

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **5416**

(13) **С1**

(51)<sup>7</sup> **В 21J 7/26, 15/18,  
В 25D 9/11**

(54)

**СПОСОБ СОЗДАНИЯ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ**

(21) Номер заявки: а 19990147

(22) 1999.02.18

(46) 2003.09.30

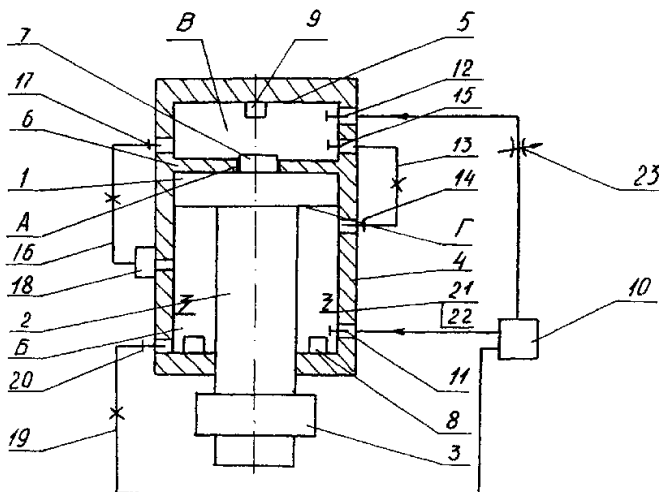
(71) Заявитель: Белорусский национальный  
технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Качанов Игорь Владимирович;  
Ивашечкин Владимир Васильевич; Кон-  
дратович Александр Николаевич; Пав-  
лович Александр Эдуардович; Степа-  
шко Михаил Васильевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский наци-  
ональный технический университет (ВУ)

(57)

1. Способ создания ударной нагрузки, заключающийся в том, что на объект воздействуют циклически с помощью инструмента, прикрепленного к штоку поршня, таким образом, что последовательно создают в каждом цикле под поршнем противодействие, а над поршнем создают в два этапа давление, превышающее противодействие под поршнем, причем вначале путем закачки энергоносителя, а затем с помощью его поджига, **отличающийся** тем, что противодействие под поршнем создают путем закачки энергоносителя, в качестве которого используют гремучую смесь, и его поджига, причем поджиг осуществляют с формированием плоского фронта горения, который распространяют под поршнем, и осуществляют импульсное вытеснение несгоревшей части энергоносителя в пространство над поршнем до момента достижения там заданной величины давления, после чего там же осуществляют поджиг энергоносителя и завершают процесс его горения под поршнем, который удерживают во взведенном положении за счет давления образовавшихся продуктов горения энергоносителя под поршнем, причем в момент достижения над поршнем максимального давления под поршнем создают давление разрежения, сохраняя его на всем пути разгона поршня и в процессе воздействия инструмента на объект.



Фиг. 1

**ВУ 5416 С1**

# ВУ 5416 С1

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что давление разряжения создают путем скоростной конденсации перегретого водяного пара, образовавшегося при горении энергоносителя под поршнем.

3. Способ по п. 2, **отличающийся** тем, что в начале пути разгона поршня под ним устанавливают начальное давление разряжения большее, чем давление насыщения водяного пара, а в конце пути разгона поршня под ним устанавливают конечное давление разряжения меньшее, чем атмосферное давление.

4. Способ по п. 2, **отличающийся** тем, что скоростную конденсацию водяного пара осуществляют путем импульсного впрыска струи мелко распыленной воды.

5. Способ по п. 4, **отличающийся** тем, что для импульсного впрыска струи используют воду, оставшуюся над поршнем от предыдущего цикла создания ударной нагрузки.

(56)

Степанов В.Г. и др. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов. - Л.: Машиностроение, 1975. - С. 250-253.

SU 549223, 1977.

SU 404536, 1974.

SU 642068, 1979.

GB 1115304, 1968.

US 4166374, 1979.

---

Изобретение относится к машиностроению. Оно также может использоваться при производстве строительно-монтажных, ремонтных, подводных, спасательных работ, требующих создания ударных нагрузок (клевка, ковка, штамповка, рубка, разрушение монолитов, завалов, разработка дна континентального шельфа, забивание дюбелей, свай и т.д.).

