РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 372 512** (13) **C2**

(51) МПК
F02K 9/95 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007146564/06, 18.12.2007**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.12.2007

(43) Дата публикации заявки: **27.06.2009**

(45) Опубликовано: **10.11.2009** Бюл. № **31**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2079689 C1, 20.05.1997. RU 2297547 C1, 20.04.2007. US 4738100 A, 19.01.1988. RU 2213245 C1, 27.09.2003. US 4068591 A, 17.01.1978. RU 2276278 C1, 10.05.2006.**

Адрес для переписки:
300001, г.Тула, Щегловская засека, Государственное унитарное предприятие "Конструкторское бюро приборостроения"

(72) Автор(ы):
Андреев Владимир Андреевич (RU),
Замарахин Василий Анатольевич (RU),
Коликов Владимир Анатольевич (RU),
Палайчев Андрей Анатольевич (RU),
Шатрова Эмилия Алексеевна (RU),
Швыкин Юрий Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственное унитарное предприятие "Конструкторское бюро приборостроения" (RU)

(54) СПОСОБ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ЗАРЯДА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА И РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области ракетной техники и может найти применение в двигателях и автономных бортовых источниках энергии управляемых и неуправляемых боеприпасов. Способ воспламенения заряда твердого топлива включает сжигание воспламенительного состава, перемещение его продуктов сгорания вдоль поверхности заряда, ее нагрев и воспламенение. В процессе воспламенения заряда твердого топлива увеличивают газоприход от части воспламенительного состава в течение времени, не превышающего время воспламенения всей поверхности горения заряда, и уменьшают газоприход от воспламенительного состава к моменту достижения в камере сгорания максимального давления. Для осуществления указанного способа предложен ракетный двигатель твердого топлива, содержащий камеру сгорания, пороховой заряд, электрозапал и воспламенитель в кольцевой форкамере с расходными отверстиями. В форкамеру симметрично относительно воспламенителя помещен дополнительный заряд, выполненный в виде канальных шашек и таблеток, изготовленных из твердого ракетного топлива. Канальные шашки размещены непосредственно у воспламенителя, с обеих его сторон, последовательно за ними помещены таблетки из твердого ракетного топлива. В свободный объем форкамеры, не занятый воспламенителем и дополнительным зарядом, помещены таблетки из инертного полимерного материала. Расходные отверстия форкамеры выполнены смещенными к оси двигателя и направлены на торец заряда. Изобретения позволяют повысить надежность воспламенения зарядов, изготовленных из медленногорящих топлив, в частности зарядов маршевых двигателей, при отрицательных температурах, а также уменьшить массу конструкции двигателя. 2 н. и 2 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2372512 C2

RU 2372512 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** (11) **2 372 512** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
F02K 9/95 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007146564/06, 18.12.2007**

(24) Effective date for property rights:
18.12.2007

(43) Application published: **27.06.2009**

(45) Date of publication: **10.11.2009 Bull. 31**

Mail address:
**300001, g.Tula, Shcheglovskaja zaseka,
Gosudarstvennoe unitarnoe predprijatie
"Konstruktorskoe bjuro priborostroenija"**

(72) Inventor(s):
**Andreev Vladimir Andreevich (RU),
Zamarakhin Vasilij Anatol'evich (RU),
Kolikov Vladimir Anatol'evich (RU),
Palajchev Andrej Anatol'evich (RU),
Shatrova Ehmilija Alekseevna (RU),
Shvykin Jurij Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Gosudarstvennoe unitarnoe predprijatie
"Konstruktorskoe bjuro priborostroenija" (RU)**

(54) IGNITION METHOD OF SOLID FUEL CHARGE AND SOLID-FUEL ROCKET ENGINE FOR IMPLEMENTING THEREOF

(57) Abstract:

FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: ignition method of solid fuel charge includes combustion of igniter composition, movement of its combustion products along charge surface, its heating and ignition. During ignition of solid fuel charge there increased is gas supply from some part of igniter composition during the time period not exceeding the time period of ignition of the whole charge burning surface, and gas supply from igniter composition is decreased by the time maximum pressure is reached in combustion chamber. In order to implement the above method, there proposed is solid fuel rocket engine containing combustion chamber, propellant charge, electric igniter and igniter in annular precombustion chamber with flow ports. An additional charge made in the form of channel cartridges and tablets made from solid rocket fuel is arranged in the precombustion chamber symmetrically relative to igniter. Channel cartridges are arranged directly near igniter on its both sides, and tablets made from solid rocket fuel are placed in-series after them. Tablets made from inert polymeric material are installed in precombustion chamber free volume not occupied with igniter and additional charge. Flow ports of precombustion chamber are offset to engine axis and directed to the charge edge.

EFFECT: improving ignition reliability of charges made from slow-burning fuels, and namely charges of cruise engines at negative temperatures, and decreasing engine weight.

4 cl, 3 dwg

RU 2372512 C2

RU 2372512 C2

Предлагаемое изобретение относится к области ракетной техники и может найти применение в двигателях и автономных бортовых источниках энергии управляемых и неуправляемых боеприпасов.

Известен способ воспламенения заряда твердого топлива [Основы теории рабочих процессов в ракетных системах на твердом топливе. Райзберг Б.А., Ерохин Б.Т., Самсонов К.П. - М.: Машиностроение, 1972 г., стр.192-196], принятый авторами за прототип, включающий зажжение воспламенительного состава электровоспламенителем, сжигание воспламенительного состава и перемещение продуктов его сгорания вдоль поверхности заряда, ее нагрев и воспламенение. При этом при перемещении продуктов сгорания воспламенительного состава вдоль поверхности заряда, обеспечивается ее нагрев и накопление в прогретом слое топлива определенного количества тепла, достаточного для воспламенения топлива и поддержания дальнейшего процесса его горения. Воспламенение происходит при достижении на поверхности заряда температуры, характерной для каждого топлива. Так как количество тепла, поступающее от продуктов сгорания воспламенителя к топливу, зависит от длительности процесса воспламенения, площади поверхности, омываемой продуктами сгорания воспламенительного состава, и интенсивности теплоотдачи, известный способ наиболее эффективен при воспламенении зарядов значительного удлинения (L/D>3) из быстрогорящих топлив с развитой начальной поверхностью (заряды стартовых и разгонных двигателей), однако он не обеспечивает требуемой надежности при воспламенении зарядов маршевых двигателей и пороховых аккумуляторов давления, изготовленных из медленногорящих топлив. В указанных энергетических узлах для обеспечения надежного воспламенения топлива прогрев поверхности заряда необходимо осуществлять в течение длительного времени, либо значительно развивать начальную поверхность горения заряда, что приводит к росту максимального давления и увеличению массы конструкции. При этом в процессе воспламенения зарядов значительного удлинения (L/D>3) возрастает отток тепла в элементы конструкции двигателя, что уменьшает подвод тепла в поверхность топлива, в результате чего процесс воспламенения может затягиваться, либо поступившее в поверхность заряда количества тепла может оказаться недостаточно для последующего устойчивого горения топлива. Увеличение массы воспламенительного состава повышает надежность воспламенения, но приводит к значительному увеличению максимального давления. Применение теплозащитного покрытия уменьшает отток тепла в элементы конструкции двигателя, но ведет к увеличению его массы, что в большинстве случаев нежелательно либо вообще недопустимо.

Известна конструкция ракетного двигателя твердого топлива, реализующая известный способ воспламенения заряда твердого топлива [патент RU №2297547, опубликован 20.04.2007 г., бюл. №11], принятая за прототип и содержащая камеру сгорания, пороховой заряд, электрозапал и воспламенитель в кольцевой форкамере с периферийными расходными отверстиями. Размещение воспламенителя в форкамере позволяет повысить надежность воспламенения заряда за счет равномерного истечения продуктов сгорания в кольцевой зазор между зарядом и камерой сгорания. Однако при отрицательных начальных температурах большая часть тепловой энергии продуктов сгорания воспламенителя в двигателях, имеющих форкамеры с кольцевым истечением продуктов сгорания в зазор между зарядом и стенкой, уходит на нагрев стенки камеры сгорания двигателя. Для уменьшения тепловых потерь стенка в известном двигателе защищена теплозащитным покрытием, что ведет к увеличению

массы его конструкции, что в большинстве случаев нежелательно либо вообще недопустимо.

