



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 09.03.2016 - действует
Пошлина: учтена за 6 год с 06.04.2015 по 05.04.2016

(21), (22) Заявка: 2010113078/06, 05.04.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.04.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.04.2010

(45) Опубликовано: [10.10.2011](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2345277 C2, 27.01.2009. RU 2357094 C2,
27.05.2009. RU 2100065 C1, 27.12.1997. SU 1184326 A,
30.06.1988. JP 2004331406 A, 25.11.2004.

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, пр. Ленина, 36, НИИ прикладной
математики и механики Томского
государственного университета (НИИ ПММ ТГУ),
директору А.А. Глазунову

(72) Автор(ы):

Барсуков Виталий Дементьевич (RU),
Минькова Наталья Петровна (RU),
Поленчук Сергей Николаевич (RU),
Пахнутов Константин Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Томский государственный
университет" (ГОУ ВПО ТГУ) (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНОГО ГОРЕНИЯ УНИТАРНЫХ ТВЕРДЫХ
ТОПЛИВ В ПОЛЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области ракетной техники, а более конкретно к области горения унитарных твердых топлив в низкотемпературных газогенерирующих устройствах, которые могут быть использованы в системах управления ракетных комплексов. Устройство для исследования подводного горения унитарных твердых топлив в поле центробежных сил содержит испытуемый цилиндрический образец, который на нижнем конце имеет крепление, а на верхнем закрыт подвижным локализатором горения в виде термостойкого стакана в перевернутом положении, и электровоспламенитель, испытуемый образец размещен в установленной на платформе с возможностью вращения вокруг вертикальной оси камере сжигания, причем для закрепления одного конца образца предусмотрена установленная на боковой внутренней стенке камеры сжигания шарнирная опора с боковой неустойчивостью, допускающая поворот вокруг вертикальной оси, а термостойкий стакан снабжен охватывающей испытуемый образец направляющей, которая закреплена на установленной на днище камеры подставке, при этом по длине охватывающая часть направляющей выбрана соответствующей той части образца, которая предназначена для сжигания. Направляющая выполнена в виде трубки с продольными отверстиями для прохода продуктов горения. Подставка и направляющая выполнены в виде резьбовой пары. Изобретение позволяет обеспечить подводное горения унитарных твердых топлив в поле центробежных сил при движении фронта газообразования по направлению действия перегрузок.