Известен способ создания ударной нагрузки (Степанов В.Г., Шавров И.А. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов. - Л.: Машиностроение, 1975, стр. 61-62), включающий поджиг порохового заряда и разгон ударника (снаряда) давлением пороховых газов до заданной скорости с последующим соударением его с жидкостью. При ударе в жидкость в последней формируется импульс давления, с помощью которого осуществляют деформацию заготовки.

Недостатком известного способа является вредное воздействие на окружающую среду, вызванное выбросами в нее пороховых газов, образующихся после каждого выстрела.

Определенные ограничения на применение данного способа возникают из-за особых условий хранения пороха (охраняемое помещение, определенный температурно-влажностный режим хранения и т.д.).

Наиболее близким по сущности к заявленному объекту является способ-прототип создания ударной нагрузки (Степанов В.Г., Шавров И.А. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов. - Л.: Машиностроение, 1975, стр. 250-253), заключающийся в том, что на объект воздействуют циклически с помощью инструмента, прикрепленного к штоку поршня, путем последовательного создания в каждом цикле под ним и над ним давления, причем давление над поршнем, превышающее по величине давление под поршнем, создают с помощью поджига энергоносителя, а давление под поршнем создают с помощью сжатого воздуха.

Недостатками указанного способа являются низкие коэффициент полезного действия, энергоемкость и неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

Снижение коэффициента полезного действия удара обусловлено тормозящим эффектом противодействия, действующего под поршнем в процессе его разгона, а вредное воздействие на окружающую среду происходит из-за удаления из камеры сгорания над поршнем в атмосферу после каждого цикла продуктов сгорания энергоносителя (углекис-

# BY 5416 C1

лый газ -  $\text{CO}_2$ ; твердый углерод - сажа; оксиды азота -  $\text{NO}_2$ ; углеводороды, оксид углерода  $\text{CO}$ , альдегиды, токсичные соединения свинца). Кроме этого вредное воздействие на окружающую среду обусловлено использованием кислорода из атмосферного воздуха при сжигании топлива (жидкого или газообразного) над поршнем ударной машины. Для данного способа характерна низкая энергоемкость, т.к. противодавление под поршнем создается посредством закачки сжатого воздуха, который сбрасывают в атмосферу без совершения работы при разгоне поршня.

Задачей изобретения является повышение производительных и экологических показателей способа создания ударной нагрузки.

Поставленная задача решается тем, что в способе создания ударной нагрузки, заключающемся в том, что на объект воздействуют циклически с помощью инструмента, прикрепленного к штоку поршня, таким образом, что последовательно создают в каждом цикле под поршнем противодавление, а над поршнем создают в два этапа давление, превышающее противодавление под поршнем, причем вначале путем закачки энергоносителя, а затем с помощью его поджига, противодавление под поршнем создают путем закачки энергоносителя, в качестве которого используют гремучую смесь, и его поджига, причем поджиг осуществляют с формированием плоского фронта горения, который распространяют под поршнем, и осуществляют импульсное вытеснение несгоревшей части энергоносителя в пространство над поршнем до момента достижения там заданной величины давления, после чего там же осуществляют поджиг энергоносителя и завершают процесс его горения под поршнем, который удерживают во взведенном положении за счет давления образовавшихся продуктов горения энергоносителя под поршнем, причем в момент достижения над поршнем максимального давления под поршнем создают давление разрежения, сохраняя его на всем пути разгона поршня и в процессе воздействия инструмента на объект.

Этот способ может быть реализован также при условии, что:

давление разрежения создают путем скоростной конденсации перегретого водяного пара, образовавшегося при горении энергоносителя под поршнем;

в начале пути разгона поршня под ним устанавливают начальное давление разрежения большее, чем давление насыщения водяного пара, а в конце пути разгона поршня под ним устанавливают конечное давление разрежения меньшее, чем атмосферное давление;

скоростную конденсацию водяного пара осуществляют путем импульсного впрыска струи мелкораспыленной воды;

для импульсного впрыска струи используют воду, оставшуюся над поршнем от предыдущего цикла создания ударной нагрузки.