Задачей предполагаемого изобретения является повышение надежности воспламенения зарядов, изготовленных из медленногорящих топлив, в частности зарядов маршевых двигателей, при отрицательных температурах, а также уменьшение массы конструкции двигателя.

Решение поставленной задачи достигается способом воспламенения заряда твердого топлива, включающим зажжение воспламенительного состава, перемещение его продуктов сгорания вдоль поверхности заряда, ее нагрев и воспламенение, в котором в процессе воспламенения заряда твердого топлива увеличивают газоприход от части воспламенительного состава в течение времени, не превышающего времени воспламенения всей поверхности горения заряда, и уменьшают газоприход от воспламенительного состава к моменту достижения в камере сгорания максимального давления.

Время, в течение которого увеличивают газоприход от части воспламенительного состава, обеспечивают из условия:

$$\tau_1 \le 0,7 \cdot \frac{W_{св} \cdot P_{max}^{1-\nu}}{\chi \cdot R \cdot T_p \cdot S_{гор} \cdot u_1 \cdot \rho_T \cdot (1-\nu)} << \tau_{гор.в.с}, \qquad (1)$$

где

τ_1 - время горения части воспламенительного состава с увеличенным газоприходом;

$W_{св}$ - свободный объем камеры сгорания двигателя;

P_{max} - максимальное давление в камере сгорания двигателя, соответствующее моменту воспламенения всей начальной поверхности горения заряда $S_{гор}$;

R - газовая постоянная продуктов сгорания, применяемого в заряде топлива;

T_p - температура горения применяемого в заряде топлива при постоянном давлении;

u_1 - единичная скорость горения применяемого в заряде топлива;

ν - показатель степени в законе скорости горения применяемого в заряде топлива;

$\rho_т$ - плотность применяемого в заряде топлива;

χ - коэффициент тепловых потерь, характерный для конкретного вида двигателя;

$\tau_{гор.в.с.}$ - полное время горения воспламенительного состава.

Способ реализуется ракетным двигателем твердого топлива, содержащим камеру сгорания, пороховой заряд, электрозапал и воспламенитель в кольцевой форкамере с расходными отверстиями, в котором в форкамеру симметрично относительно воспламенителя помещен дополнительный заряд, выполненный в виде канальных шашек и таблеток, изготовленных из твердого ракетного топлива, причем канальные шашки размещены непосредственно у воспламенителя, с обеих его сторон, последовательно за ними помещены таблетки из твердого ракетного топлива, в свободный объем форкамеры, не занятый воспламенителем и дополнительным зарядом, помещены таблетки из инертного полимерного материала, а расходные отверстия форкамеры выполнены смещенными к оси двигателя и направлены на торец заряда.

Диаметр канала шашек дополнительного заряда назначается из условия

$$d = D - 4 \cdot u_{гор.в.с.} \cdot \tau_1, \qquad (2)$$

где

d - диаметр канала шашек дополнительного заряда;

D - наружный диаметр шашек дополнительного заряда;

$u_{гор.в.с.}$ - скорость горения топлива, применяемого в дополнительном заряде;

τ_1 - время горения части воспламенительного состава с увеличенным газоприходом.

Увеличение газоприхода от части воспламенительного состава в течение времени, не превышающего времени воспламенения всей поверхности горения заряда, позволяет скомпенсировать потери энергии продуктов сгорания воспламенительного состава на нагрев элементов конструкции двигателя и обеспечить надежное воспламенение топлива без увеличения массы воспламенительного состава или введения дополнительного теплозащитного покрытия стенок камеры сгорания.

