

мере бокового газового двигателя. Важно, что при указанном расположении газовой камеры возникающий момент обеспечивает перемещение оружия в на-

правлении, противоположном опрокидывающему моменту. К этому же эффекту приводит действие силы давления на стенку газовой камеры F_x .

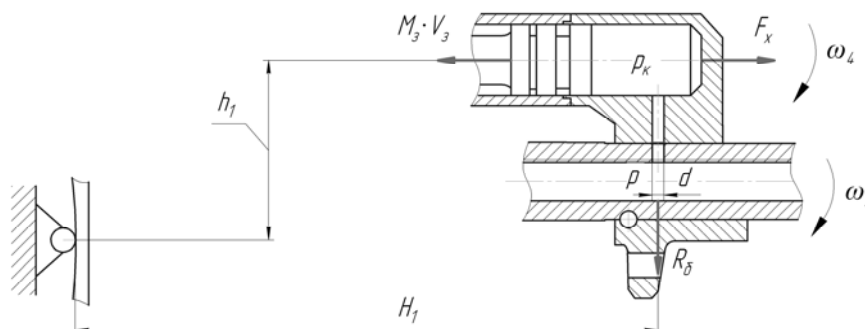


Рис. 6. Силовые факторы бокового газового двигателя

Таким образом, в конструкции автомата «АК74» предусмотрены компенсаторы опрокидывающих моментов, обусловленных действием силы отдачи на стрелка, в виде дульного тормоза, уменьшающего силу отдачи и, соответственно, опрокидывающие моменты. Дополнительными факторами, уменьшающими перемещение оружия в вертикальной плоскости вверх, являются силы от давления поро-

ховых газов на стенку газовой камеры и от действия реакции от перетекания газа из ствола в газовую камеру. Некоторое влияние оказывает также дульный тормоз ($\alpha_y = -0,13$). Компенсация опрокидывающего момента в горизонтальной плоскости, предусмотренная дульным тормозом, практически не осуществляется ($\alpha_z = -0,06$).

L. A. Galagan, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
D. V. Chirkov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Overtuning Moments Compensators of Assault Rifle “AK74”

Reasons of overturning moments occurrence specific for standard ready position are considered, research of constructive actions for their compensating in the assault rifle “AK74” is executed.

Key words: recoil strength, overturning moments, compensators.

УДК 623.4.023

Л. А. Галаган, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

МЕТОДЫ УЧЕТА СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГИЛЬЗЫ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ИЗ ПАТРОННИКА

Сопоставлены методы учета силы сопротивления гильзы при извлечении из патронника в явном виде, а также при введении коэффициента фиктивности массы свободного затвора.

Ключевые слова: гильза, сила сопротивления, учет, методика.

Рассматриваемый вопрос имеет непосредственное отношение к функционированию систем с отдачей свободного затвора, формирующих в основном группу автоматических пистолетов. При проектировании оружия такого типа главная задача заключается в назначении массы затвора, обеспечивающей прочность гильзы и необходимый запас энергии в конце работы двигателя ав-

томатики. Ответ на этот вопрос дает решение уравнения движения свободного затвора, имеющее вид

$$M_3 \frac{dV_3}{dt} = p_{кн} S_{кн} - R_r - \sum R_c, \tag{1}$$

где M_3, V_3 – масса и скорость движения свободного затвора соответственно; $p_{кн} S_{кн}$ – сила, действующая

на дно канала ствола; R_r – сила сопротивления гильзы при извлечении из патронника; $\sum R_c$ – сумма прочих сил сопротивления.

Безопасное функционирование гильзы, т. е. отсутствие продольных и поперечных разрывов, обеспечивается необходимой массой затвора. Физическая картина нагружения гильзы, решение задачи напряженно-деформированного состояния гильзы при извлечении ее из патронника, характер движения затвора рассмотрены в работе [1]. Расчетный комплекс включает следующие элементы: решение задачи внутренней и промежуточной баллистики, определение силы сопротивления гильзы, решение уравнения движения затвора и назначение необходимой массы затвора.

Идентификаторами данного метода расчета являются характеристики материала гильз с учетом наклепа.

Рассмотренный метод является универсальным, позволяющим решать задачу назначения массы затвора при использовании пистолетных гильз различных типоразмеров, изготовленных из различных материалов, при изменении условий эксплуатации, для стволов разной длины.