Тот признак, что исходное противодавление под поршнем повышают путем поджига энергоносителя, позволяет сформировать надежный газодинамический подпор, необходимый для удержания поршня во взведенном положении на различных стадиях реализации способа. При этом необходимо отметить, что закачка гремучей смеси с последующим поджигом под поршнем позволяет применить ее по новому назначению - для подъема ударных частей в исходное стартовое положение и для удержания последних до заданного момента времени. Такое использование гремучей смеси позволяет повысить энергоемкость способа, являющейся одним из важных производственных показателей.

Тот признак, что в качестве энергоносителя используется гремучая смесь, благоприятно сказывается на состоянии окружающей среды. Это объясняется тем фактором, что для поджига и горения гремучей смеси не используется окружающий атмосферный воздух, а более конкретно, для горения гремучей смеси не используется кислород из атмосферного воздуха, снижение содержания которого негативно сказывается на жизнедеятельности животного и растительного мира.

Тот признак, что поджиг осуществляют с формированием плоского фронта горения энергоносителя, распространяя его под поршнем, позволяет управлять процессом горения гремучей смеси за счет местного локального зажигания, что обуславливает эффективное

## ВУ 5416 С1

мощное термодинамическое воздействие продуктов горения на непрореагировавшую часть энергоносителя. Эффективное воздействие продуктов горения объясняется тем, что при локальном поверхностном поджиге энергоносителя формируется так называемый "газодинамический поршень" (Детонация конденсированных и газовых систем. М. Наука. 1986, стр. 209), который практически без трения перемещается в пространстве под поршнем и в импульсном режиме за счет поднятия давления осуществляет переброску энергоносителя из-под поршня в пространство над поршнем.

Указанная схема поджига энергоносителя под поршнем позволяет повысить энергоемкость способа.

Тот признак, что поджиг производят с условием импульсного вытеснения несгоревшей части энергоносителя над поршнем до момента достижения там его заданной величины давления, также позволяет повысить энергоемкость способа и его коэффициент полезного действия. Это происходит потому, что импульсное, кратковременное вытеснение под действием "газодинамического поршня" происходит практически без утечек, в результате чего распространение поступательного фронта пламени снизу вверх позволяет эффективно использовать гремучую смесь под поршнем и минимизировать потери от горения. Кроме того, за счет газодинамического подпора максимальная часть энергоносителя отправляется в область над поршнем для совершения в последующем полезной работы. Причем исходное сравнительно низкое давление гремучей смеси и импульсный характер "накачки" области над поршнем (камеры сгорания) не требуют уплотнений с жесткими допусками для пары "поршень-цилиндр". В результате имеет место снижение сил трения на сопрягаемых подвижных поверхностях, что обеспечивает повышение коэффициента полезного действия удара по сравнению с известным способом.

Тот признак, что над поршнем в момент достижения там заданного давления гремучего газа осуществляют поджиг, а под поршнем в этот момент завершают процесс горения энергоносителя, позволяет использовать компоненты энергоносителя с максимальным эффектом, что также способствует повышению энергоемкости и коэффициента полезного действия. Синхронизация указанных моментов времени позволяет:

осуществить поступательное перемещение "газодинамического поршня" в крайнее верхнее положение без существенного противодействия со стороны энергоносителя, находящегося над поршнем;

начать поджиг над поршнем в момент, когда давление в ней достигло заданного значения, и поступление энергоносителя из-под поршня прекратилось полностью.

Тот признак, что в момент достижения максимального давления над поршнем под поршнем создают давление разрежения и обеспечивают его приложение на всем пути разгона поршня и в процессе воздействия инструмента на объект в одном направлении по ходу движения ударных частей, позволяет также повысить коэффициент полезного действия удара. Повышение этого параметра происходит из-за снятия противодействия под поршнем в самый важный промежуток времени реализации способа, который приходится на разгон ударных частей и на воздействие по объекту. Поскольку под поршнем в этот промежуток времени на ударные части воздействует оптимальное давление разрежения, то за счет этого созданы условия для практически беспрепятственного разгона ударных частей. Как следует из описания признака, в этот промежуток времени формируется дополнительная "тянущая" сила (от действия давления разрежения), которая действует в одном направлении с силой, обусловленной давлением продуктов горения в камере сгорания над поршнем. В результате такого совместного действия в одном направлении указанных двух групп сил разгон ударных частей происходит особенно эффективно и сопровождается повышением коэффициента полезного действия, по сравнению с известным способом.