Уменьшение газоприхода от воспламенительного состава к моменту достижения в камере сгорания максимального давления позволяет не превысить заданной величины максимального давления и избежать увеличения массы конструкции.

Размещение в форкамере дополнительного заряда, выполненного в виде канальных шашек и таблеток, изготовленных из твердого ракетного топлива, позволяет значительно уменьшить суммарную массу воспламенительного состава и непосредственно воспламенителя, который, как правило, изготавливается из тонкосводного пороха, дающего при сгорании повышенное давление, и реализовать двойной режим горения воспламенительного состава: компенсировать отток тепла в элементы конструкции двигателя за время горения канальных шашек с увеличенным газоприходом и прогреть и воспламененить поверхность топлива за время горения таблеток. Воспламенитель в этом случае обеспечивает только воспламенение дополнительного заряда. Помещение канальных шашек непосредственно у воспламенителя, с обеих его сторон, а таблеток последовательно за ними позволяет обеспечить одновременность их воспламенения и тем самым надежность работы воспламенителя при отрицательных начальных температурах.

Заполнение объема форкамеры, не занятого воспламенителем, таблетками из инертного полимерного материала позволяет уменьшить потери энергии продуктов сгорания воспламенителя и дополнительного заряда на заполнение дополнительного свободного объема и нагрев дополнительных не теплоизолированных поверхностей. Кроме того, это дает возможность изменять массу дополнительного заряда в зависимости от характеристик конкретной партии основных зарядов за счет замены таблеток из инертного полимерного материала на таблетки из твердого ракетного топлива.

Выполнение расходных отверстий смещенными к оси двигателя и направление их на торец порохового заряда обеспечивает подвод тепла непосредственно в топливо и позволяет уменьшить количество продуктов сгорания воспламенителя и дополнительного заряда, идущих на нагрев стенки двигателя и повысить тем самым надежность воспламенения заряда без увеличения массы конструкции двигателя.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами. На фиг.1 представлена схема, поясняющая предлагаемый способ воспламенения, где кривая $S(\tau)$ характеризует изменение горящей поверхности основного заряда в процессе воспламенения, а кривая $П(\tau)$ - изменение газоприхода от воспламенительного состава в процессе работы форкамеры. На фиг.2, 3 - схемы, поясняющие конструкцию ракетного двигателя твердого топлива, реализующего указанный способ.

РДТТ, реализующий предлагаемый способ запуска (фиг.2 и 3) содержит камеру сгорания 1, в которой размещен пороховой заряд 2. С торцевой стороны порохового заряда 2 расположена кольцевая форкамера 3, в которой размещены электрозапал 4, воспламенитель 5 и дополнительный заряд в виде канальных шашек 6 и таблеток 7. Дополнительный заряд размещен симметрично относительно воспламенителя 5,

причем канальные шашки 6 размещены непосредственно у воспламенителя 5 с обеих его сторон, а таблетки 7 размещены последовательно непосредственно за канальными шашками 6. В свободный объем форкамеры помещены таблетки 8 из инертного полимерного материала. Расходные отверстия 9 форкамеры смещены к оси двигателя и направлены на торец порохового заряда 2.