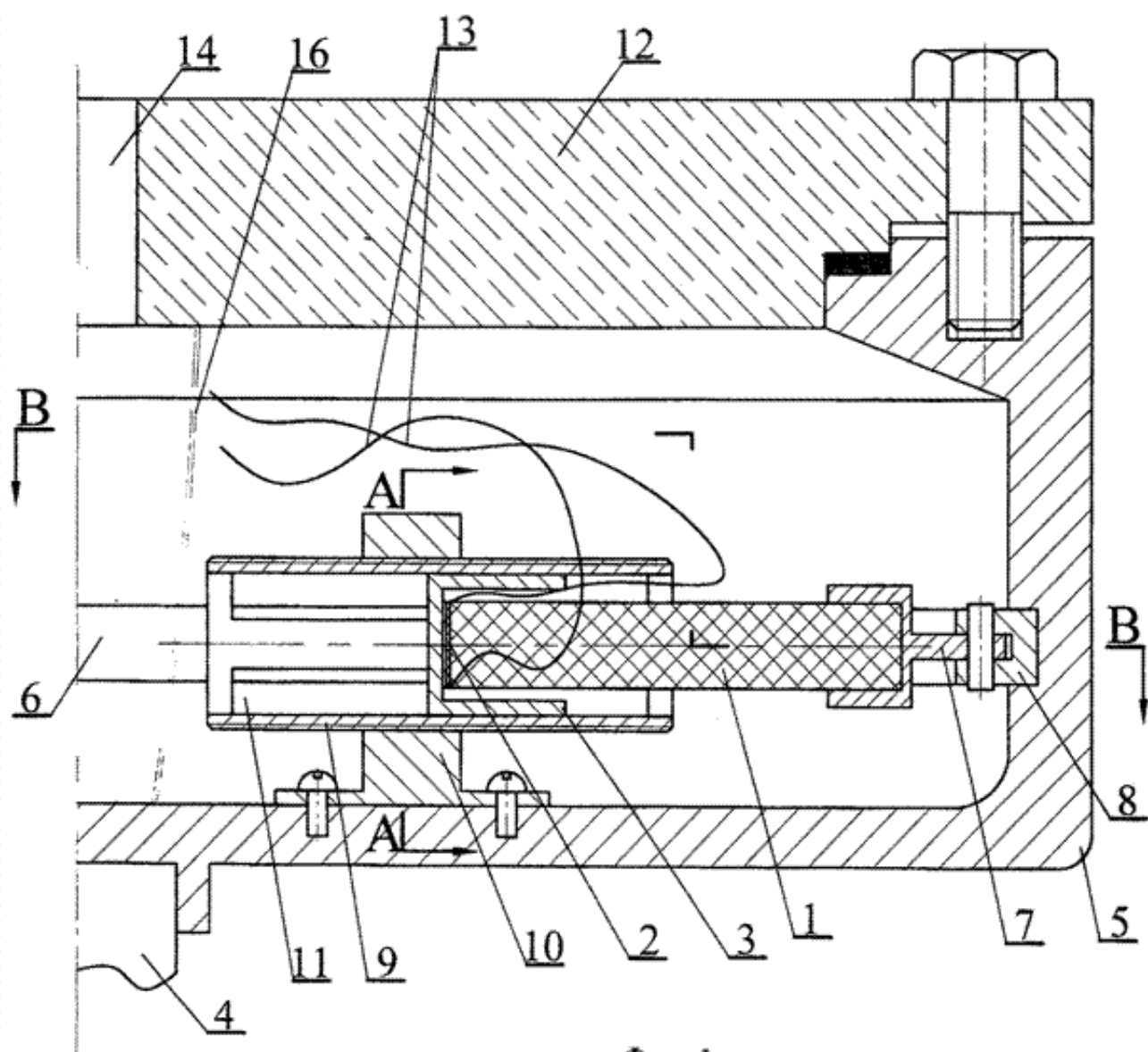
2

з.п.

ф-лы,

3

ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к области ракетной техники, а более конкретно к области горения унитарных твердых топлив в низкотемпературных газогенерирующих устройствах, которые могут быть использованы в системах управления ракетных комплексов.

Известно устройство [1] для исследования горения в газовой среде в поле центробежных сил (здесь и далее в материалах заявки использованы термины для двух видов массовых сил: гравитационные, т.е. силы веса, и центробежные, т.е. перегрузки). Известное устройство содержит камеру сгорания, установленную на платформе с возможностью вращения. Камера сгорания выполнена в виде ступенчатого диска, внутри которого на каждой ступени расположены гнезда для образцов сжигаемого топлива. Верхняя часть камеры закрыта крышкой с центральным отверстием, в котором с кольцевым зазором установлен неподвижный насадок. Последний закреплен на тягах, прикрепленных к корпусу привода. В толще стенок насадка предусмотрены два канала, один из которых сообщен с неподвижным устройством для подачи гасящей жидкости, другой - с полостью датчика давления. На конце насадка, находящегося в камере сгорания, закреплено воспламенительное устройство в виде навески черного пороха со спиралью накаливания. При срабатывании воспламенителя во вращающейся камере сгорания создается заданное давление и обеспечивается одновременное зажигание всех находящихся в гнездах образцов топлива и последующее горение при перегрузках. При этом газообразные продукты горения истекают через кольцевой зазор, образованный между вращающейся крышкой камеры сгорания и неподвижным насадком с датчиком давления.

Недостатком известного устройства является невозможность его использования для исследования подводного горения унитарного твердого топлива в поле центробежных сил.