Тот признак, что давление разрежения в штоковой полости создают путем скоростной конденсации перегретого пара, образовавшегося при горении энергоносителя под поршнем, позволяет за достаточно короткий промежуток времени снять противодействие под поршнем (по времени процесс конденсации и создания давления разрежения соизмерим

# BY 5416 C1

со временем нарастания давления над поршнем до максимального значения) и таким образом создать условия для беспрепятственного разгона ударных частей, что является еще одним подтверждением повышения КПД удара по сравнению с известным способом.

Тот признак, что в начале пути разгона поршня под ним устанавливается начальное давление разрежения, по величине большее, чем давление насыщения водяного пара, а в конце пути разгона поршня и в процессе воздействия инструмента на объект под штоком устанавливается конечное давление разрежения, по величине меньшее, чем атмосферное давление, позволяет еще больше увеличить разгон поршня, а значит, и производительный показатель - коэффициент полезного действия способа.

Тот признак, что скоростную конденсацию перегретого водяного пара осуществляют путем импульсного впрыска струи мелкоаэрозольной воды, позволяет мгновенно внести в перегретый пар под поршнем бесконечно большое количество центров конденсации, что позволяет практически мгновенно произвести конденсацию и снизить давление до оптимального значения, равного давлению разрежения. Указанный признак способа является весьма эффективным в плане осуществления конденсации. В результате создается технологическая схема замкнутого типа, что обеспечивает повышение экологических показателей.

Тот признак, что импульсный впрыск струи производят с помощью воды, оставшейся над поршнем от предыдущего цикла создания ударной нагрузки, так же, как и в предыдущем случае, позволяет реализовать практически безрасходную схему использования энергоносителя и за счет этого повысить экономичность способа и уменьшить вредное воздействие на окружающую среду.

Сущность изобретения поясняется схемами.

На фиг. 1 показана принципиальная схема для закачки компонентов энергоносителя по обе стороны поршня. На фиг. 2 представлена схема местного поджига энергоносителя под поршнем, обеспечивающая поступательное распространение (снизу-вверх) фронта горения энергоносителя, на фиг. 3 - схема поджига энергоносителя над поршнем с впрыском конденсата под поршень, на фиг. 4 - момент разгона поршня, на фиг. 5 - схема устройства для реализации способа в момент завершения удара, на фиг. 6 - схема устройства для реализации способа в момент удаления конденсата из-под поршня.

Устройство для реализации способа содержит поршень 1 со штоком 2, на нижнем торце которого смонтирован инструмент 3 (фиг. 1). Поршень 1 со штоком 2 установлены в расширительный цилиндр (РЦ) 4, который отделен от камеры сгорания (КС) 5 с помощью разделительной перегородки 6. В разделительной перегородке 6 выполнено перепускное отверстие "А", которое перекрывается уплотнителем 7. Перекрытие отверстия А с помощью уплотнителя 7 обеспечивает изоляцию полостей "Б" и "В", находящихся соответственно в РЦ 4 и в КС 5. В донной части РЦ 4 и в КС 5 смонтированы электросвечи 8, 9 поджига горючей смеси.

Для получения горючей смеси используются электролизер 10. Для наполнения полости "Б" предусмотрен обратный клапан (ОК) 11, а для заполнения полости "В" предусмотрен ОК 12. Для перекачки горючей смеси из полости "Б" в полость "В" предусмотрена линия 13 с обратными клапанами 14, 15. Для отвода конденсата из полости "В" в полость "Б" используется линия 16 с ОК 17 и с форсункой 18. Для отвода конденсата из полости "Б" в электролизер 10 используется линия 19 с ОК 20. Для предотвращения удара поршня 1 по донной части РЦ 4 на боковой поверхности последнего смонтированы ограничители хода 21 с пружинными амортизаторами 22. Для обеспечения первоочередного заполнения полости "Б" по отношению к полости "В" на линии электролизера 10, связанной с полостью "В", смонтирован регулируемый дроссель 23.