Предлагаемый способ реализуется следующим образом (фиг.1). После срабатывания электрозапала 4, форс пламени от него поджигает воспламенитель 5, продукты сгорания которого заполняют весь свободный объем форкамеры 3 и зажигают дополнительный заряд в виде канальных шашек 6 и таблеток 7. При этом благодаря тому, что дополнительный заряд размещен симметрично относительно воспламенителя 5, а непосредственно около воспламенителя 5 размещены канальные шашки 6, продукты сгорания воспламенителя 5 практически беспрепятственно проходят к таблеткам 7. На данном этапе происходит рост газоприхода от части воспламенительного состава (участок OA кривой $\Pi(\tau)$). Длительность этого процесса определяется соотношением (1) и не превышает времени воспламенения всей поверхности горения основного заряда 2 (участок OB кривой $S(\tau)$). Одновременно с началом горения воспламенителя 5 и дополнительного заряда 6, 7 происходит истечение их продуктов сгорания в камеру сгорания 1 через расходные отверстия 9. Так как расходные отверстия 9 направлены на торец порохового заряда 2, с началом истечения начинается его нагрев и зажжение. Вследствие того, что канальные шашки 6 имеют меньшую толщину горящего свода (определяется соотношением (2)), чем таблетки 7, после их сгорания происходит уменьшение газоприхода от воспламенительного состава (участок AC кривой $\Pi(\tau)$). К этому моменту давление в основной камере сгорания РДТТ достигает своего максимума, однако в прогретом слое основного заряда еще не накапливается достаточное для устойчивого горения количества тепла. Поэтому горение таблеток 7 (участок CD кривой $\Pi(\tau)$) обеспечивает дополнительный подвод тепла к поверхности горения порохового заряда.

Масса воспламенителя, дополнительного заряда, его геометрические размеры, количество отверстий в форкамере и конструктивные параметры форкамеры определяются в каждом конкретном случае расчетным путем и уточняются в процессе экспериментальной отработки.

Реализация предлагаемого изобретения позволит повысить надежность воспламенения зарядов, изготовленных из мдленногорящих топлив, в частности зарядов маршевых двигателей, при отрицательных температурах, а также уменьшить массу конструкции двигателя.

Формула изобретения

1. Способ воспламенения заряда твердого топлива, включающий сжигание воспламенительного состава, перемещение его продуктов сгорания вдоль поверхности заряда, ее нагрев и воспламенение, отличающийся тем, что в процессе воспламенения заряда твердого топлива увеличивают газоприход от части воспламенительного состава в течение времени, не превышающего время воспламенения всей поверхности горения заряда, и уменьшают газоприход от воспламенительного состава к моменту достижения в камере сгорания максимального давления.

2. Способ воспламенения заряда твердого топлива по п.1, отличающийся тем, что время, в течение которого увеличивают газоприход от части воспламенительного состава, обеспечивают из условия:

$$\tau_1 \le 0,7 \cdot \frac{W_{св} \cdot P_{max}^{1-\nu}}{\chi \cdot R \cdot T_p \cdot S_{гор} \cdot u_1 \cdot \rho_т \cdot (1-\nu)} << \tau_{гор.в.с.}$$

где τ_1 - время горения части воспламенительного состава с увеличенным газоприходом;

$W_{св}$ - свободный объем камеры сгорания двигателя;

P_{max} - максимальное давление в камере сгорания двигателя, соответствующее моменту воспламенения всей начальной поверхности горения заряда $S_{гор}$;

R - газовая постоянная продуктов сгорания применяемого в заряде топлива;

T_p - температура горения применяемого в заряде топлива при постоянном давлении;

u_1 - единичная скорость горения применяемого в заряде топлива;

ν - показатель степени в законе скорости горения применяемого в заряде топлива;

$\rho_т$ - плотность применяемого в заряде топлива;

χ - коэффициент тепловых потерь, характерный для конкретного вида двигателя;

$\tau_{гор.в.с.}$ - полное время горения воспламенительного состава.

3. Ракетный двигатель твердого топлива, содержащий камеру сгорания, пороховой заряд, электрозапал и воспламенитель в кольцевой форкамере с расходными отверстиями, отличающийся тем, что в форкамеру симметрично относительно воспламенителя помещен дополнительный заряд, выполненный в виде канальных шашек и таблеток, изготовленных из твердого ракетного топлива, причем канальные шашки размещены непосредственно у воспламенителя, с обеих его сторон, последовательно за ними помещены таблетки из твердого ракетного топлива, в свободный объем форкамеры, не занятый воспламенителем и дополнительным зарядом, помещены таблетки из инертного полимерного материала, а расходные отверстия форкамеры выполнены смещенными к оси двигателя и направлены на торец заряда.

