



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 7 год с 12.08.2015 по 11.08.2016

(21), (22) Заявка: **2009130689/06**, **11.08.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.08.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **11.08.2009**

(43) Дата публикации заявки: **20.02.2011**

(45) Опубликовано: [27.07.2011](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **АРХИПОВ В.А. и др. Особенности горения конденсированных систем с катализаторами в условиях перегрузки. Химическая физика и мезоскопия. РАН Удмуртского научного центра, 2006, т.9, № 1. RU 2100065 C1, 27.12.1997. RU 2357094 C2, 27.05.2009. RU 2345277 C2, 27.01.2009. JP 2004331406 A, 25.11.2004. US 4066415 A, 03.01.1978.**

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, ул. Ленина, 36, НИИ прикладной математики и механики Томского госуниверситета (НИИ ПММ ТГУ)

(72) Автор(ы):

**Барсуков Виталий Дементьевич (RU),
Голдаев Сергей Васильевич (RU),
Пахнутов Константин Викторович (RU),
Басалаев Сергей Александрович (RU)**

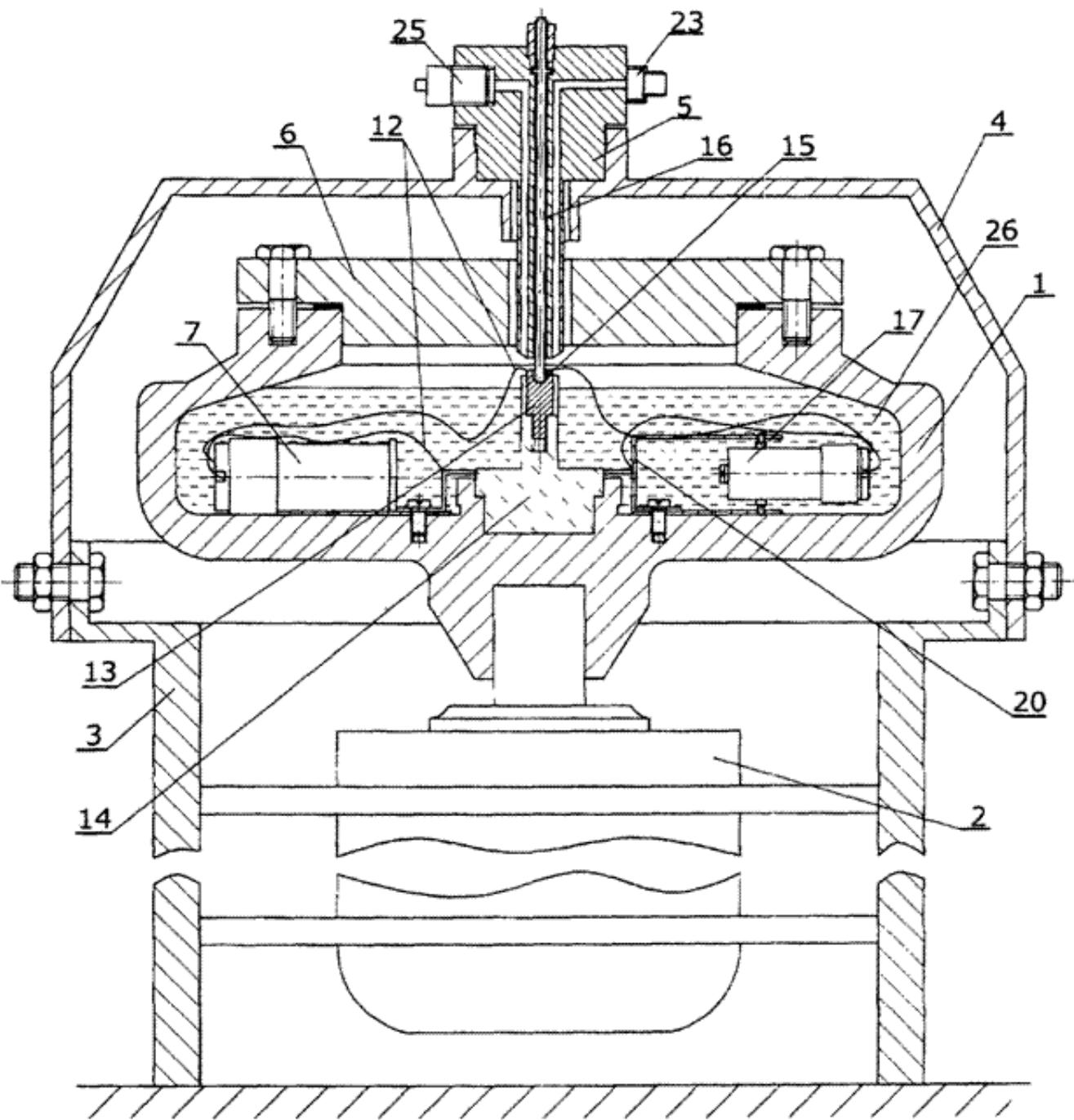
(73) Патентообладатель(и):

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

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНОГО ГОРЕНИЯ УНИТАРНЫХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ ПРИ ПЕРЕГРУЗКАХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области ракетной техники. 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 со спиралью накаливания. В одной из дополнительных камер 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. В указанные углубления входят штыри закрепленной в дискообразной камере сжигания скобы с возможностью разворота дополнительной камеры сжигания относительно поперечной оси на 180°, причем с внешней стороны донной части составного стакана прикреплен противовес. Спирали накаливания обеих дополнительных камер электрически связаны с 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. Изобретение позволяет обеспечить подводное горения унитарных твердых топлив при перегрузках, определять скорость горения в этих условиях и исследовать форму и структуру поверхности горения после прерывания газообразования в процессе испытания. 1 з.п. ф-лы, 7 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.