Между тем в инженерной практике широко используется прием учета силы сопротивления извлечению гильзы введением коэффициента фиктивности массы свободного затвора, при использовании которого должно обеспечиваться совпадение расчетной скорости в конце выстрела с экспериментальными данными. Такая задача не представляет затруднений при использовании работы [1]. Из уравнения (1) при условии пренебрежения силами сопротивления, кроме сил, связанных с гильзой, после интегрирования следует:

$$M_3 V_3 = I_{p_{\text{кн}}} \left(1 - \frac{I_{R_r}}{I_{p_{\text{кн}}}} \right),$$

откуда

$$\varphi_3 = \frac{I_{p_{\text{кн}}}}{I_{p_{\text{кн}}} - I_{R_r}}.$$

В представленных зависимостях $I_{p_{\text{кн}}}$ – импульс силы давления пороховых газов, действующий на затвор; I_{R_r} – импульс силы сопротивления гильзы.

Таблица 1. Влияние длины ствола на величину φ_3 (опытные данные Ижевского механического завода)

Образец	Боеприпас	$\frac{\omega}{q}$	$P_{m \text{ кр}}, \text{ МПа}$	$L_{\text{ств}}, \text{ мм}$	$V_d, \text{ м/с}$	$M_3, \text{ кг}$	$V_3^{0,4}, \text{ м/с}$	$I_b, \text{ Н}\cdot\text{с}$	φ_3
Клин (с винтовыми канавками)	9×18 ПММ	0,5	147	442	442	0,310	8,5	3,37	1,28
ПММ (с винтовыми канавками)		5,54		93,5	415	0,323	6,0	3,02	1,56

Будем полагать, что независимо от действительной картины процесса извлечения гильзы выделяются два участка нагружения: до допустимого давления извлечения гильзы из канала ствола $[p]$ и собственно извлечение – после $[p]$ до конца выстрела с соответ-

ствующими усредненными коэффициентами фиктивности φ_1 и φ_2 (рис. 2).
 Допустимое давление извлечения гильзы из патронника получено в работе [2] из условия отсутствия поперечных разрывов гильзы

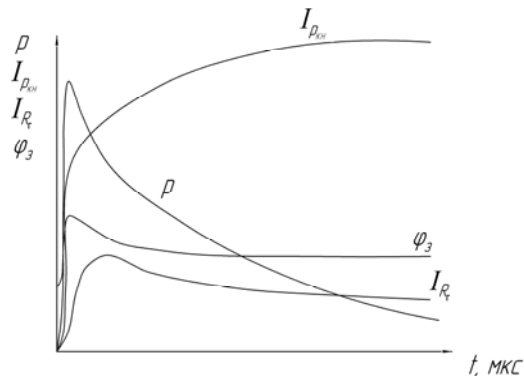


Рис. 1. Характерные параметры выстрела при извлечении гильзы из патронника

Дополнительно в работе [1] на основании точного решения задачи предложены аппроксимирующие зависимости для биметаллических и латунных гильз при различных условиях смазки патронника в виде регрессионных уравнений вида

$$\varphi_3 = f(m/d_2, r_1/r_2, p_m), \quad (2)$$

где m/d_2 – относительная длина соприкосновения гильзы и патронника; r_1/r_2 – соотношение наружного и внутреннего диаметров, принятых средними на длине соприкосновения; p_m – максимальное баллистическое давление.

Пределы применимости регрессионных зависимостей (2) ограничены оговоренными в работе [1] диапазонами входных параметров. Кроме того, при анализе экспериментальных данных по испытаниям образцов под один и тот же боеприпас, но с разной длиной ствола выявлено влияние длины ствола на величину φ_3 (табл. 1). Этот факт объясняется увеличением относительного интервала напряженной работы гильзы в цикле выстрела в системах с меньшей длиной ствола. Поэтому появляется необходимость снятия ограничений при расчете φ_3 и учете длины ствола.

$$[p] = p_e + [p_k],$$

где p_e – давление в стволе в момент соприкосновения гильзы и патронника, зависящее от прочностных характеристик материала гильзы, ее усредненных по длине контактной линии радиальных размеров и зазора между гильзой и патронником; $[p_k]$ – допустимое контактное давление между гильзой и патронником,

$$[p_k] = \frac{[\sigma]t}{mf_{тр}},$$

где t – средняя толщина гильзы на участке m контакта гильзы и патронника;