Описываемый способ осуществляется следующим образом. При подключении к источнику напряжения (на фиг. 1 не показан) электролизера 10 в последнем вырабатывается горючая смесь ( $2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ), которая через ОК 11 поступает в полость "Б" РЦ 4. Под действием давления гремучей смеси ударные части (поршень 1, шток 2, инструмент 3) перемещаются в

# ВУ 5416 С1

крайнее верхнее положение. При перемещении поршня 1 вверх уплотнитель 7 перекрывает отверстие "А" и в результате происходит разъединение РЦ 4 и КС 5 (полость "Б" изолируется от полости "В"). Дальнейшая закачка энергоносителя в полость "Б" приводит к повышению давления в ней до заданного значения. В результате ОК 11 закрывается и открывается ОК 12, через который продолжается закачка энергоносителя в полость "В" КС 5. При достижении заданного давления в КС 5 следует команда на отключение электролизера 10 (схема управления на фиг. 1 не показана) и подача энергоносителя прекращается.

После отключения электролизера 10 поступает команда на поджиг энергоносителя в полости "Б" РЦ 4. Поджиг осуществляют в донной части полости "Б" с помощью свечей поджига 8 (фиг. 2).

При этом свечи, смонтированные в донной части полости "Б", обеспечивают местное (локальное) возгорание энергоносителя, которое сопровождается формированием плоского фронта горения, перемещающегося по длине штоковой полости со скоростью 34 м/с (Андреев К.К., Беляев А.Ф. Теория взрывчатых веществ. - М.: Оборонгиз, 1950. - С. 136) в сторону несгоревшего энергоносителя. При этом распространяющийся фронт горения (пламени) действует аналогично поршню, адиабатически сжимая энергоноситель в полости "Б" РЦ 4 (Детонация конденсированных и газовых систем. - М.: Наука, 1986. - С. 209).

При адиабатическом сжатии несгоревшего энергоносителя давление в штоковой полости повышается примерно в 10 раз (Козлов Д.А., Шаталов И.М., Ивашечкин В.В. Объемный газодинамический насос / Изв. Вузов СССР. - Энергетика. - № 3. - 1986. - Минск: Изд-во БПИ. - С. 115-119), в результате чего непрореагировавший энергоноситель закачивается из полости "Б" в полость "В".

Закачка горючей смеси производится по линии 13 (фиг. 2) при открытых клапанах 14 и 15. Линии 16 и 19 в этот промежуток времени перекрываются (схемы перекрытия линий 16 и 19 на фиг. 2 не представлены). В момент времени, когда подвижный фронт горения достигает поверхности "Г" поршня 1, перекачка энергоносителя из полости "Б" в полость "В" по линии 13 завершается и в этот же момент времени производят поджиг энергоносителя в полости "В" КС 5 (фиг. 3). За счет повышения давления в полости "В", закрывается клапан 15, открывается клапан 17, через который происходит подача конденсата в линию 16 и к форсунке 18, с помощью которой мелко распыленная струя конденсата впрыскивается в полость "Б" РЦ 4. При подаче под давлением мелкораспыленной струи конденсата в полость "Б", заполненную перегретым паром, вносится большое количество центров конденсации (температура конденсата, поступающего в полость "Б", более чем на два порядка ниже температуры находящегося там перегретого пара), что способствует резкому отводу теплоты от перегретого пара. Поскольку процесс снижения температуры перегретого пара в штоковой полости протекает без изменения его объема, т.е. является изохорным, то в этом случае соотношение между температурой  $T$  и давлением  $P$  имеет вид:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2},$$

где  $P_1$  и  $P_2$  - начальное и конечное давление в штоковой полости;

$T_1$  и  $T_2$  - начальная и конечная температуры в штоковой полости.

Из приведенного выше соотношения следует, что конечное давление в штоковой полости  $P_2$  будет равно:

$$P_2 = P_1 \frac{T_2}{T_1}.$$

Анализ последнего выражения показывает, что при резком снижении конечной температуры  $T_2$  резко снижается давление  $P_2$ , оптимальная величина которого доводится до значения давления разрежения (Л. Эллиот, У. Уилкоккс. Физика. - М.: Наука, 1975. - С. 288-289). Создание такого значения давления в штоковой полости и обеспечение его воздействия на эффективную кольцевую площадь поршня, совпадающего на всем пути разгона и деформации с

# ВУ 5416 С1

направлением действия давления гремучей смеси, сгоревшей в камере сгорания, создает условия для эффективного и беспрепятственного разгона поршня 1, штока 2 с инструментом 3. Линия 19 с клапаном 20 в этот промежуток времени перекрываются.

