

В результате проведенных исследований спроектирована ракета-носитель с кольцевыми соплами внешнего расширения, имеющая дальность полета большую (по минимальным оценкам) на ≈ 200 км, чем ракета с соплами Лавалья, что позволяет рассматривать предлагаемое проектное решение как перспективное, несмотря на большие затраты твердого ракетного топлива, что связано с возможностью использования ракет-носителей с кольцевыми соплами в условиях высокого давления внешней среды (например, при старте на маршевом двигателе из подводного положения с борта подводной лодки), где удельный импульс тяги кольцевого сопла будет выше, чем у сопла Лавалья.

Библиографические ссылки

1. *Карташев А. Л., Карташева М. А.* Математическое моделирование течений в кольцевых соплах : монография. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 158 с.

2. Gasdynamics of self-adjustable thruster with zero length central plug / E. M. Kalinin, V. I. Lapygin, R. M. Pushkin [et al.] // Proceedings of the Third European Symposium on Aerothermodynamics for Space Vehicles, 24th–26th November 1998, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, ESA SP-426, December 1998. – Pp. 379–385.

3. *Мышенков В. И., Мышенков Е. В.* Численное моделирование течения из щелевого центростремительного сопла (сопла Знаменского) // Изв. РАН. МЖГ. – 1997. – № 5. – С. 119–131.

4. Проектирование и испытания баллистических ракет / под ред. В. И. Варфоломеева и М. И. Копытова. – М. : Воениздат, 1970. – 392 с.

5. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы) : учебник для технических вузов / В. П. Мишин, В. К. Безвербый, Б. М. Панкратов [и др.] ; под ред. В. П. Мишина. – М. : Машиностроение, 1985. – 360 с.

6. *Павлюк Ю. С.* Баллистическое проектирование ракет : учеб. пособие для вузов. – Челябинск : Изд-во ЧГТУ, 1996. – 114 с.

M. A. Kartasheva, PhD in Engineering, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk

Designing of Solid Propellant Launcher with External Expansion's Annular Nozzles

The problems of designing of solid propellant launchers with external expansion's annular nozzles are considered. As result of the carried out research the launcher is designed with external expansion's annular nozzles having the distance of flight larger than the launcher with Laval's nozzles, that enables to consider the proposed project as a promising solution.

Keywords: designing of solid propellant launchers, external expansion's annular nozzle.

Получено 14.07.2014

УДК 623.4.01

В. Е. Пухарев, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ АВТОМАТИКИ РУЖЬЯ МР-155

На основе математического моделирования исследована работа двигателя автоматики самозарядного охотничьего ружья МР-155, предложены и обоснованы конструктивные решения по его усовершенствованию.

Ключевые слова: самозарядное ружье, двигатель автоматики, клапан.

Для обеспечения стабильной работы автоматики в конструкцию бокового газового двигателя (БГД) ружья МР-155 введен регулятор давления, работающий на принципе сброса газов из рабочей камеры (РК) БГД на мощных патронах.

Конструктивная схема БГД ружья МР-155 приведена на рис. 1.

При выстреле пороховые газы поступают в РК, создавая давление на рабочий поршень (РП), приводящий в движение подвижные части автоматики. Газы заполняют и канал сброса, образованный несколькими последовательно соединенными полостями, воздействуя на клапан. Когда сила давления газов, приложенная к клапану, превысит усилие пружины клапана, произойдет смещение клапана,

соединение канала сброса с атмосферой и сброс газа из РК. Согласно данным, приведенным в паспорте изделия, наличие регулятора давления позволяет обеспечить работоспособность ружья при применении патронов с массой дробового снаряда от 28 до 45 г. При применении патронов с иной массой снаряда предлагается с помощью регулировочной гайки изменять начальное поджатие пружины клапана, обеспечивая увеличение или уменьшение сброса.

Обеспечение эффективной работы такого внешне простого устройства является достаточно сложной задачей, что и подтвердило исследование, выполненное на основе моделирования процесса функционирования БГД ружья МР-155. Используемая математическая модель представляет собой систему

дифференциальных уравнений, описывающих внутриваллистические процессы и процессы, происходящие в РК БГД с учетом движения РП и клапана. Для обеспечения достоверности расчетов в математической модели учтены потери на теплоотдачу и утечку газов через зазоры в сочленениях устройства (Кулагин В. И., Черезов В. И. Газодинамика автоматического оружия. М.: ЦНИИ информации, 1985. 256 с.).

