

КОНСТРУКЦИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗАПОРНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ ПЕРЕКРЫТИЯ КАНАЛА СТВОЛА ЛЕГКОГАЗОВОЙ ПУШКИ

*Майорова Кристина Олеговна, Липатников Максим Александрович,
Степанов Александр Сергеевич (a.s.stepanov@vniitf.ru), Гордеев Илья Николаевич,
Заикин Евгений Игоревич, Симонов Артём Юрьевич, Пачурин Дмитрий Владимирович*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», г. Снежинск Челябинской обл.

В данной статье представлена конструкция и результаты экспериментальной отработки быстродействующего запорного устройства, предназначенного для высокоскоростного герметичного перекрытия канала ствола легкогазовой пушки. Скорость перекрытия 80 м/с и герметичность подтверждены экспериментально. Проверена сохранность уплотнительных элементов, выполненных в виде стандартных резиновых колец марки НО-68-1 НТА, после воздействия на них, опускаемого с высокой скоростью, подвижного алюминиевого шибера, обработанного с шероховатостью Ra 0.63 мкм. Конструкция устройства позволяет расширить область его применения, внедрив его в эксплуатацию для систем, где необходимо герметично с высокой скоростью отсекают потоки жидких и газообразных продуктов, перемещаемых по трубопроводам.

Ключевые слова: система перекрытия, запорное устройство.

DESIGN AND EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF FAST-OPERATING GATE AS PART OF THE SYSTEM FOR GAS GUN BARREL SHUTOFF

*Mayorova Kristina Olegovna, Lipatnikov Maksim Aleksandrovich,
Stepanov Aleksandr Sergeevich (a.s.stepanov@vniitf.ru), Gordeyev Ilya Nikolaevich,
Zaikin Evgeniy Igorevich, Simonov Artem Yurievich, Pachurin Dmitriy Vladimirovich*

FSUE «RFNC-VNIITF named after academ. E. I. Zababakhin»,
Snezhinsk, Chelyabinsk region

The article presents the design and experimental development results of fast-operating slide gate designed for high-speed fluid-tight shutoff of gas gun barrel. The shutoff speed of 80 m/s and fluid-tightness are experimentally verified. Durability of the sealing elements manufactured as standard rubber rings of the NO-68-1 NTA grade is proved after being exposed to the aluminum slide gate machined with roughness Ra 0.63 μm and dropped down at a high speed. The device design allows enlarging its application by implementing it in the systems where fluid-tight shutoff of gas or liquid flows transported through pipelines is required.

Keywords: shutoff system, slide gate.

Введение

В РФЯЦ-ВНИИТФ при изучении динамических свойств объекта исследования (ОИ) с применением ударника запланировано использование легкогазовых пушек (ЛГП) с системами экологической безопасности (СЭБ), в которых необходимо задействовать систему перекрытия канала ствола ЛГП. Одним

из основных таких компонентов системы перекрытия СЭБ является быстродействующее запорное устройство – взрывозаслонка.

Требования, выдвигаемые к взрывозаслонке:

– взрывозаслонка должна обеспечивать герметичное перекрытие канала ствола ЛГП после прохождения ударника и не допускать проброс аэрозолей и осколков ОИ в канал ЛГП;

– время срабатывания устройства – менее 1 с (желательное время срабатывания – 0,4 с);

– взрывозаслонка должна располагаться внутри основного защитного контура СЭБ.

действия нагружающего импульса от ВВ на указанный фланец. В отверстии заслонки выполнена заходная угловая радиусная выборка, чтобы не допустить срез уплотнительных колец при смещении заслонки.

Таблица 1

Параметры взрывозаслонки

Параметры взрывозаслонки	Значение параметра
1. Масса, кг:	
– взрывозаслонки	190
– заслонки (сплав В95, Д16)	0,5
– заслонки (сталь 12Х18Н10Т)	1,5
2. Габаритные размеры, мм:	
– ширина	125
– диаметр	500

Конструкция опытного образца взрывозаслонки

Опытный вариант конструкции взрывозаслонки (см. рис. 1) имел мощный силовой герметичный корпус (см. табл. 1), так как изначально предполагалось использование его вне основного защитного контура СЭБ. Корпус взрывозаслонки выполнен разъемным, и состоял из двух частей, в которых выполнено проходное отверстие для входного и выходного канала ствола ЛГП. Внутри внешнего корпуса размещались две внутренние обоймы, между которыми в паз устанавливалась клиновидная заслонка с возможностью поступательного перемещения перпендикулярно оси канала ствола.