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{n}.$$

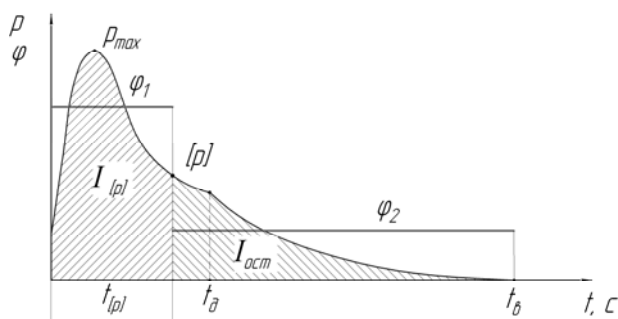


Рис. 2. Этапы нагружения гильзы и соответствующие им коэффициенты фиктивности

Из равенства скоростей затвора в конце работы двигателя автоматики, найденных при последовательном движении в рамках обозначенных на рис. 2 интервалов времени

$$V_3^{0,4} = V_{3[p]} + \Delta V_3 = \frac{I_{[p]}}{\phi_1 M_3} + \frac{I_{ост}}{\phi_2 M_3}$$

и в целом за время выстрела $V_3 = \frac{I_b}{\phi_3 M_3}$, следует зависимость для определения ϕ_3 :

$$\phi_3 = \frac{I_b}{\frac{I_{[p]}}{\phi_1} + \frac{I_{ост}}{\phi_2}}.$$

Здесь I_b , $I_{[p]}$, $I_{ост} = I_b - I_{[p]}$ – импульс отдачи за время выстрела, к моменту достижения давления $[p]$ и за оставшийся интервал времени соответственно.

Значение ϕ_1 следует принять по аппроксимирующей зависимости

$$\phi_1 = -0,150 \cdot \left(\frac{l_r}{d_r}\right)^2 + 1,175 \cdot \left(\frac{l_r}{d_r}\right) - 0,297,$$

полученной для $f_{тр} = 0,1$ на основании табличных данных зависимости коэффициента фиктивности от относительной длины гильзы l_r / d_r и условий эксплуатации, представленных в работе [2].

На втором участке рекомендуется принять $\phi_2 = 1,02$ для коротких гильз ($l_r / d_r = 1,5...2,0$), $\phi_2 = 1,05$ для гильз средней длины ($l_r / d_r = 2,5...3,0$).

Введение облегченных условий извлечения ($f_{тр} = 0,1$) обусловлено необходимостью сокращения первого участка нагружения для приближения к реальной физической картине в случае отсутствия заклинивания гильзы.

Метод предполагает использование справочных данных о характеристиках материалов гильз. В качестве параметра идентификации принят коэффициент запаса прочности материала гильзы $n = 1,5$.

Результаты решения задачи определения коэффициента фиктивности ϕ_3 при $f_{тр} = 0,1$ приведены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительные результаты методов определения ϕ_3

Боеприпас	Образец СО	Тип ДА	I_b , Н·с	Материал гильзы	ϕ_3	ϕ_3 , работа [1]		$\frac{\phi_3 - \phi_{3,расч}}{\phi_{3,расч}}$, %
						$\phi_{3,расч}$	$\phi_{3,анп}$	
5,45×18 (МПЦ, 7Н7)	ПСМ	ОСЗ	1,16	Бим.	1,27	1,15	–	10,4
5,6 22LR	Пистолет Марголина	ОСЗ	0,86	Лат.	1,46	1,24	–	17,7
6,35×16 .25ACP	FN 1906	ОСЗ	0,85	Лат.	1,38	1,22	1,30	13,1
7,62×25 57 - Н - 132	ТГ	КХС	3,32	Лат.	1,41	1,40	–	0,7
7,65×21 .30 Luger	«Люгер»	КХС	2,89	Лат.	1,40	1,45	–	3,4
9×17К .380 Auto	Их-71	ОСЗ	2,31	Бим.	1,11	1,10	1,12	0,9
9×18 ПМ 57 - Н - 132	ПМ	ОСЗ	2,48	Бим.	1,12	1,10	1,12	1,8
9×18 ПММ 57-Н-181	ПММ	ОСЗ	3,30	Бим.	1,16	1,12	1,20	3,6
9×19 7Н21	ПЯ	КХС	3,29	Бим.	1,26	1,43	1,43	11,9
9×19 Para	Parabellum	КХС	3,46	Лат.	1,34	1,41	–	5,0
9×21 7Н29; СП-10	«Гюрза»	КХС	3,75	Бим.	1,29	1,56	–	17,3
10×21 (.40SW)	«Глок»	КХС	5,28	Лат.	1,37	1,49	–	8,1
11,43×23 .45ACP	Кольт 1911	КХС	4,76	Бим.	1,16	1,14	–	1,8

