемещение, при этом закалывающие щеки 6 и 7 также получают перемещение через упругие элементы, создавая дополнительные напряжения по направлению образования трещины.

Недостатком данного устройства является наличие упругих элементов между металлическими трущимися поверхностями клина и щек, что ведет к увеличению коэффициента трения в случае попадания пыли и частиц породы между ними. Последнее обстоятельство ведет к необходимости создания дополнительного давления для перемещения клина.

Известно еще одно устройство для направленного разрушения минеральных сред (рисунок 12) [8], состоящее из гидроцилиндра 1, поршня, штока 2 с клином 3 в виде четырехгранной пирамиды, по бокам которого расположены основные распорные щеки 4, 5 и щеки 6, 7 с закалывающими элементами 8 и 9, а также возвратных пружин 10.

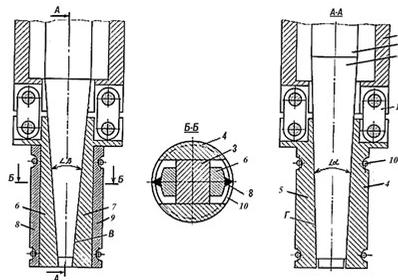


Рисунок 12 – Устройство для направленного разрушения минеральных сред

Основное отличие от вышерассмотренной конструкции состоит в большем угле приострения β граней клина, раздвигающих щеки с закалывающими элементами для опережения создания напряжения.

Устройство работает следующим образом: как и в предыдущих случаях (см. рисунки 9 – 11) в пробуренные шпурсы устанавливают закладную часть, ориентируя раздвижные щеки так, чтобы ребра трехгранных призм 8, 9 закорневых щек 6, 7 располагались в плоскости (по линии) раскола. Клиновидная часть 3 перемещает распорные 4 5 и закорневые 6, 7 щеки в радиальных направлениях. При этом за счет большего угла приострения граней В ($\beta > \alpha$) закорневые щеки 6, 7 приобретают большее радиальное перемещение, что обеспечивает опережающее воздействие на породу трехгранных призм 8, 9, в результате чего в плоскости раскола в породе создаются концентрированные напряжения, приводящие к развитию трещины (раскола). При обратном ходе клина распорные и закорневые щеки кольцевыми пружинами 10 возвращаются в исходное положение.

Выводы

В обзоре были рассмотрены существующие конструкции гидравлических клиновых устройств, а также предложения конструктивных решений закладной части гидравлических клиньев различных авторов, направленных на решение вопроса по повышению качества поверхности отделяемых блоков камня и снижению энергозатрат разных авторов.

Из вышерассмотренных материалов можно сказать, что все гидроклиновые устройства имеют основные неотъемлемые элементы: гидравлический цилиндр, поршень со штоком, соединенный с клином, и раздвижные щеки. Основной отличительной особенностью различных конструкций гидравлических клиньев является конструктивное решение закладной части, определяющей эффективность раскола камня, направленных на повышение качества поверхности раскола и уменьшение усилий раскола путем введения в конструкцию рабочей части инструмента дополнительных элементов или изменением их формы.

Из вышерассмотренных конструктивных решений по получению относительно ровной качественной поверхности блока и снижению усилия раскола можно сказать, что конструкция «Устройства для направленного разрушения минеральных сред» (рис. 12), основанное на создании двухосного напряженного состояния в среде является наиболее эффективными и соответствует выполнению поставленных задач. Так как при такой конструкции рабочего органа внутри шпуры создаются концентраторы напряжений трехгранными призмами за-

кольных щек на всей глубине закладной части гидроклина, создающие начало образования направленной трещины в теле материала. Ранее возникновение трещины до достижения предельного значения нагнетаемого давления в гидроцилиндре ведет к снижению энергетических затрат. Поэтому для дальнейшего усовершенствования гидроклинового устройства данную схему можно взять за основу.

Но для окончательной оценки её эффективности требуется проведение всесторонних теоретических и экспериментальных исследований конструктивных решений.

Литература

1. Демонтажный инструмент Darda <https://www.dardatools.ru/produktsiya/gidravlicheskie-klinya/>
2. Changge Deleixi Machinery Equipment Co., Ltd. <http://china.org.ru/product/62161701658>
3. Авторское свидетельство SU 1104267, кл. E21 С 37/02, 1984, / [Текст] Гидроклин. Авторы: В.А. Булавцев, А.В. Жидков, А.С. Каныгин / Бюл. №27. Оpubл.23.07.84.
4. Авторское свидетельство SU 1458570 А1, кл. E21 С 37/02, 1989, / [Текст] Рабочий орган для разрушения монолитных объектов. М.Т. Мамасаидов, Р.А. Мендекеев / Бюл. №6. Оpubл. 15.02.89
5. Авторское свидетельство SU 1314052 А1, кл. E21 С 37/02, 1984, / [Текст] Рабочий орган для направленного разрушения монолитных объектов. О.Д. Алимов, М.Т. Мамасаидов, Р.А. Мендекеев / Бюл. №20. Оpubл. 30.05.87.
6. Авторское свидетельство SU 1 104267 А1, кл. E21С 37/02, 1984, / [Текст] Гидроклин. А.С. Каныгин, А.В. Жидков, В.А. Булавцев / Бюл. № 27. Оpubл.23.07.1984.
7. Авторское свидетельство SU 1218105 А, кл. E21С 37/02, 1980, / [Текст] Устройство для направленного разрушения монолитных объектов. А.С. Каныгин, В.А. Охрямкин, А.В. Жидков, В.А. Булавцев / Бюл. № 10. Оpubл.15.03.1986.
8. Авторское свидетельство SU 899937 А1, кл. E21С 37/02, 1982, / [Текст] Устройство для направленного разрушения минеральных сред. А. А. Михайлович, А.М. Тлеубаевич, К. К. Никитович / Бюл. № 3. Оpubл.23.01.82.