Заслонка выполнена в виде пластины с чистой уплотняемой поверхностью Ra0.63...Ra1.25 и имеет сквозное отверстие, диаметр которого соответствует диаметру проходного отверстия в корпусе. Заслонка уплотняется по обеим плоскостям двумя парами уплотнительных колец из резины марки НО-68-1 НТА, размещенных в кольцевых канавках концентрично проходному отверстию в корпусе. Кромка клиновидной заслонки имеет фигурный фланец в виде «ласточкин хвоста». Заслонка установлена в паз и фланцем обращена к взрывному приводу с зарядом взрывчатого вещества (ВВ), для осуществления прямого воз-

действия нагружающего импульса от ВВ на указанный фланец. В отверстие заслонки выполнена заходная угловая радиусная выборка, чтобы не допустить срез уплотнительных колец при смещении заслонки.

Устройство работает следующим образом: взрывозаслонка приводится в действие за счет энергии, выделяющейся при детонации заряда ВВ, размещенного в сформированной внутри внешнего корпуса полости (взрывной привод). Нагружающий импульс передается заслонке. В результате чего заслонка быстро набирает скорость, перемещается между уплотнительными кольцами и герметично перекрывает проходное отверстие. Перемещение заслонки сопровождается пластической деформацией фигурного фланца, который позволяет фиксировать заслонку в пазе корпуса, исключая возможность возникновения обратного движения (отскока).

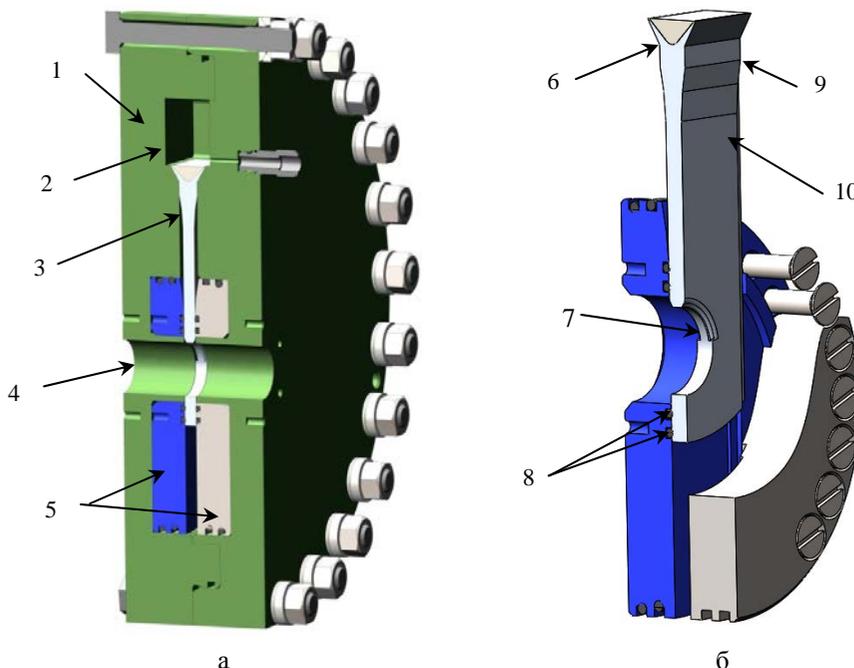


Рис.1. Опытный образец конструкции взрывозаслонки: а – общий вид в разрезе, б – внутренние обоймы и заслонка; 1 – внешний корпус; 2 – камера с нагружающим ВВ; 3 – Клиновидная заслонка (сплав В95, Д16 или сталь 12Х18Н10Т); 4 – отверстие проходное; 5 – внутренние обоймы; 6 – фланец «ласточкин хвост»; 7 – угловая радиусная выборка; 8 – уплотнения из резины марки НО-68-1 НТА; 9 – угловой клин на заслонке; 10 – уплотняемая поверхность