4. Ракетный двигатель твердого топлива по п.3, отличающийся тем, что диаметр канала шашек дополнительного заряда назначается из условия:

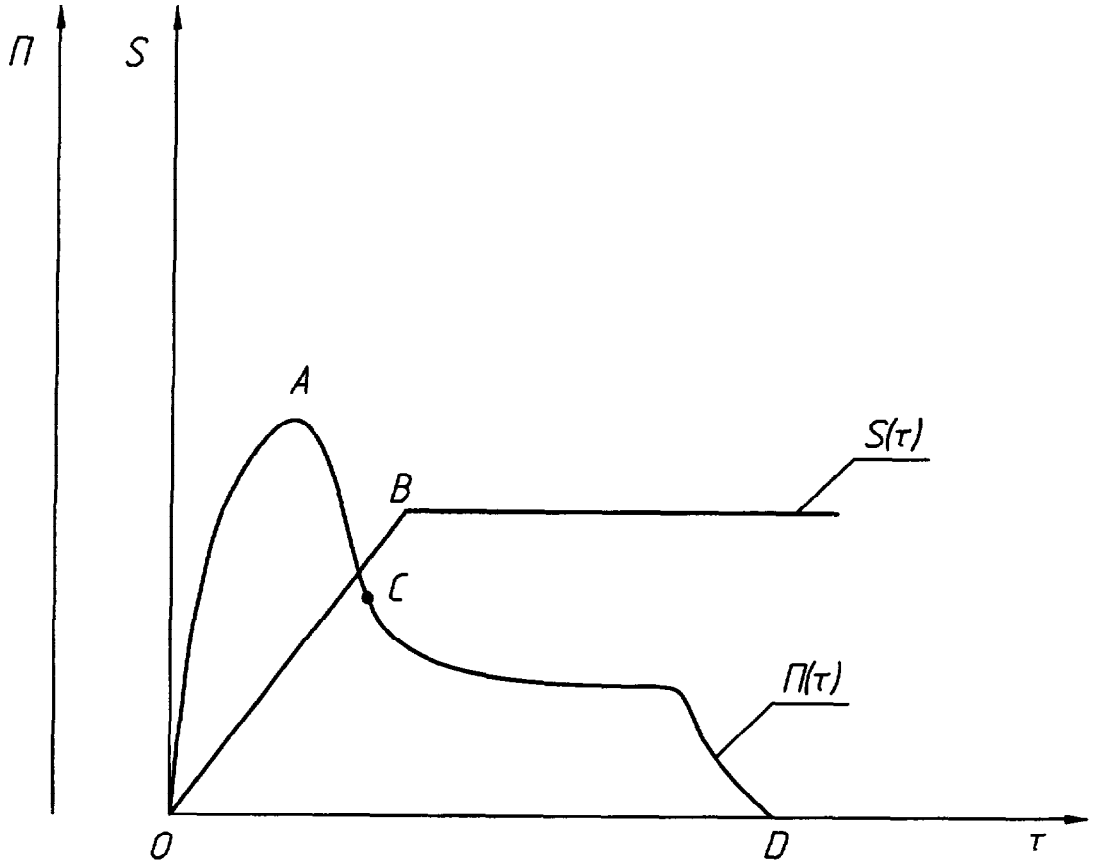
$d=D-4 \cdot u_{гор.в.с.} \cdot \tau_1$,

где d - диаметр канала шашек дополнительного заряда;