Расчеты выполнены различными методами для 13 боеприпасов калибров 5,45–11,43 мм.

В качестве контрольного принят метод определения $\Phi_{3,расч}$ при явном учете в уравнении движения затвора силы сопротивления гильзы. Коэффициент $\Phi_{3,анп}$ получен по аппроксимирующей зависимости (2), но только для боеприпасов с соответствующими, не попадающими в ограничения значениями входных параметров. Здесь же представлены значения Φ_3 , полученные на основании предложенного метода расчета. Сопоставление результатов определяет достаточную сходимость предложенного метода расчета Φ_3 и полученного с учетом силы сопротивления гильзы в явном виде.

Метод является оперативным, не ограничен баллистическими параметрами боеприпасов, геометрическими размерами pistolетных гильз, основывается на справочных данных материалов, учитывает влияние длины ствола, т. е. является эффективным на этапе предпроектирования изделий.

Библиографические ссылки

1. Алексеев С. А. Проектирование автоматического оружия с инерционным запирающим канала ствола : учеб. пособие. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007.
2. Алферов В. В. Конструкция и расчет автоматического оружия. – М. : Машиностроение, 1977.

L. A. Galagan, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Methods of Shell Drag Force Account at Drawing from Cartridge Case

Methods of shell drag force account at drawing from a cartridge case are compared in an explicit form and at introduction of the weight fabulosity factor of an open bolt.

Key words: cartridge case, resistance strength, account, technique.

УДК 621.787

Н. С. Сивцев, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

К. Н. Козлова, Сарапульский политехнический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ДОРНОВАНИЯ

Рассмотрен алгоритм проектирования операций дорнования с использованием метода конечных элементов.

Ключевые слова: алгоритм, проектирование, операции, дорнование.

При обработке дорнованием технологические показатели качества отверстий определяются в конечном итоге напряженно-деформированным состоянием заготовки (НДС), которое зависит от прикладываемых к поверхности нормальных контактных давлений и сил контактного трения. Последние, в свою очередь, зависят от натяга дорнования, геометрических характеристик инструмента, скорости дорнования, реализуемого вида трения (граничного, полужидкостного, жидкостного).

Ниже приводится алгоритм проектирования операций дорнования, позволяющий на основе численного исследования методом конечных элементов НДС заготовки осуществлять выбор рациональной геометрической характеристики инструмента, режима обработки и расчет силовых параметров процесса. Алгоритм базируется на математической модели упругопластического деформирования при дорновании в нестационарных условиях контактного взаимодействия и трения инструмента с заготовкой [1].

1. В координатной системе $Z0r$ производится описание конфигурации и размеров заготовки (рис. 1). С этой целью радиальными сечениями, проходящими через точки перегиба контура, заготовка делится на блоки, в каждом из которых определяются и вводятся в память ЭВМ координаты восьми точек. Для случая, представленного на рисунке, имеем:

- координаты по оси Z :
20,0 20,0 20,0 21,0 22,0 22,0 22,0 21,0 – блок I;
22,0 22,0 22,0 40,0 58,0 58,0 58,0 40,0 – блок II;
58,0 58,0 58,0 59,0 60,0 60,0 60,0 59,0 – блок III;
- координаты по оси r :
37,0 30,75 24,5 23,5 22,5 29,75 37,0 37,0 – блок I;
37,0 29,75 22,5 22,5 22,5 29,75 37,0 37,0 – блок II;
37,0 29,75 22,5 23,5 24,5 30,75 37,0 37,0 – блок III.

Последовательность записи координат предусматривает обход контуров блоков против часовой стрелки, что связано с особенностями решения матрицы дифференцирования перемещений для заготовки, которая в дальнейшем формируется программой.