Известен твердотопливный газогенератор для подводного использования [1], содержащий твердотопливную шашку с глухой полостью в ее нижней части, в которой установлен воспламенитель. Шашка полностью охвачена открытой снизу камерой с примыкающим к ней буферным объемом. В подводном положении свободный объем камеры может быть полностью заполнен водой, которая после зажигания топлива в глухой полости вытесняется всплывающими продуктами горения. Затем горение распространяется по всей поверхности шашки и в дальнейшем происходит истечение продуктов горения в окружающую воду через буферный объем.

Недостатком известного газогенератора является то, что в нем не предусмотрена возможность исследования подводного горения используемого твердого топлива в поле массовых сил, т.е. при перегрузках.

Наиболее близким по технической сущности и конструктивным особенностям (но не по достигаемому эффекту) представляется устройство, описанное в работе [2]. 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 (обусловлены центробежной силой). 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 без дополнительного изобретательского усовершенствования для исследования подводного горения унитарного твердого топлива при перегрузках (в поле массовых сил).

Ставилась задача создания устройства для исследования подводного горения унитарного твердого топлива при перегрузках и обеспечение возможности прерывания газообразования в процессе испытания.

Поставленная задача решалась тем, что в известном устройстве для исследования горения унитарных твердых топлив при перегрузках, содержащем установленную на платформе с возможностью вращения дискообразную камеру сжигания с покрытым по боковой поверхности и одному торцу бронирующим составом испытуемым образцом топлива и воспламенителем, включающее крышку с центральным отверстием, в котором установлен неподвижный центральный насадок с каналом для датчика давления, в горизонтально ориентированной дискообразной камере сжигания на ее диаметрально противоположных сторонах установлены две дополнительные камеры сжигания, выполненные в виде составного стакана со снабженной резьбой поджимной втулкой, обращенных донной частью к оси вращения, и в них закреплены испытуемые образцы топлива с предусмотренной на незабронированном торце полостью, в которой установлена спираль накаливания, при этом 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. При этом в указанные углубления входят штыри закрепленной в дискообразной камере сжигания скобы с возможностью разворота стакана в процессе сгорания топлива относительно поперечной оси на 180° . С внешней стороны донной части составного стакана прикреплен противовес, по массовому отношению и пространственному положению соответствующий испытуемому образцу топлива согласно следующему неравенству:

$$ML < M_0 L_0,$$

где M - масса противовеса, кг;

L - расстояние от центра тяжести противовеса до поперечной оси разворота составного стакана, м;

M_0 - масса испытуемого образца, кг;

L_0 - расстояние от центра тяжести образца до поперечной оси разворота составного стакана, м.

При этом обе спирали накаливания в дополнительных камерах 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.

В центральной насадке могут быть предусмотрены расположенные по окружности газодинамически связанные с источником сжатого газа каналы, имеющие выход в дискообразной камере сжигания.

Размещение в горизонтально ориентированной дискообразной камере сжигания дополнительной камеры сжигания, выполненной в виде составного стакана со снабженной резьбой поджимной втулкой, обращенного донной частью к оси вращения с закреплением в нем испытуемого образца топлива с предусмотренной на незабронированном торце полостью, в которой установлена спираль накаливания, позволяет принципиально и практически создать условия для осуществления горения топлива в водной среде при наличии перегрузок.

Установление на изолирующей подставке в центральной части днища дискообразной камеры сжигания нижнего электроконтакта, на верхнем торце которого предусмотрено углубление, в которое введен с поджатием ответный верхний электроконтакт, установленный на центральном неподвижном насадке, позволяет подать электропитание от неподвижного источника на движущуюся спираль накаливания, обеспечивающую зажигание топлива испытуемого образца.

Предусмотренное утолщенное днище, обеспечивающее нахождение центра тяжести неснаряженного стакана на его внутренней поверхности днища, а с внешней боковой поверхности стакана предусмотрены цилиндрические углубления, оси которых совпадают с поперечной осью, лежащей на продолжении диаметральной линии, проходящей через центр тяжести неснаряженного составного стакана с входением в указанные углубления штырей, закрепленных в скобе, обеспечивают возможность разворота стакана в процессе сгорания топлива относительно поперечной оси на 180° .

Прикрепление с внешней стороны донной части дополнительной камеры сжигания противовеса, по массовому отношению и пространственному положению соответствующего испытуемому образцу топлива, согласно вышеприведенному неравенству позволяет перед испытанием приблизительно задавать момент гашения образца (т.е. задать размер той части образца, которая должна остаться после гашения).