Поскольку указанные процессы создания оптимального давления разрежения в штоковой полости "Б" РЦ 4 протекают одновременно с процессом нарастания давления в полости "В" КС 5, то в результате совместного действия в одном направлении указанных давлений в КС 5 и в РЦ 4 ударные части (поршень 1, шток 2, инструмент 3) разгоняются беспрепятственно и осуществляют максимальную работу деформации при воздействии на объект нагружения (на фиг. 4 не показан).

После удара по объекту нагружения поршень 1 опускается на амортизаторы 22, смонтированные на ограничителях хода 21 (фиг. 5).

В этот момент времени линии 13, 16, 19 перекрыты и на электролизер 10 вновь подается напряжение. Образующая в нем гремучая смесь поступает только в полость "Б" РЦ 4 (закачке энергоносителя в полость "В" КС 5 в это время препятствует дроссель 23, настроенный на заданный перепад давлений между полостями "Б" и "В").

При закачке энергоносителя в полость "Б" давление в ней повышается и в результате поршень 1 и шток 2 с инструментом 3 возвращаются в исходное верхнее положение. Одновременно с этим подается команда на открытие клапана 20, что дает возможность под давлением вытеснить конденсат из полости "Б" в электролизер 10 по сливной линии 19 (фиг. 6).

В момент полного вытеснения конденсата из полости "Б" линия 19 и клапан 20 закрываются (фиг. 1) и далее последовательность осуществления операции способа повторяется.

Возвращаясь к вопросу приложения оптимального давления разрежения на кольцевую площадь поршня (оптимальное давление разрежения действует на указанную площадь в штоковой полости "Б" РЦ 4), необходимо учитывать следующие моменты:

1. Величину оптимального давления разрежения в начале пути разгона ( $P_{р.н.}$ ) устанавливают больше, чем давление  $P_{н.п.}$  ( $P_{н.п.}$  - давление насыщенного пара для воды, зависящее от температуры конденсации). Т.е. для начала пути разгона ударных частей устанавливают, что  $P_{р.н.} > P_{н.п.}$ . Отмеченное ограничение обусловлено необходимостью устранения холодного вскипания конденсата в штоковой полости, которое может привести к повышению давления.

2. Величину оптимального давления разрежения в конце пути разгона ударных частей ( $P_{р.к.}$ ) устанавливают из соотношения, что  $P_{р.к.} < P_{атм.}$  ( $P_{атм.}$  - атмосферное давление окружающего воздуха). Принятое соотношение ( $P_{р.к.} < P_{атм.}$ ) показывает, что в конце пути разгона обеспечивается практически беспрепятственное движение ударных частей за счет действия в одном направлении оптимального давления разрежения  $P_{р.к.}$  и давления горения гремучей смеси в камере сгорания.

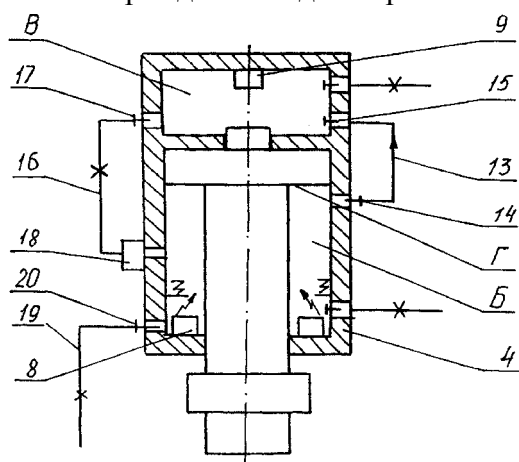
Анализируя предлагаемый способ, можно отметить, что он может быть реализован при безопасных, сравнительно низких напряжениях (12-42 В). Скорость электролиза может регулироваться за счет изменения напряжения. Величина импульса давления, который вытесняет компоненты энергоносителя в камеру сгорания, а затем разгоняет ударник, зависит от начального давления газовой смеси, которое в свою очередь легко регулируется величиной напряжения и временем электролиза.

