



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2009132160/06, 27.08.2009**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**27.08.2009**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **27.08.2009**(45) Опубликовано: **27.03.2011** Бюл. № 9(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2324067 C2, 10.05.2008. US 3656304 A, 18.04.1972. RU 2174186 C1, 27.09.2001. FR 2163795 A1, 27.07.1973. RU 2319852 C1, 20.03.2008. RU 2276278 C1, 10.05.2006.**

Адрес для переписки:

**105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, МГТУ им. Н.Э. Баумана**

(72) Автор(ы):

**Сухов Алексей Васильевич (RU),  
Лавров Борис Павлович (RU),  
Гавриленко Иван Викторович (RU),  
Сергеев Алексей Викторович (RU)**

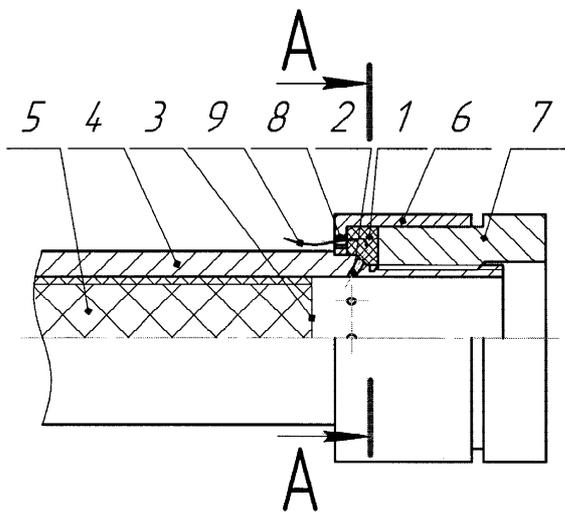
(73) Патентообладатель(и):

**Государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования "Московский государственный  
технический университет имени Н.Э.  
Баумана" (RU)****(54) УСТРОЙСТВО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ОБРАЗЦА ТВЕРДОГО РАКЕТНОГО ТОПЛИВА И СПОСОБ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ С ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к ракетной технике, более конкретно к воспламенительным устройствам твердых ракетных топлив и способам воспламенения для малых модельных установок и стендовых испытаний. Устройство воспламенения образца твердого ракетного топлива включает корпус, в котором размещен заряд воспламенительного состава, а также расходные отверстия. Расходные отверстия расположены в волноводной втулке. Корпус и заряд воспламенительного состава пристыкованы снаружи к втулке поджимной гайкой и расположены снаружи вокруг расходных отверстий вне высокотемпературной зоны измерительного тракта скорости горения основного заряда во втулке. Внутри воспламенительного состава расположена накаливаемая металлическая проволока электрозапала. Способ

воспламенения образца твердого ракетного топлива, с использованием указанного выше устройства, включает срабатывание заряда воспламенительного состава. Накаливаемой металлической проволокой электрозапала, расположенной внутри заряда воспламенительного состава, осуществляют одновременное воспламенение всего заряда воспламенительного состава в районе расходных отверстий. Затем производят подачу продуктов сгорания воспламенительного состава через расходные отверстия к воспламеняемой поверхности образца и осуществляют воспламенение поверхности образца. При воспламенении образца формируют застойную зону в области воспламеняемой поверхности. Изобретения позволяют повысить точность измерения скорости горения образца твердого ракетного топлива. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1

RU 2415290 C1

RU 2415290 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
*F02K 9/95* (2006.01)  
*F02K 9/96* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2009132160/06, 27.08.2009**

(24) Effective date for property rights:  
**27.08.2009**

Priority:

(22) Date of filing: **27.08.2009**

(45) Date of publication: **27.03.2011 Bull. 9**

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ja Baumanskaja, 5, MGTU  
im. N.Eh. Baumana**

(72) Inventor(s):

**Sukhov Aleksej Vasil'evich (RU),  
Lavrov Boris Pavlovich (RU),  
Gavrilenko Ivan Viktorovich (RU),  
Sergeev Aleksej Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija  
"Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet imeni N.Eh. Baumana" (RU)**

**(54) IGNITION DEVICE OF SAMPLE OF SOLID ROCKET PROPELLANT, AND IGNITION METHOD BY USING SUCH DEVICE**

(57) Abstract:

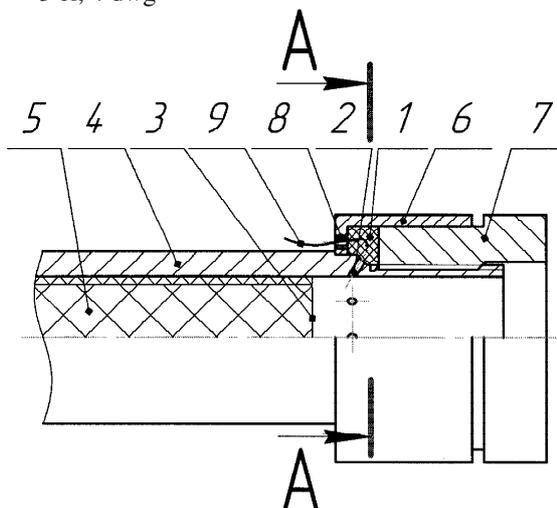
FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: ignition device of sample of solid rocket propellant includes housing in which there arranged is charge of priming composition, as well as flow holes. The latter are located in waveguide bushing. Housing and charge of priming composition is attached on the outside to the bushing by pressure nut and located on the outside around flow holes beyond high-temperature zone of measuring path of burning velocity of primary charge in bushing. Inside priming composition there located is heated metal wire of electric igniter. Ignition method of sample of solid rocket propellant by using the above device involves response of charge of priming composition. By means of heated metal wire of electric igniter, which is located inside charge of priming composition there performed is simultaneous ignition of the whole charge of priming composition in the area of flow holes. Then, combustion products of priming composition are supplied through flow holes to ignited surface of sample and ignition of the

sample surface is performed. During the sample ignition there formed is stable zone in the area of ignited surface.

EFFECT: improving measurement accuracy of burning speed of solid rocket propellant sample.

3 cl, 4 dwg



Фиг.1

RU 2 4 1 5 2 9 0 C 1

RU 2 4 1 5 2 9 0 C 1

Изобретение относится к ракетной технике, более конкретно к воспламенительным устройствам (ВУ) твердых ракетных топлив (ТРТ) и способам воспламенения для малых модельных установок и стендовых испытаний.

Известны способ запуска ракетного двигателя на твердом топливе (РДТТ) и воспламенительное устройство для его осуществления (патент РФ №2324067, опубл. 10.05.2008), рассматриваемые в качестве ближайшего аналога предлагаемого изобретения.

ВУ включает корпус, в котором размещен заряд, и расходные отверстия, предшествующие расходным отверстиям каналы переменного сечения и направления истекающего потока продуктов сгорания заряда.

Соответствующий способ включает срабатывание заряда ВУ, истечение продуктов сгорания через каналы переменного сечения и направления, далее через расходные отверстия в основную камеру и воспламенение основного заряда.

Существенным недостатком устройства и способа при их использовании в исследовании образцов ТРТ СВЧ-методами измерения скорости горения ТРТ является наличие в высокотемпературной зоне измерительного тракта конструктивных элементов ВУ, от которых возникают отражения СВЧ электромагнитной волны, что приводит к снижению точности измерения скорости горения.

Также разворот потока продуктов сгорания заряда ВУ в профилированных каналах переменного сечения и направления приводит к увеличению времени пребывания продуктов сгорания в корпусе ВУ и, как следствие, охлаждению потока продуктов сгорания, что снижает надежность гарантированного воспламенения основного заряда.

Кроме того, недостатком прототипа является технологическая сложность масштабного уменьшения для малых исследовательских модельных установок его большого ВУ с малыми профилированными каналами.

Задачами, решаемыми предлагаемым устройством и способом, являются:

- обеспечение высокоточного измерения скорости горения ТРТ,
- обеспечение надежного и равномерного воспламенения и горения образца ТРТ,
- упрощение конструкции и уменьшение массово-габаритных характеристик ВУ.

Технический эффект достигается тем, что устройство воспламенения включает корпус, в котором размещен заряд воспламенительного состава (ВС), а также расходные отверстия, причем расходные отверстия расположены в волноводной втулке, а корпус и заряд ВС прижаты снаружи к втулке поджимной гайкой и расположены снаружи вокруг расходных отверстий и таким образом вне высокотемпературной зоны измерительного тракта скорости горения основного заряда во втулке, также внутри ВС расположена накаливаемая металлическая проволока электрозапала.