Результаты экспериментальной обработки взрывозаслонки

Испытание взрывозаслонки	Опыт № 1	Опыт № 2
Наименование показателя	Значение показателя	
1. Испытательная взрывная нагрузка, г ТЭ	14	28
2. Средняя скорость перемещения заслонки, м/с	50	80
3. Время перекрытия отверстия в корпусе, мкс	880	550
4. Герметичность перекрытия при испытании сжатым воздухом	Да	Да

При этом отверстие заслонки, соответствующее проходному отверстию корпуса, смещается на расстояние, большее диаметра отверстия, надежно и герметично перекрывая отверстие, при этом заслонка остается обжатой уплотнительными кольцами из резины марки НО-68-1 НТА. Степень обжатия кольцевых уплотнений соответствует 15–30 %. Величина поджатия тела заслонки уплотнительными элементами и стопорение ее в пазе корпуса обеспечивают надежную герметизацию при перекрытии затвора.

Повышение быстродействия затвора по перекрытию ствола достигается за счет малых сил трения при скольжении заслонки между уплотнительными кольцами. Скорость перемещения заслонки при перекрытии зависит от величины давления газового потока в камере взрывного привода. В клиновой заслонке, установленной соосно своим отверстием с отверстиями во внешнем корпусе, давление действует равномерно по кольцевой поверхности отверстия заслонки, что существенно снижает усилие для ее перемещения. Размещение заряда ВВ в камере взрывного привода, совмещенной с пазом корпуса взрывозаслонки с возможностью прямого воздействия на фигурный фланец заслонки, позволяет снизить потери энергии взрыва и повысить мощность нагружающего импульса на перемещение заслонки, а также повысить безопасность выполняемой операции перекрытия за счет исключения возможности разлета продуктов взрыва в окружающую среду.

Результаты экспериментальной обработки опытного образца взрывозаслонки

На предприятии были проведены два испытания опытного образца взрывозаслонки с навесками 14 и 28 г ВВ (см. рис. 2).

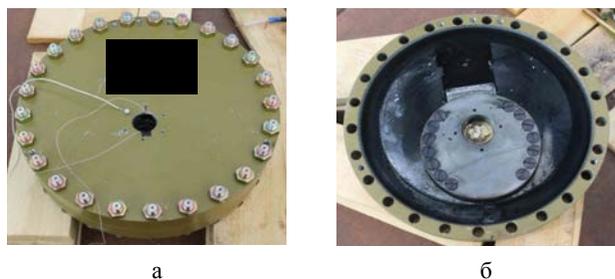


Рис. 2. Опытный образец взрывозаслонки: а – внешний вид взрывозаслонки после испытания, б – внешний вид заслонки без наружного корпуса

В обоих опытах использовалась заслонка из сплава Д16 массой ~ 500 гр. Время закрытия отверстия в заслонке составило 880 и 550 мкс (см. табл. 2). Герметичность перекрытия подтверждена методиками и средствами регистрации, используемыми на предприятии.

Результаты проведенных испытаний:

– в опыте № 1 с навеской 14 г ВВ взрывозаслонка сработала в штатном режиме. Герметичность перекрытия обеспечивается;

– в опыте № 2 с навеской 28 г ВВ у заслонки произошло разрушение одной из внутренних обойм. Вторая обойма сохранила герметичность;

– сохранность и герметизирующие свойства уплотнительных колец из марки резины НО-68-1 НТА при скорости движения заслонки 80 м/с обеспечиваются (см. рис. 3);

– корпус взрывозаслонки требует конструктивной доработки по прочностным показателям.