Известно устройство для исследования подводного горения унитарных твердых топлив при перегрузках, описанное в заявке на изобретение [2]. Устройство содержит установленную на платформе с возможностью вращения горизонтально ориентированную дискообразную камеру сжигания, в которой на ее диаметрально противоположных сторонах установлены две дополнительные камеры сжигания, выполненные в виде составных стаканов, обращенных донной частью к оси вращения, и в них закреплены испытуемые образцы топлива с предусмотренной на незабронированном торце полостью, в которой установлена спираль накаливания. В одной из дополнительных камер сжигания предусмотрено утолщенное днище, обеспечивающее нахождение центра тяжести неснаряженного стакана на его внутренней поверхности днища, а с внешней боковой поверхности стакана предусмотрены выступы с цилиндрическими углублениями, оси которых совпадают с поперечной осью, лежащей на продолжении диаметральной линии, проходящей через центр тяжести неснаряженного составного стакана. В указанные углубления входят штыри закрепленной в дискообразной камере сжигания скобы с возможностью разворота дополнительной камеры сжигания относительно поперечной оси на 180° . Спирали накаливания обеих дополнительных камер сжигания электрически связаны с вертикально установленным на изолирующей подставке в центральной части днища дискообразной камеры сжигания нижним электроконтактом, на верхнем торце которого предусмотрено углубление, в которое введен с поджатием ответный верхний электроконтакт, установленный на центральном неподвижном насадке. Предложенное устройство позволяет обеспечивать и исследовать подводное горение унитарных твердых топлив при перегрузках при движении фронта газообразования ПРОТИВ направления действия центробежных сил.

Недостатком этого устройства является невозможность его использования для исследования принципиально нового и более сложного процесса подводного горения твердого топлива в поле центробежных сил, когда движение фронта газообразования направлено ПО ХОДУ действия перегрузок.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту представляются технические средства для осуществления способа сжигания унитарного твердого топлива в жидкой среде [3]. Основным из этих средств является локализатор горения, который, по мнению авторов, должен фигурировать в ограничительной части предлагаемой формулы изобретения. Главной отличительной особенностью этого способа является то, что сжигание осуществляется при использовании свойств гравитационных массовых сил, которые, как известно, по своему действию подобны центробежным массовым силам. Конкретно указанный способ заключается в том, что топливо в виде цилиндрической шашки устанавливается преимущественно в вертикальном положении с закреплением шашки в нижней части и осуществляют зажигание, например, при помощи контактирующего с топливом электровоспламенителя. Последний устанавливают на верхнем торце шашки и закрывают его подвижным локализатором горения в виде термостойкого стакана в перевернутом положении с охватом верхней части шашки. Причем термостойкий стакан выбирают с отрицательной плавучестью, превышающей в процессе горения сумму сил: положительной плавучести газового объема стакана и реактивной силы истекающих в жидкость продуктов горения. При этом процесс ведут преимущественно в дозвуковом режиме истечения продуктов горения из зазора между шашкой и стенками термостойкого стакана.

Недостатком известного способа является то, что в нем не обсуждены какие-либо технические средства для обеспечения возможности сжигания и исследования подводного горения унитарных твердых топлив в поле центробежных сил.

Ставилась задача создания устройства для исследования подводного горения унитарных твердых топлив в поле центробежных сил, когда движение фронта газообразования совпадает с их направлением, определять скорость горения в этих условиях и исследовать форму и структуру поверхности горения после прерывания газообразования в процессе испытания.

Поставленная задача достигается тем, что устройство для исследования подводного горения унитарных твердых топлив в поле центробежных сил содержит испытуемый цилиндрический образец, который на нижнем конце имеет крепление, а на верхнем закрыт подвижным локализатором горения в виде термостойкого стакана в перевернутом положении, и электровоспламенитель, испытуемый образец размещен в установленной на платформе с возможностью вращения вокруг вертикальной оси камере сжигания с горизонтальным дном, причем для закрепления одного конца образца предусмотрена установленная на боковой внутренней стенке камеры шарнирная опора с боковой неустойчивостью, допускающая поворот вокруг вертикальной оси, а термостойкий стакан снабжен охватывающей испытуемый образец направляющей, которая закреплена на установленной на днище камеры подставке, при этом по длине охватывающая часть направляющей выбрана соответствующей той части образца, которая предназначена для сжигания.