Расположение газодинамически связанных с источником сжатого газа каналов по окружности с выходом в дискообразной камере сжигания позволяет при заданной площади проходного сечения этих каналов уменьшить диаметр неподвижного центрального насадка (при увеличении диаметра насадка растет площадь сечения кольцевого зазора, а это приводит к необходимости для поддержания заданного давления увеличивать расход газа от источника).

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг.1 приведен общий вид устройства в разрезе; на фиг.2 показана дополнительная камера сжигания в разрезе; на фиг.3 в увеличенном масштабе изображены неподвижный центральный насадок с электроконтактами; на фиг.4 представлено сечение А-А на фиг.3; на фиг.5 изображена дискообразная камера сжигания в разрезе с двумя вариантами дополнительных камер сжигания в процессе испытания; на фиг.6 изображено в увеличенном масштабе положение дополнительной камеры сжигания с испытуемым образцом в начале испытания; на фиг.7 приведено положение дополнительной камеры сжигания после ее разворота с погасшим испытуемым образцом.

Устройство для исследования подводного горения унитарных твердых топлив при перегрузках согласно изобретению (фиг.1) содержит горизонтально ориентированную дискообразную камеру сжигания 1, установленную на вертикальной оси электромотора 2. Корпус электромотора 2 скреплен с обечайкой 3, на которой установлена поддерживающая арматура 4 с неподвижным центральным насадком 5. Последний с кольцевым зазором входит в камеру сжигания 1 через центральное отверстие в крышке 6.

В горизонтально ориентированной дискообразной камере сжигания 1 установлена дополнительная камера сжигания 7, выполненная в виде составного стакана, обращенного донной частью к оси вращения. В дополнительной камере сгорания 7 (фиг.1, 2) при помощи поджимной втулки 8 закреплен покрытый по боковой поверхности и одному торцу бронирующим составом испытуемый образец топлива 9. На его незабронированном торце предусмотрена полость 10, в которой установлена спираль накаливания 11. Последняя при помощи проводников 12 (один из проводников замкнут на массу) электрически связана с нижним электроконтактом 13, установленном вертикально на изолирующей подставке 14 в центральной части днища дискообразной камеры сжигания 1. На верхнем торце нижнего электроконтакта 13 предусмотрено углубление 15, в которое введен с поджатием ответный верхний электроконтакт 16, установленный на центральном неподвижном насадке 5 (фиг.1, 3).

Другая дополнительная камера сжигания 17 (фиг.1, 6) и ее крепления характеризуется следующим. В ней предусмотрено утяжеленное днище, обеспечивающее нахождение центра тяжести неснаряженной дополнительной камеры сжигания 17 (т.е. без испытуемого образца 9) на ее внутренней поверхности днища. На внешней же боковой поверхности дополнительной камеры сжигания 17 предусмотрены выступы 18 с цилиндрическими углублениями, оси которых лежат на продолжении диаметральной линии, проходящей через центр тяжести неснаряженной дополнительной камеры сжигания 17. Для крепления последней в дискообразной камере сжигания 1 установлена скоба 20 со штырями 19, входящими в углубления выступов 18 с возможностью в процессе сгорания топлива разворота дополнительной камеры сжигания 17 на 180° . С внешней стороны донной части дополнительной камеры сжигания 17 присоединен с возможностью закрепления на разных расстояниях от центра тяжести противовес 21. По массовому отношению и пространственному положению противовес 21 соответствует испытуемому образцу топлива 9 согласно следующему неравенству:

$$ML < M_0 L_0,$$

где M - масса противовеса, кг;

L - расстояние от центра тяжести противовеса до оси разворота стакана, м;

M_0 - масса испытуемого образца, кг;

L_0 - расстояние от центра тяжести образца до оси разворота стакана, м.

В центральном неподвижном насадке 5 предусмотрены расположенные по окружности Г-образные каналы 22 (фиг.3, 4), которые с одного конца газодинамически связаны через сборник 23 с источником газа (на чертеже не показан), а на другом конце имеют выход в дискообразной камере сжигания 1. В неподвижном центральном насадке 5 предусмотрен дополнительный Г-образный канал 24 для датчика давления 25. Подобный канал на центральном неподвижном насадке 5 может также быть предусмотрен для отбора газов (на чертежах не показан). На поддерживающей арматуре 4 может быть установлен датчик числа оборотов (на чертеже не показан) электромотора 2. Перед испытанием дискообразную камеру сжигания заполняют водой 26, которая при вращении электромотора приобретает новый уровень, условно показанный цифрой 27 (фиг.5).

Работа на предлагаемом устройстве осуществляется следующим образом. Перед испытанием в дискообразной камере сжигания 1 размещают дополнительную камеру сжигания 7 с установленным в ней испытуемым образцом топлива 9 со спиралью накаливания 11. После подсоединения проводников 12 от спирали накаливания к нижнему электроконтакту 13 дискообразную камеру сжигания 1 заполняют водой. При этом вода заполняет и свободные полости дополнительных камер сжигания 7 и 17. После этого камеру сжигания 1 закрывают крышкой 6, обращая внимание на то, чтобы верхний электроконтакт 16 вошел в углубление 15 нижнего центрального электроконтакта 13. Затем запускают электромотор 2 и после набора максимального или необходимого числа оборотов подают напряжение на спираль накаливания 11. При ее разогреве прилегающая вода испаряется и происходит зажигание топлива по стенкам полости 10. Образующиеся продукты горения, вытеснив воду из полости поджимной втулки 8, попадают в основной водный объем 26 (на фиг.5 движение продуктов горения показаны стрелками), где барботируют за счет силы Архимеда, и затем через кольцевой зазор в крышке 6 выходят в атмосферу.