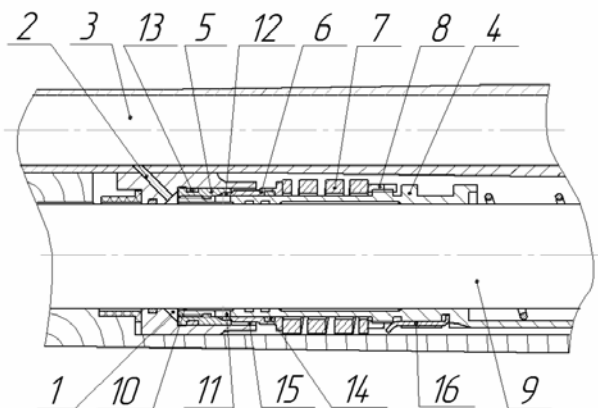


Рис. 1. Конструктивная схема БГД ружья МР-155: 1 – РК; 2 – газоотводные отверстия; 3 – канал ствола; 4 – РП; 5 – запорная гайка; 6 – клапан; 7 – пружина клапана; 8 – регулировочная гайка; 9 – магазин; 10 – кольцевой канал между РП и магазином; 11 – радиальные отверстия; 12 – кольцевая проточка; 13, 14 – obturрующие кольца; 15 – канал, соединяющий РК с атмосферой; 16 – фиксатор

Расчеты выполнены при значениях конструктивных параметров, соответствующих ружью МР-155 с длиной ствола 710 мм. Результаты расчетов приведены в табл. 1, в которой использованы обозначения: q – масса дробового снаряда; ω – масса заряда; P_k – максимальное давление в РК; X_k – максимальное смещение клапана; V_p – скорость РП в конце работы БГД; $V_{к.з.п.}$, $E_{к.з.п.}$ – соответственно, скорость и энергия подвижных частей в крайнем заднем положении.

Таблица 1. Параметры работы БГД ружья МР-155

q , г	ω , г	P_k , МПа	X_k , мм	V_p , м/с	$V_{к.з.п.}$, м/с	$E_{к.з.п.}$, Дж
24	1,2	6,7	1,06	4,17	Неполный откат	-
24*	1,2	7,0	0,53	5,07	2,27	1,47
28	1,33	7,2	1,21	4,61	0,88	0,22
28*	1,33	7,6	0,73	5,22	2,57	1,88
36	1,75	7,6	1,34	5,56	3,20	2,92
50	2,3	9,9	1,90	6,49	4,52	5,82
50**	2,3	9,3	2,51	5,77	3,44	3,37
64	2,3	10,8	2,09	7,00	5,20	7,71
64**	2,3	10,1	2,75	6,21	4,10	4,79

* – при увеличенном начальном поджатии пружины клапана (405 Н);
 ** – при уменьшенном начальном поджатии пружины клапана (205 Н)

Из анализа параметров работы БГД ружья МР-155 следует, что эффективность работы регулятора давления недостаточна; особенно это проявляется

при маломощных патронах, на которых не удается обеспечить необходимый запас энергии подвижных частей даже при увеличении начального поджатия пружины клапана. Кроме того, с точки зрения удобства эксплуатации ружья целесообразно обеспечение его работоспособности во всем диапазоне изменения массы дробового снаряда без изменения исходной настройки регулятора давления.

Ограниченные возможности рассматриваемого устройства обусловлены его конструктивной схемой. Расчеты, выполненные с различными сочетаниями конструктивных параметров, показали, что в рамках избранной конструктивной схемы разработчики добились практически предельно возможной ее эффективности. Принципиальные ограничения такой схемы в том, что площадь, определяющая действующую на клапан силу, является и предельной площадью канала сброса. Возникает непреодолимое противоречие: для эффективного сброса на мощных патронах нужна большая площадь сброса, при которой для исключения сброса на слабых патронах необходимо иметь пружину с большими начальным усилием и жесткостью, но такая пружина на мощных патронах быстро возвращает клапан в исходное положение, прекращая сброс.

Преодоление противоречия и решение задачи возможно лишь при такой конструктивной схеме, в которой площадь сброса газов не является площадью, определяющей силу, действующую на клапан (конструктивная схема с так называемой независимой площадью сброса – схема НПС). В этом случае нет принципиальных ограничений для эффективного сброса на мощных патронах, поскольку площадь сброса не формирует силу, приложенную к клапану.

Применительно к БГД ружья МР-155 предлагаемая схема НПС может быть реализована при минимальных изменениях исходной конструкции. На рис. 2 приведено сопоставление характера формирования площади сброса, из которого видно, что при одном и том же смещении клапана и неизменной площади, определяющей силу воздействия газов на клапан, схема НПС позволяет достичь существенно большей площади сброса. При схеме НПС за счет выбора площади воздействия газов на клапан и силовых параметров пружины возможно обеспечить изменение площади сброса от минимальной на слабых патронах до требуемой для интенсивного сброса на мощных патронах.