Направляющая может быть выполнена в виде трубки с продольными отверстиями для прохода продуктов горения.

Подставка и направляющая могут быть выполнены в виде резьбовой пары.

Размещение испытуемого образца с подвижным локализатором горения и электровоспламенителем в установленной на платформе с возможностью вращения вокруг вертикальной оси камере сжигания в совокупности с другими вышеприведенными признаками позволяет для обеспечения перемещения подвижного локализатора горения вместо гравитационных массовых сил использовать более интенсивные центробежные массовые силы.

Установленная на боковой внутренней стенке камеры для закрепления одного конца образца шарнирная опора с боковой неустойчивостью, допускающая поворот вокруг вертикальной оси, позволяет обеспечить гашение испытуемого образца топлива после выхода локализатора горения из направляющей.

Размещение подвижного локализатора горения в охватывающей испытуемый образец направляющей, которая закреплена на установленной на днище камеры подставке, обеспечивает устойчивость процесса горения. А выбор охватывающей части направляющей, соответствующей той части образца, которая предназначена для сжигания, позволяет обеспечить гашение образца ориентировочно в заданный момент времени.

Выполнение направляющей в виде трубки с продольными отверстиями обеспечивает проход продуктов горения с минимальным сопротивлением.

Выполнение подставки и направляющей в виде резьбовой пары позволяет задавать размер части испытуемого образца, предназначенной для сжигания.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг.1 приведен общий вид устройства в разрезе с изображением половины камеры сжигания; на фиг.2 показано сечение А-А на фиг.1; на фиг.3 представлен вид Б-Б на фиг.1, иллюстрирующий положение шарнирной опоры после ее разворота с погасшим испытуемым образцом.

Устройство для исследования подводного горения унитарных твердых топлив в поле центробежных сил согласно изобретению содержит (фиг.1) испытуемый цилиндрический образец 1 с электровоспламенителем 2 в виде изолированной плоской спирали накаливания, и на них надет подвижный локализатор горения 3, выполненный в виде термостойкого стакана. Испытуемый образец 1 вместе с подвижным локализатором горения 3 размещены в установленной на платформе 4 с возможностью вращения вокруг вертикальной оси камере сжигания 5 с горизонтальным дном и пазом 6 на внутренне боковой поверхности. Для закрепления одного конца образца предусмотрена установленная на боковой внутренней стенке камеры сжигания 5 шарнирная опора 7 с боковой неустойчивостью, допускающая поворот вокруг вертикальной оси. Основание шарнирной опоры 7 (позиция 8) впрессовано в паз 6. Подвижный локализатор горения 3 снабжен охватывающей испытуемый образец направляющей 9, которая закреплена на установленной на днище камеры подставке 10 (фиг.1, 2, 3). При этом по длине охватывающая часть направляющей 9 выбрана соответствующей той части испытуемого образца 1, которая предназначена для сжигания.

Направляющая 9 выполнена в виде трубки с продольными отверстиями 11 для прохода продуктов горения. Подставка 10 и направляющая 9 выполнены в виде резьбовой пары. Съемная крышка 12 камеры сжигания 4 выполнено из прозрачного материала, например плексигласа. Электровоспламенитель 2 посредством проводов 13 через центральное отверстие 14 в крышке 12 связан с источником питания (на чертеже не показан). Для исследовательских целей на устройстве могут быть установлены различные измерительные узлы (на чертежах не показаны) типа фотосъемочной аппаратуры, тахометров, датчиков давления, термопар и др. Перед испытанием камеру сжигания заполняют водой 15, которая при вращении приобретает новый уровень, условно показанный цифрой 16 (фиг.1, 3).