При исследовании горения унитарных твердых топлив важно знать изменение формы поверхности газообразования в процессе испытания. При использовании предлагаемого устройства это обеспечивается применением дополнительной камеры сжигания с разворотом на 180° . Для этого при снаряжении находящейся в скобе 20 дополнительной камеры сжигания 17 с внешней стороны ее днища при помощи резьбового соединения прикрепляют противовес 21 с вышеуказанными характеристиками, который может быть зафиксирован с различными заглублениями.

Процесс испытания в этом случае протекает следующим образом. В начале горения, когда центр тяжести снаряженной камеры сжигания 17 находится внутри нее, она своим открытым концом располагается по направлению действия перегрузки (фиг.6, направление перегрузки показано стрелкой с буквой «а»). Когда же часть образца сгорает, центр тяжести перемещается за пределы внутренней поверхности днища, и равновесие становится неустойчивым. Вследствие этого дополнительная камера сжигания 17 разворачивается на 180° (фиг.7). В результате вода 26 заливают поверхность горения топлива и происходит его погасание.

Испытания на предлагаемом устройстве можно проводить на одной из двух дополнительных камер сжигания или при их совместном использовании. В последнем случае на осциллограмме давление-время будет отмечено два момента спада давления.

Для приближенной оценки места, в котором требуется осуществить гашение топлива, можно воспользоваться следующими выкладками. В процессе горения масса образца M и расстояние от его центра тяжести до оси разворота L уменьшается от максимального (т.е. от начального) M_0 и L_0 до нуля. Соответственно изменяется и произведение ML , в то время как произведение m_l остается неизменным. Если неснаряженный стакан уравновешен относительно нормальной оси разворота, то разворот стакана на 180° произойдет после достижения равенства этих произведений. Математически, с учетом геометрических характеристик, для цилиндрического образца это можно выразить следующим образом.

$$ML = \pi \rho R^2 L^2 / 2 = m_l, \quad (1)$$

и получить значение для l , при котором происходит разворот стакана:

$$l = \pi \rho R^2 L^2 / (2m). \quad (2)$$

Здесь ρ - плотность топлива, кг/м³;

R - радиус испытуемого образца, м.

Для цилиндрического образца для удобства прогнозирования разворота стакана можно ввести отношение длины несгоревшей части образца к его начальной длине

$$k = L/L_0, \quad (3)$$

Тогда при заданной k-й части образца, которая в процессе испытания останется несгоревшей, удаление противовеса от оси разворота стакана может быть определено из соотношения (2) с учетом (3).

$$l = \pi \rho R^2 L_0^2 k^2 / (2m). \quad (4)$$

Например, при следующих характеристиках испытуемого образца:

$\rho = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $R=0,01 \text{ м}$; $l=0,04 \text{ м}$; $m=0,01 \text{ кг}$ требуется погасить образец при сгорании наполовину ($k=0,5$). Тогда, используя соотношение (4), получим:

$$l = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,01^2 \cdot 0,04^2 \cdot 0,5^2 / (2 \cdot 0,01) \approx 0,0094 \cdot \text{м} = 9,4 \text{ мм}.$$

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 массовыми силами (перегрузкой).

При атмосферном давлении массовые силы будут определяющими. Для оценки их влияния на гидростатическое давление в камере можно воспользоваться законами гидравлики [3]. Для условий закрытой камеры соотношение, приведенное в работе [3], может быть приведено к следующему виду.

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

где Δp - гидростатическое давление жидкости, создаваемое массовыми силами (перегрузкой), Па; ρ_v - плотность воды, кг/м^3 ; ω - угловая скорость, рад/с ; R - расстояние от оси вращения до края дополнительной камеры сжигания на выходе, м; r - расстояние от оси вращения до уровня воды, м; n - частота оборотов камеры сжигания, с^{-1} .

Для примера приведем расчет для следующих данных:

$$R=0,2 \text{ м}; r=0,02 \text{ м}; n=50 \text{ с}^{-1}; \rho_v=1000 \text{ кг/м}^3.$$

Подстановка этих данных в соотношение (5) дает следующий результат:

$$\Delta p = 2 \cdot 1000 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot (0,2^2 - 0,02^2) = 1952200 \text{ Па} \approx 1,95 \text{ МПа}.$$

Для более высоких давлений необходимо подключать дополнительный сторонний источник сжатых газов, от которого газы через каналы 22 должны поступать в дискообразную камеру сжигания 1, создавая дополнительный ее наддув до заданных пределов.

На выходе из кольцевого зазора в крышке 6 могут быть установлены различные датчики типа термопар, заборников продуктов горения для хроматографии и т.п.