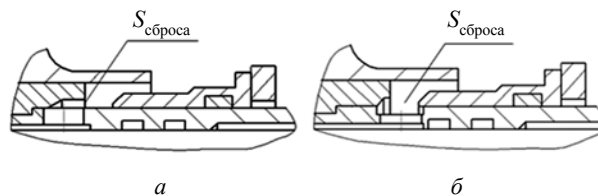


Рис. 2. Площадь сброса газов: а – исходная схема; б – схема с НПС

Результаты расчетов для двух возможных вариантов исполнения схемы НПС приведены в табл. 2,

в которой использованы следующие обозначения: M_k – масса клапана; M_n – масса пружины; Π_0 – начальное усилие пружины; C_n – жесткость пружины; S_k – площадь воздействия пороховых газов на клапан.

Таблица 2. Параметры работы усовершенствованного БГД ружья МР-155

q, г	Вариант 1 $M_k = 24$ г; $M_n = 46$ г; $\Pi_0 = 305$ Н; $C_n = 5000$ Н/м; $S_k = 53,8$ мм ²			Вариант 2 $M_k = 16$ г; $M_n = 26$ г; $\Pi_0 = 130$ Н; $C_n = 2500$ Н/м; $S_k = 23,8$ мм ²		
	P_k , МПа	X_k , мм	V_n , м/с	P_k , МПа	X_k , мм	V_n , м/с
24	7,2	0,20	5,65	7,2	0,24	5,50
28	7,8	0,38	5,74	7,8	0,41	5,54
36	8,4	0,56	6,10	8,4	0,58	5,86
50	11,5	1,46	5,80	11,7	1,37	5,78
64	12,6	1,69	6,10	12,7	1,56	6,00

Полученные результаты показывают, что предложенная схема НПС позволяет обеспечить стабильность работы БГД ружья МР-155 для всей гаммы патронов без изменения исходной настройки регулятора давления, существенно повысив тем самым удобство эксплуатации и потребительские качества ружья.

V. E. Pukharev, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Research of Possibilities of Perfection the Engine of Automatics of Gun MP-155

On the basis of mathematical modeling the operation of the engine of automatics of semi-automatic hunting gun MP-155 is investigated, constructive decisions on its improvement are offered and proved.

Keywords: semi-automatic hunting gun, engine of automatics, gas valve.

Получено 28.08.2014

УДК 621.833.6

А. В. Овсянников, кандидат технических наук, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

КИНЕМАТИКА ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ С НАКЛОННЫМИ ПАЗАМИ РОЛИКОВОГО МЕХАНИЗМА СНЯТИЯ ДВИЖЕНИЯ С САТЕЛЛИТА

Приведены кинематические показатели планетарной передачи с наклонными пазами роликового механизма снятия движения с сателлита, определенные на основе анализа конструкции и кинематической схемы данного механизма.

Ключевые слова: планетарная передача, внутреннее зацепление, кинематика, передаточное отношение.

Из всего многообразия зубчатых планетарных передач следует отметить передачи с внутренним зацеплением колес и малой разностью чисел их зубьев. Планетарные передачи указанного типа содержат ведущее эксцентриковое водило, один или несколько сателлитов, центральное колесо и механизм снятия движения с сателлита [1]. Особенности конструкции последнего в значительной степени влияют на характеристики привода. Именно поэтому необходимо исследование планетарных передач с различными механизмами снятия движения. Наименее изученными из них являются передачи с роликовым механизмом снятия движения с сателлита [2, 3].

Одна из конструкций такой передачи показана на рис. 1. Она достаточно проста и компактна, поскольку в качестве соединительных звеньев в ней используются ролики, расположенные в наклонных пазх

сателлита и радиальных пазх дисков механизма снятия движения [4].

При проектировании зубчатых планетарных передач необходимо знать кинематические показатели привода. Процесс передачи вращающего момента от входного вала к выходному в планетарных передачах рассматриваемого типа довольно сложный и зависит от их конструкции, в том числе от конструкции механизма снятия движения.

Исследуем кинематику планетарного механизма, представленного на рис. 1. Составим кинематическую схему данной передачи (рис. 2).

Для обеспечения сборки передачи необходимо, чтобы расстояние от центральной ее оси до наиболее удаленной точки радиального паза диска механизма снятия движения удовлетворяло равенству

$$R_T = r_T + \Delta_{cm} + r_p, \tag{1}$$