Работа на предлагаемом устройстве осуществляется следующим образом. Перед испытанием испытуемый образец топлива 1 размещают в камере сжигания 5. При этом один его конец закрепляют на шарнирной опоре 7, а на торце другого конца прикрепляют электровоспламенитель 2 и закрывают его подвижным локализатором горения 3. Затем в подставку 10 ввинчивают направляющую 9 таким образом, чтобы подвижный локализатор горения 3 оказался внутри нее. После подсоединения проводников 13 к источнику электропитания камеру сжигания 5 заполняют водой 15. При этом вода заполняет и свободную полость подвижного локализатора горения 3. После этого камеру сжигания 5 закрывают съемной крышкой 12.

После запуска электромотора и набора максимального или необходимого числа оборотов подают напряжение на электровоспламенитель 2. При его разогреве прилегающая вода испаряется и происходит зажигание топлива сначала по торцевой части испытуемого образца 1, а затем и по его боковой поверхности, которая прилегает к подвижному локализатору горения 3. Образующиеся продукты горения, вытеснив воду из полости подвижного локализатора горения 3, попадают в основной водный объем 15. Далее продукты горения барботируют за счет силы Архимеда, которая оказывается многократно усиленной за счет центробежных сил, и затем, уже охлажденные, через центральное отверстие 14 в крышке 12 выходят в атмосферу.

При установившемся режиме горячая часть испытуемого образца 1 внутри подвижного локализатора горения 3 приобретает форму усеченного конуса, и через имеющийся зазор происходит постоянное истечение продуктов горения. Причем по мере выгорания топлива подвижный локализатор горения 3, ввиду воздействия на него поля центробежных сил, движется вдоль испытуемого образца 1, «следуя» за фронтом горения и осуществляя при этом непрерывную локализацию зоны газообразования в динамическом режиме.

Как только подвижный локализатор зоны горения 3 выходит за пределы направляющей 9, он, в связи с боковой неустойчивостью шарнирной опоры 7, вместе с испытуемым образцом 1 начинает отклоняться по ходу вращения камеры сжигания 5 (фиг.3). При этом подвижный локализатор горения 3 срывается с испытуемого образца 1, который в результате оказывается полностью окруженным водой и, вследствие этого, происходит его погасание. Это позволяет зафиксировать изменение формы поверхности газообразования в процессе испытания, что представляется важным при исследовании подводного горения унитарных твердых топлив.

Процесс подводного горения твердого топлива в поле центробежных сил при движении фронта газообразования по направлению действия перегрузок оказывается существенно нестационарным. Это связано со следующими особенностями горения в этих условиях. Во-первых, зона газообразования постоянно смещается в сторону возрастания перегрузок и поэтому горение происходит при возрастающем гидростатическом давлении. Во-вторых, возрастающие перегрузки увеличивают силу поджатия подвижного локализатора горения к поверхности газообразования. Оба названных фактора, каждый в определенной степени, будут приводить к увеличению скорости горения. Эксперименты на предлагаемом устройстве позволят устанавливать конкретные значения скорости горения в этих условиях для любых унитарных твердых топлив.

При атмосферном давлении массовые силы будут определяющими. Для оценки их влияния на гидростатическое давление в камере можно воспользоваться законами гидравлики [4]. Для условий закрытой камеры соотношение, приведенное в работе [4], может быть приведено к следующему виду.

$$\Delta p = 0,5\rho_w\omega^2(R^2 - r^2) = 2\rho_w\pi^2n^2(R^2 - r^2) \quad (1)$$

где Δp - гидростатическое давление жидкости, создаваемое массовыми силами (перегрузкой), Па; ρ_w - плотность воды, кг/м³; ω - угловая скорость, рад/с; R - расстояние от оси вращения до открытого торца подвижного локализатора горения, м; r - расстояние от оси вращения камеры сжигания до уровня воды, м; n - частота вращения камеры сжигания, с⁻¹.

Если при атмосферном давлении окружающей среды использовать камеру сжигания с частотой вращения до $n=50$ с⁻¹, которая допускает размещение испытуемого образца и подвижного локализатора горения в воде на глубине от $r=0,02$ м до $R=0,2$ м, то в процессе горения гидростатическое давление будет изменяться в пределах от 0,1 до 2,0 МПа. Поэтому следует ожидать существенного изменения скорости горения в процессе опыта, даже без учета изменения силы поджатия подвижного локализатора горения. Конкретные законы горения твердых топлив в этих условиях могут быть определены в экспериментах при киносъемке движения локализатора горения через прозрачную съемную крышку 12.