Таким образом, предлагаемое изобретение впервые создаст возможность проведения исследований подводного горения унитарных твердых топлив при перегрузках, и в частности, исследовать под микроскопом структуру поверхности горения топлива, после его гашения в обсуждаемых условиях.

Данная заявка на изобретение подготовлена при поддержке РФФИ, номер проекта 09-08-00054-а.

Источники информации

1. Пат. 2100065 РФ, МКИ6 В01J 7/00, F02K 9/10, В63В 22/08. Твердотопливный газогенератор для подводного использования / В.Д.Барсуков, С.В.Голдаев, Е.В.Муленок, заявл. 27.01.95; опубл. 27.12.97, бюл. № 36. 5 с.

2. 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.

Формула изобретения

1. Устройство для исследования подводного горения унитарных твердых топлив при перегрузках, содержащее установленную на платформе с возможностью вращения горизонтально ориентированную дискообразную камеру сжигания с покрытым по боковой поверхности и одному торцу бронирующим составом испытуемым образцом топлива и воспламенителем, включающее крышку с центральным отверстием, в котором установлен неподвижный центральный насадок с каналом для датчика давления, отличающееся тем, что в горизонтально ориентированной дискообразной камере сжигания на ее диаметрально противоположных сторонах установлены две дополнительные камеры сжигания, выполненные в виде составного стакана со снабженной резьбой поджимной втулкой, обращенных донной частью к оси вращения, и в них закреплены испытуемые образцы топлива с предусмотренной на незабронированном торце полостью, в которой установлена спираль накаливания, при этом 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, при этом в указанные углубления входят штыри закрепленной в дискообразной камере сжигания скобы с возможностью разворота дополнительной камеры сжигания относительно поперечной оси на 180° , причем с внешней стороны донной части составного стакана прикреплен противовес, по массовому отношению и пространственному положению соответствует испытуемому образцу топлива, согласно следующему неравенству:

$$ML < M_0 L_0 ,$$

где M - масса противовеса, кг;

L - расстояние от центра тяжести противовеса до поперечной оси разворота составного стакана, м;

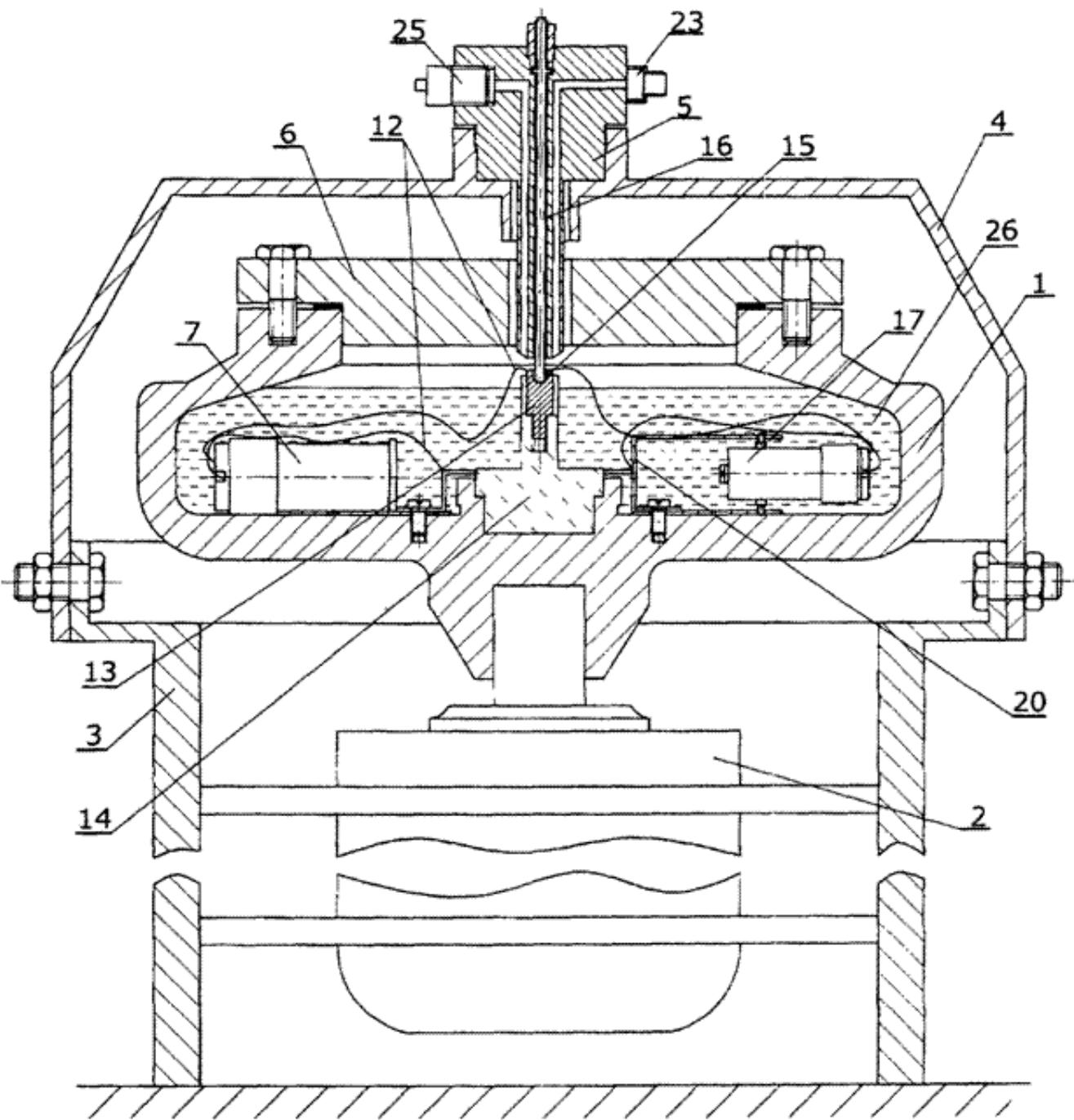
M_0 - масса испытуемого образца, кг;