За счет создания замкнутого технологического цикла в процессе получения и использования компонентов энергоносителя (вода - гремучая смесь - перегретый пар - вода) при реализации способа полностью устраняется вредное воздействие на окружающую среду, исключается потребление кислорода и атмосферного воздуха. За счет создания в штоковой полости оптимального давления разрежения и воздействия посредством этого давления в процессе разгона и деформации на ударные части по направлению удара обеспечивается беспрепятственное приложение ударной нагрузки, что приводит к повышению КПД удара на 10-20 %.

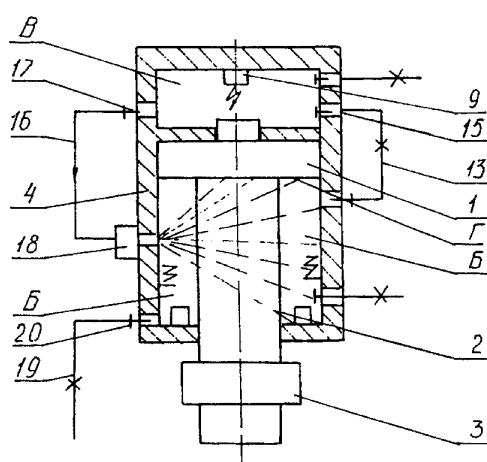
Предлагаемый способ создания ударной нагрузки не требует фундаментального оборудования и легко может быть реализован при проведении ремонтно-строительных, спасательных и

# ВУ 5416 С1

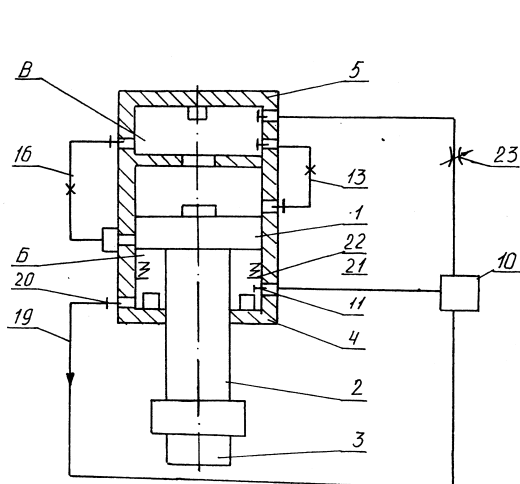
прочих работ в горах, в лесу, в полевых условиях, на космических станциях, при разработке полезных месторождений на дне морей и океанов.



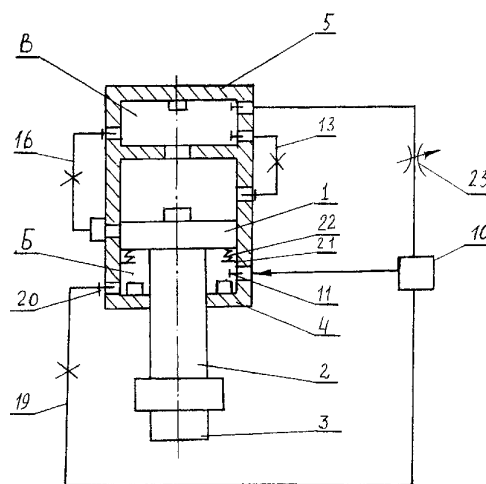
Фиг. 2



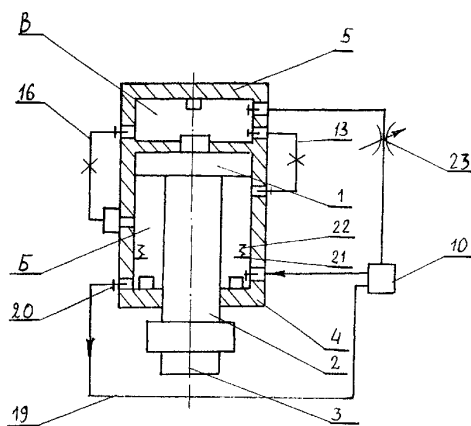
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6