Для исследования горения твердых топлив при повышенных давлениях следует воспользоваться конструкцией камеры сжигания, изложенной в заявке на изобретение [2]. В процессе испытания с использованием датчика фиксируют изменение давления на осциллограмме, по которой затем определяют время горения и соответствующее среднее давление. При этом, когда устанавливается связь скорости горения топлива с соответствующим давлением, то к среднему давлению по осциллограмме необходимо приплюсовать и гидростатическое давление жидкости, создаваемое вышеупомянутыми центробежными силами.

Предложенное устройство позволяет обеспечить подводное горения унитарных твердых топлив в поле центробежных сил при движении фронта газообразования по направлению действия перегрузок, определять скорость горения в этих условиях и исследовать форму и структуру поверхности горения после прерывания газообразования в процессе испытания.

Данная заявка на изобретение подготовлена при поддержке РФФИ, номер проекта 09-03-00054-а.

Источники информации

1. Архипов В.А., Барсуков В.Д., Березиков А.П., Третьяков Н.С. Особенности горения конденсированных систем с катализаторами в условиях перегрузки / Химическая физика и мезоскопия. Ижевск: Изд-во РАН Удмуртского научн. центра, 2006. - Т.9. - № 1.
2. Барсуков В.Д., Голдаев С. В., Минькова Н.П., Поленчук С.Н. Устройство для исследования подводного горения унитарных твердых топлив при перегрузках // Заявка на изобретение. Уведомление о приоритете РОСПАТЕНТа, регистрационный номер 2009130689 от 11.08.2009.
3. Пат.2345277 РФ, МПК F23B 99/00, F02K 9/08, B01J 7/00. Способ сжигания унитарного твердого топлива в жидкой среде / В.Д.Барсуков С. В.Голдаев, Н.П.Минькова, С.Н.Поленчук. Заявл. 18.01.2006; опубл. 27.01.2009, Бюл. № 3. 9 с.
4. Альтшуль А.Д. и др. Гидравлика и аэродинамика. - М.: Судостроение, 1987. - С.49.