L_0 - расстояние от центра тяжести образца до поперечной оси разворота составного стакана, м;

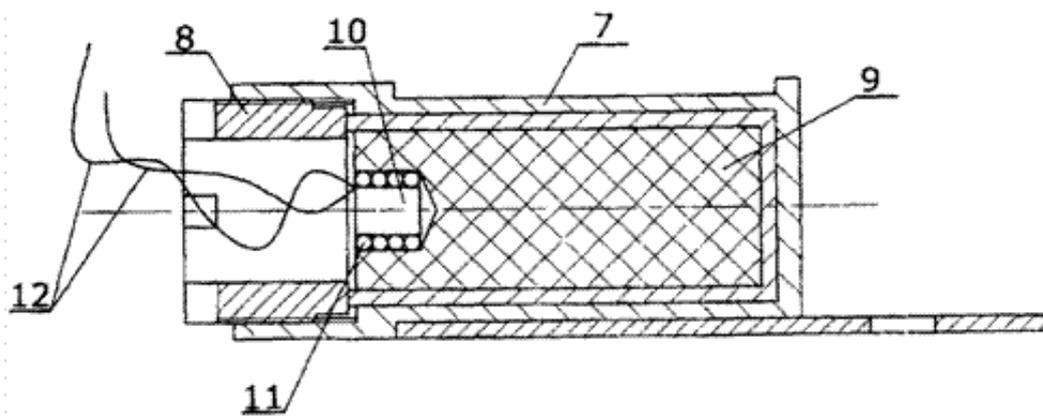
при этом обе спирали накаливания в дополнительных камерах сжигания электрически связаны с вертикально установленным на изолирующей подставке в центральной части днища дискообразной камеры сжигания нижним электроконтактом, на верхнем торце которого предусмотрено углубление, в которое введен с поджатием ответный верхний электроконтакт, установленный на центральном неподвижном насадке.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что в центральном насадке предусмотрены расположенные по окружности газодинамически связанные с источником сжатого газа каналы, имеющие выход в дискообразной камере сжигания.