Радиус расходных отверстий во втулке определен из условия закритичности отверстий для используемой частоты излучения в измерительном тракте по формуле

$$R_{кр} = \frac{\lambda}{3,41 \cdot \sqrt{\epsilon}},$$

где  $R_{кр}$  - максимальный радиус расходных отверстий, необходимый для обеспечения условия закритичности расходных отверстий,  $\epsilon$  - относительная диэлектрическая проницаемость,  $\lambda$  - длина волны в СВЧ-тракте,

Количество расходных отверстий определено из условия дозвукового истечения продуктов сгорания ВС по формуле

$$n = \frac{F_{крЭ}}{4\pi \cdot R_{кр}^2}, \text{ где}$$

$$F_{крЭ} = \frac{\dot{m} \cdot \sqrt{R \cdot T}}{p_k \cdot A(\gamma)},$$

$$A(\gamma) = \sqrt{\gamma} \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}},$$

Где  $n$  - необходимое число расходных отверстий,  $F_{крЭ}$  - минимальная суммарная площадь расходных отверстий, необходимая для обеспечения дозвукового истечения продуктов сгорания,  $\dot{m}$  - массовый газоприток от ВС,  $R$  - газовая постоянная продуктов сгорания ВС,  $T$  - температура продуктов сгорания ВС,  $p_k$  - давление создаваемое воспламенителем,  $\gamma$  - показатель процесса расширения продуктов сгорания ВС.

Способ воспламенения образца ТРТ включает срабатывание заряда ВС, истечение продуктов его сгорания через расходные отверстия к воспламеняемой поверхности образца и воспламенение поверхности образца, причем для этого используют предлагаемое устройство, в котором одновременное воспламенение всего заряда ВС в районе расходных отверстий обеспечивают накаливаемой металлической проволокой электрозапала внутри заряда ВС, а при воспламенении образца формируется застойная зона в области воспламеняемой поверхности.

Перечень чертежей

Фиг.1 - ВУ газофакельного типа;

Фиг.2, 3 - варианты расположения накаливаемой проволоки в ВС;

Фиг.4 - результаты моделирования распределения скорости горения образца ТРТ.

Обозначены сквозной нумерацией позиций: 1 - ВС; 2 - расходные отверстия; 3 - поверхность воспламенения образца ТРТ; 4 - волноводная втулка; 5 - образец ТРТ; 6 - корпус ВУ; 7 - поджимная гайка; 8 - изоляционная втулка; 9 - накаливаемая проволока.

На фиг.1 показана конструкция ВУ, используемая в предлагаемом способе воспламенения образца ТРТ. ВУ содержит волноводную втулку (4), в которой размещен образец ТРТ (5). ВС (1) расположен в корпусе (6) и поджимается гайкой (7). Для изоляции накаливаемой металлической проволоки (9) электрозапала, воспламеняющей ВС, в корпусе (6) установлены изоляционные втулки (8).

Существенно новым является то, что в отличие от прототипа малая протяженность цилиндрических расходных отверстий (2) малой теплообменной длины во втулке (4) обеспечивает соответствующее малое время нахождения продуктов сгорания ВС в контакте с корпусом (6), что снижает потери температуры продуктов сгорания на теплопроводность, а формирование застойной зоны практически нулевой скорости движения газа в области поверхности воспламенения (3) образца (фиг.4, нижний край диаграммы моделирования движения газа, полученной с помощью программного пакета ANSYS CFX) положительно сказывается на равномерности и надежности воспламенения образца. Диаграмма характера движения газа около поверхности горения торцевого типа показывает формирование застойной зоны газа у поверхности воспламенения и горения, что повышает равномерность воспламенения и горения и обеспечивает отсутствие возможности возникновения эрозийного горения образца ТРТ.

Кроме того, воспламенение ВС (1) обеспечивают не локально стандартным пиропатроном электрозапала, а накаливаемой металлической проволокой

достаточной длины, что дает одновременное воспламенение всего ВС и равномерный расход продуктов его сгорания через все расходные отверстия. Также конструкция ВУ не имеет в высокотемпературной зоне измерительного тракта скорости горения образца никаких элементов, от которых могли бы возникнуть отражения СВЧ электромагнитной волны, что приводило бы к снижению точности измерения скорости горения образца ТРТ.