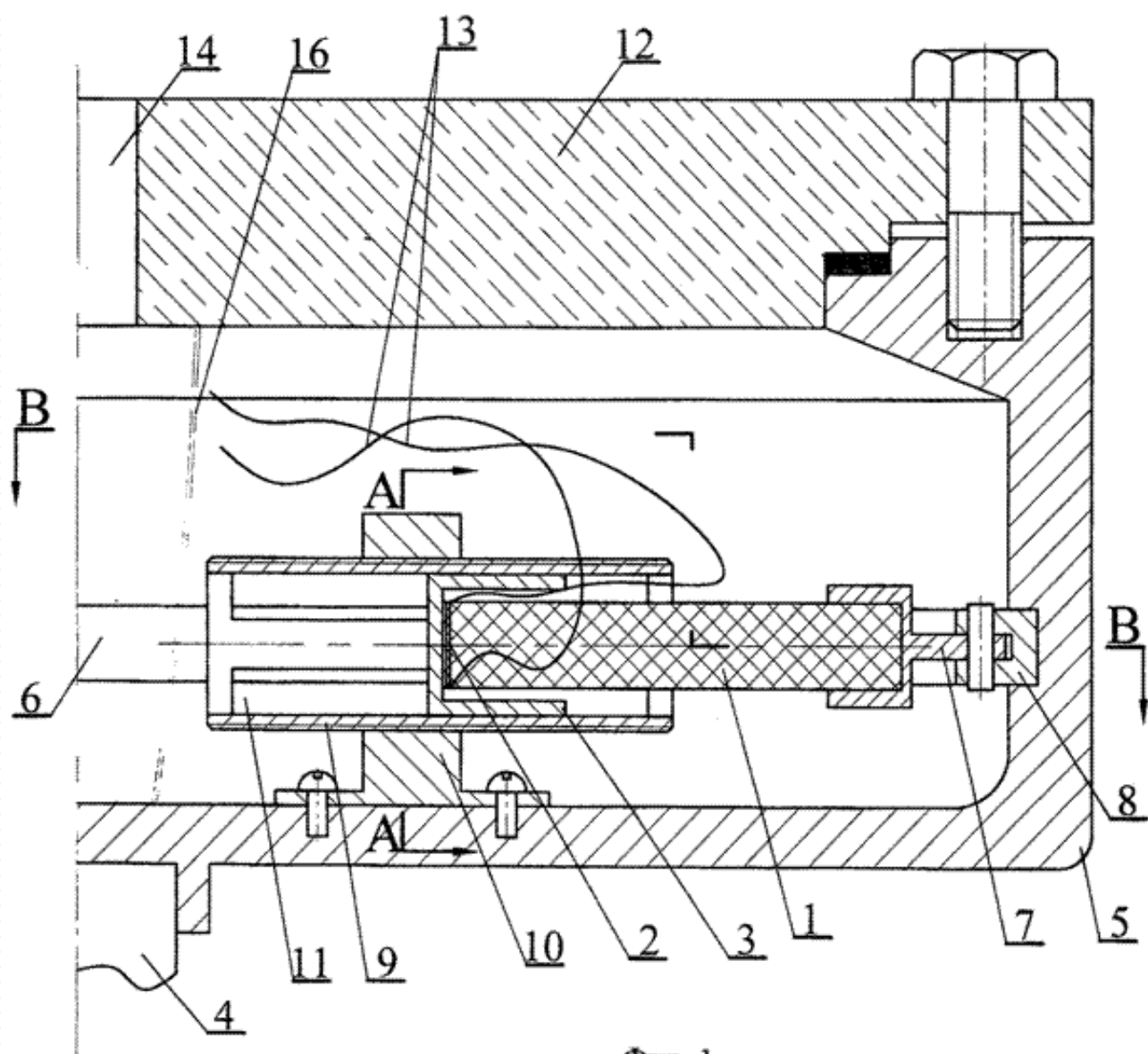
Формула изобретения

1. Устройство для исследования подводного горения унитарных твердых топлив в поле центробежных сил, содержащее испытуемый цилиндрический образец, который на нижнем конце имеет крепление, а на верхнем закрыт подвижным локализатором горения в виде термостойкого стакана в перевернутом положении, и электровоспламенитель, отличающееся тем, что испытуемый образец размещен в установленной на платформе с возможностью вращения вокруг вертикальной оси камере сжигания, причем для закрепления одного конца образца предусмотрена установленная на боковой внутренней стенке камеры сжигания шарнирная опора с боковой неустойчивостью, допускающая поворот вокруг вертикальной оси, а термостойкий стакан снабжен охватывающей испытуемый образец направляющей, которая закреплена на установленной на днище камеры подставке, при этом по длине охватывающая часть направляющей выбрана соответствующей той части образца, которая предназначена для сжигания.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что направляющая выполнена в виде трубки с продольными отверстиями для прохода продуктов горения.

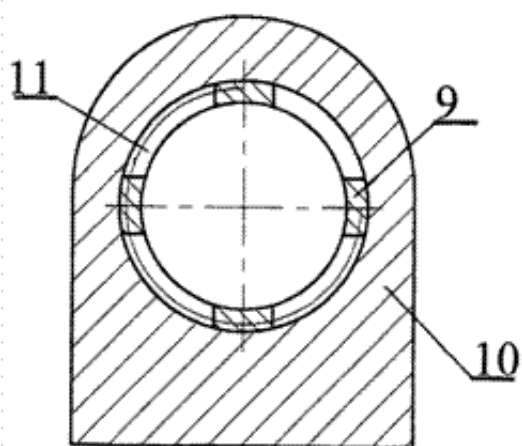
3. Устройство по п.1 или 2, отличающееся тем, что подставка и направляющая выполнены в виде резьбовой пары.