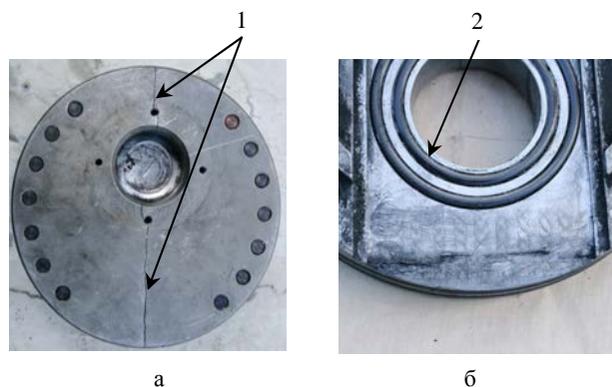


Рис. 3. Состояние взрывозаслонки после опыта № 2: а – взрывозаслонка после опыта; б – внутренняя обойма взрывозаслонки; 1 – трещины на внутренней обойме; 2 – уплотнительные кольца из резины

Модифицированная конструкция взрывозаслонки

С целью снижения массы и габаритов в новых модификациях взрывозаслонки были перенесены внутрь корпуса гермокамеры, поэтому отпала необходимость в их герметичном внешнем корпусе. Также принято решение отказаться от внутренних слабых обойм, и располагать заслонку непосредственно между двумя полу-корпусами, при этом толщина металла полу-корпусов в области расклинивания заслонки (наиболее нагруженная область) локально была увеличена с 30 до 50 мм. Винты М12, используемые для стягивания двух обойм, заменены на болты М20. Камера взрывного привода выполнена в виде отдельного корпуса присоединяемого к корпусу заслонки четырьмя болтами М24 (см. рис. 4).

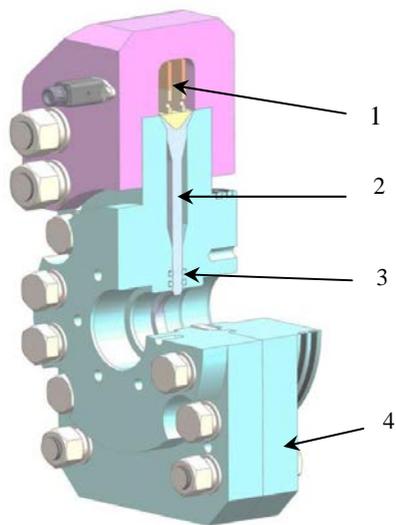


Рис.4. Конструкция модифицированной взрывозаслонки:
1 – камера взрывного привода; 2 – заслонка; 3 – уплотнительные кольца; 4 – полу-корпус взрывозаслонки

Конструкция заслонки сохранена, за исключением угла расклинивания. В предыдущей конструкции угол расклинивания был двойным – сначала 8° , затем 20° . По результатам опытов было установлено, что угол 8° , заслонка проходит между полу-корпусами, практически не касаясь их на всей длине поверхности угла, и расклинивание начинается только на угле 20° . Проявление данного эффекта связано с необходимыми допусками при изготовлении элементов взрывозаслонки. Чтобы предотвратить возможный «проскок» заслонки между полу-корпусами, угол расклинивания заслонки увеличен до 30° .

По экспериментальной отработке первого опытного варианта взрывозаслонки:

- экспериментально подтверждена скорость – 80 м/с и время перекрытия заслонки – 550 мкс при подрыве навески 24 г ВВ;

- обеспечена герметичность взрывозаслонки после срабатывания, сохранность и работоспособность уплотнений из резины марки НО-68-1 НТА в нестандартной постановке.

По модифицированной конструкции взрывозаслонки:

- снижены в 2,7 раза масс-габаритные параметры конструкции, при этом взрывная нагрузка увеличена до 50 г ВВ. Прочность конструкции модифицированной заслонки подтверждена расчетным путем. Ожидаемая скорость перекрытия увеличивается до 140 м/с, время перекрытия канала снижено до 314 мкс;

- ведется изготовление материальной части опытного образца модифицированной взрывозаслонки для экспериментальной отработки.

На конструкцию взрывозаслонки авторами оформлена заявка на изобретение [1].

Список литературы

1. Заявка на изобретение № 2021 110 744 от 15.04.2021 г., МПК F16K 13/00 Быстродействующий затвор / Степанов А. С., Гордеев И. Н., Липатников М. А., Заикин Е. И., Симонов А. Ю., Пачурин Д. В.