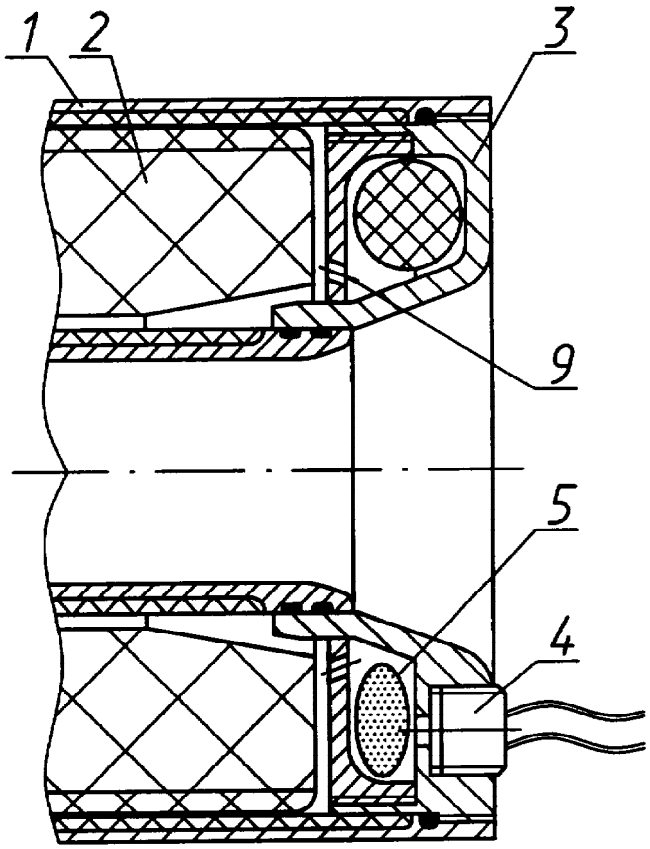
D - наружный диаметр шашек дополнительного заряда;

$u_{гор.в.с.}$ - скорость горения топлива, применяемого в дополнительном заряде;

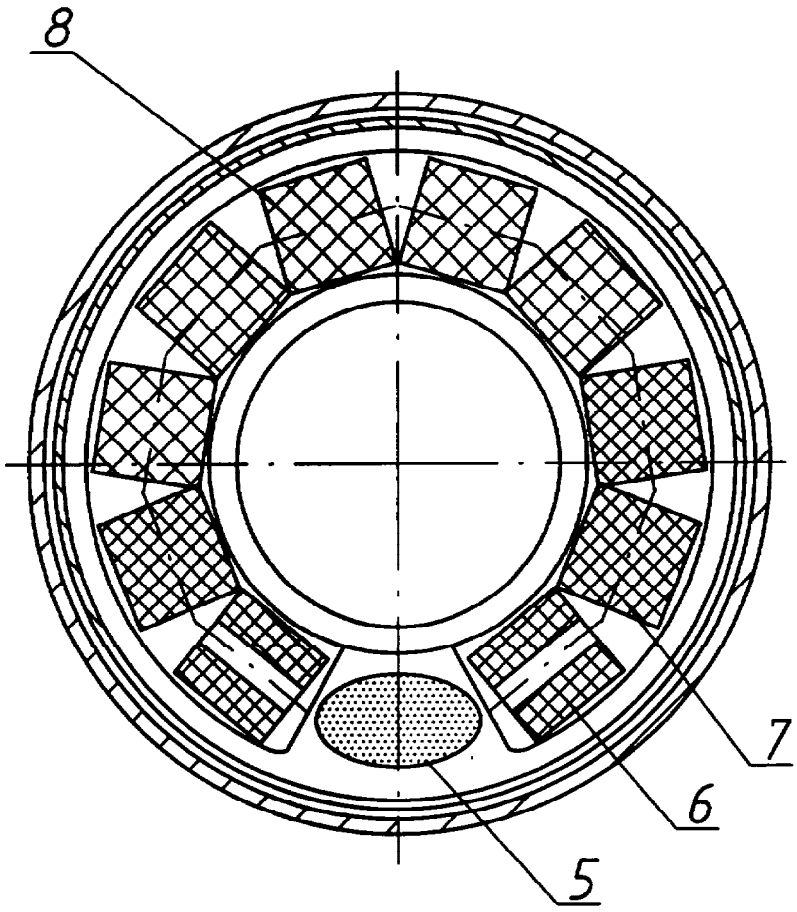
τ_1 - время горения части воспламенительного состава с увеличенным газоприходом.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3