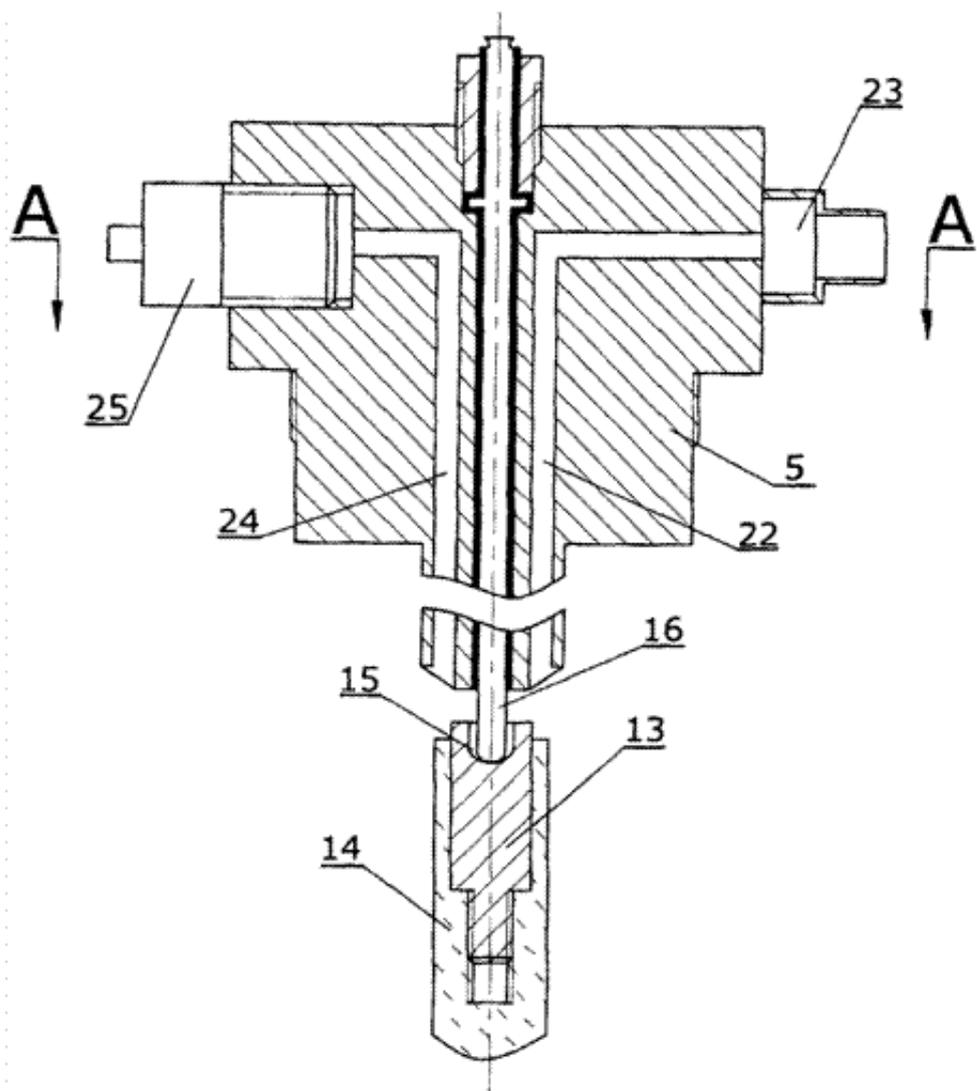
РИСУНКИ



Фиг. 1

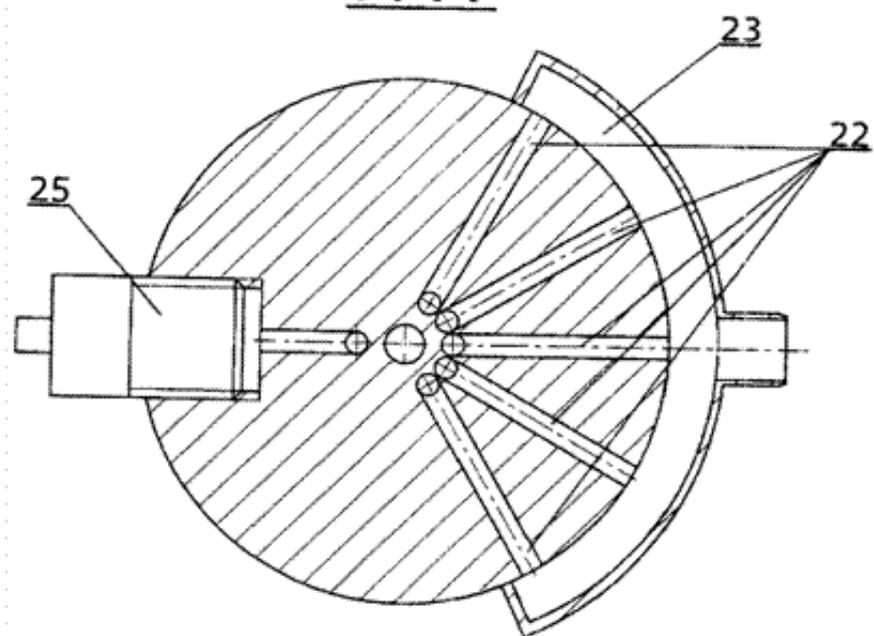


Фиг. 2

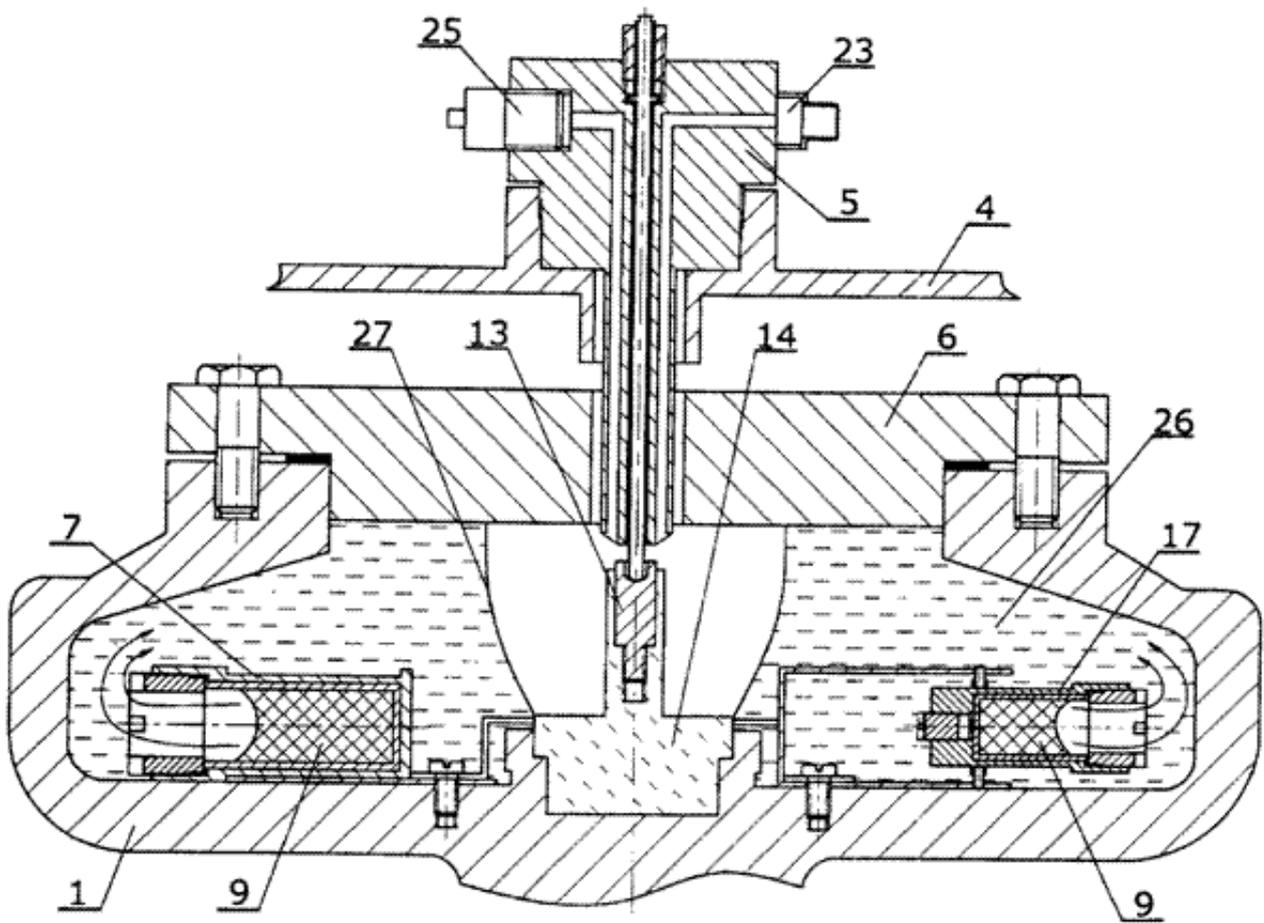