РИСУНКИ



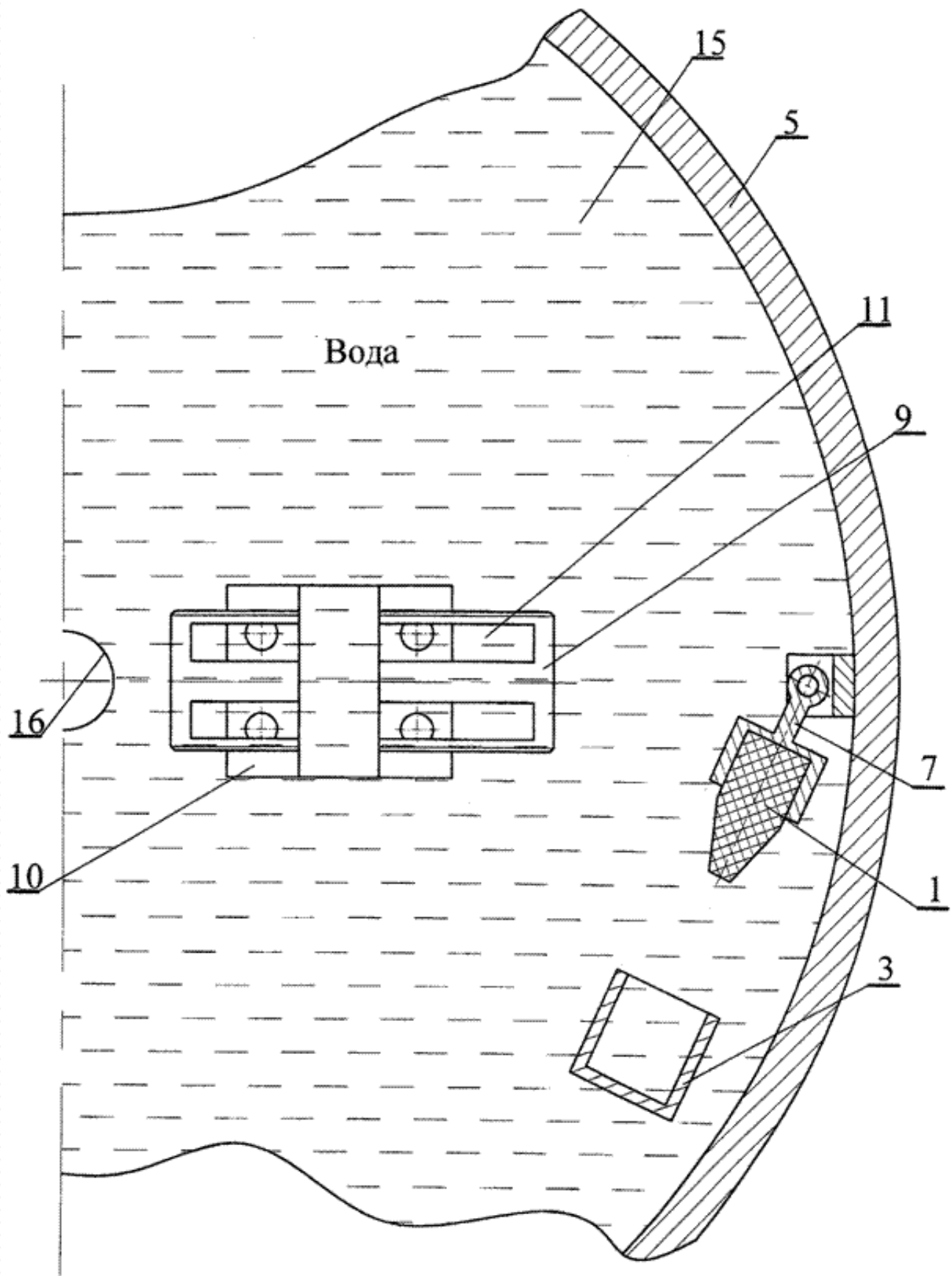
Фиг. 1

A-A



Фиг. 2

В-В



Фиг. 3