В волноводной втулке (4) расположены осесимметричные радиальные расходные отверстия (2), направленные под углом к поверхности воспламенения (3) образца ТРТ.

Пример расчета радиуса и количества расходных отверстий

Относительная диэлектрическая проницаемость воздуха  $\epsilon=1$ .

Длина волны в СВЧ-тракте  $\lambda=0,033$  м.

$$R_{кр} = \frac{0,033}{3,41 \cdot \sqrt{1}} = 9,7 \text{ мм}$$

из технологических соображений выбираем  $R_{кр}=1$  мм.

Показатель процесса расширения  $\gamma=1,39$ .

Газовая постоянная  $R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ .

Температура продуктов сгорания  $T=2800$  К.

Давление создаваемое воспламенителем  $p_k=2$  МПа.

Массовый газоприход от ВС  $m = 1,1 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ .

$$A(\gamma) = \sqrt{1,39} \left( \frac{2}{1,39 + 1} \right)^{\frac{1,39+1}{2(1,39-1)}} = 0,683$$

$$F_{кр\Sigma} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{8,314 \cdot 2800}}{2 \cdot 10^6 \cdot 0,683} = 1,229 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$n = \frac{1,229 \cdot 10^{-4}}{4\pi \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2} = 9,777$$

Округляя до ближайшего большего целого, принимаем число отверстий  $n=10$ .

Способ воспламенения образца ТРТ с применением предлагаемого ВУ реализуют следующим образом.

Воспламенение ВС осуществляют путем электрического нагрева металлической проволоки, расположенной в объеме ВС. Продукты сгорания ВС, проходя расходные отверстия, направляются на воспламеняемый торец образца ТРТ. В результате обеспечивается равномерное истечение продуктов сгорания через расходные отверстия, что способствует надежному воспламенению образца ТРТ.

А размещение элементов конструкции ВУ вне высокотемпературной зоны измерительного тракта значительно повышает точность измерения скорости горения образца при малых массогабаритных характеристиках устройства.

#### Формула изобретения

1. Устройство воспламенения образца твердого ракетного топлива, включающее корпус, в котором размещен заряд воспламенительного состава (ВС), а также расходные отверстия, отличающееся тем, что расходные отверстия расположены в волноводной втулке, а корпус и заряд ВС пристыкованы снаружи к втулке поджимной гайкой и расположены снаружи вокруг расходных отверстий и таким образом вне высокотемпературной зоны измерительного тракта скорости горения основного

заряда во втулке, также внутри ВС расположена накаливаемая металлическая проволока электрозапала.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что радиус расходных отверстий во втулке определен из условия закритичности отверстий для используемой частоты излучения в измерительном тракте по формуле:

$$R_{кр} = \frac{\lambda}{3,41 \cdot \sqrt{\epsilon}},$$

где  $R_{кр}$  - максимальный радиус расходных отверстий, необходимый для обеспечения условия закритичности расходных отверстий,  $\epsilon$  - относительная диэлектрическая проницаемость,  $\lambda$  - длина волны в СВЧ-тракте;

а количество расходных отверстий определено из условия дозвукового истечения продуктов сгорания ВС по формуле:

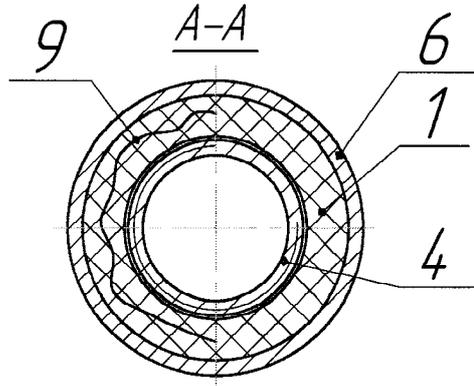
$$n = \frac{F_{кр\Sigma}}{4\pi \cdot R_{кр}^2}, \quad \text{где}$$

$$F_{кр\Sigma} = \frac{\dot{m} \cdot \sqrt{R \cdot T}}{p_k \cdot A(\gamma)},$$

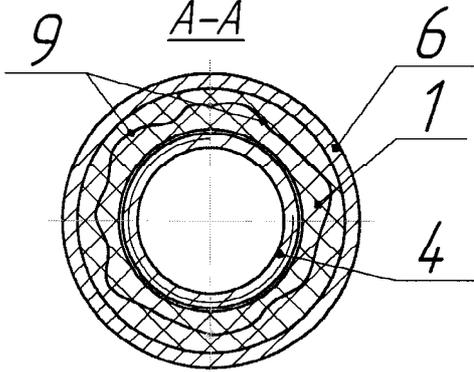
$$A(\gamma) = \sqrt{\gamma} \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}},$$