Фиг. 3

A-A

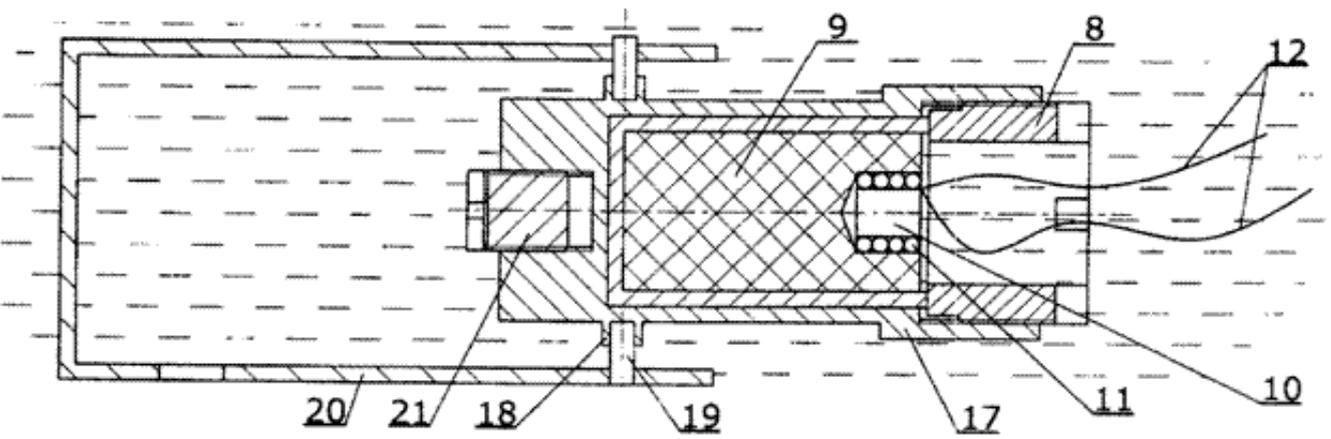


Фиг. 4



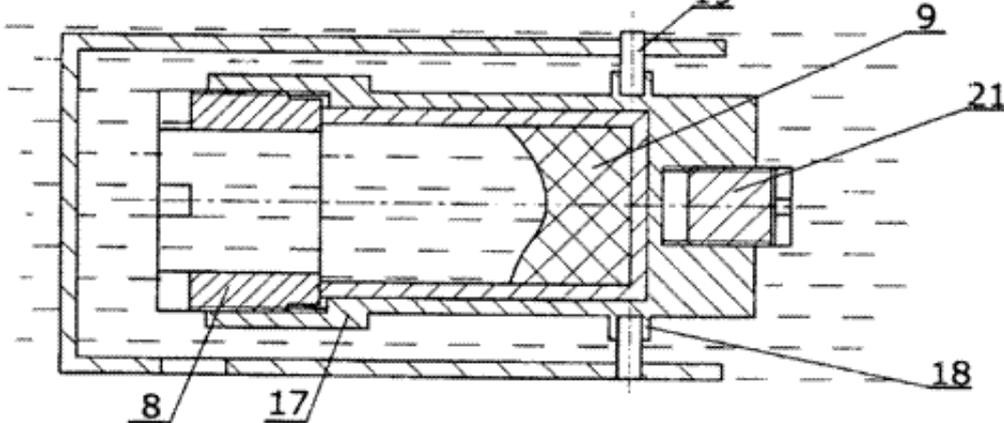
Фиг. 5

→ а



Фиг. 6

→ а



Фиг. 7