$n$  - необходимое число расходных отверстий,  $F_{кр\Sigma}$  - минимальная суммарная площадь расходных отверстий, необходимая для обеспечения дозвукового истечения продуктов сгорания,  $\dot{m}$  - массовый газоприход от ВС,  $R$  - газовая постоянная продуктов сгорания ВС,  $T$  - температура продуктов сгорания ВС,  $p_k$  - давление, создаваемое воспламенителем,  $\gamma$  - показатель процесса расширения продуктов сгорания ВС.

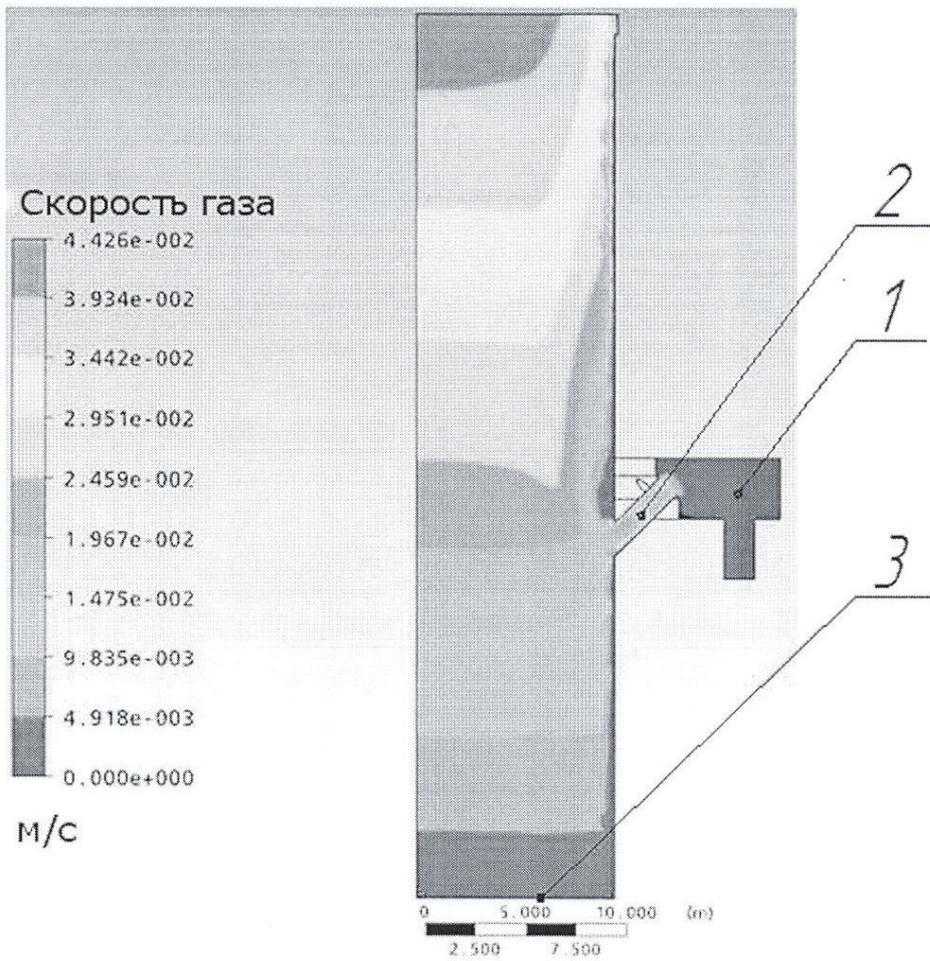
3. Способ воспламенения образца ТРТ, включающий срабатывание заряда ВС, истечение продуктов его сгорания через расходные отверстия к воспламеняемой поверхности образца, воспламенение поверхности образца, отличающийся тем, что используют устройство воспламенения образца ТРТ по п.1 или 2, одновременное воспламенение всего заряда ВС в районе расходных отверстий обеспечивают накаливаемой металлической проволокой электрозапала внутри заряда ВС и при воспламенении образца формируют застойную зону в области воспламеняемой поверхности.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4