

УДК 623.44(045)

DOI 10.22213/2413-1172-2018-3-44-50

**ЭВОЛЮЦИЯ ДУЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТОВ СЕРИИ «АК»**

Л. А. Галаган, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Р. Ю. Сахратов, ЗАО «Техкрим», Ижевск, Россия

Д. В. Чирков, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

*При естественном расположении силовых факторов, возникающих при выстреле и работе автоматики, автомат совершает пространственное движение, приводящее к отклонению точки попадания от точки прицеливания. Главной действующей силой, приводящей к перемещению оружия вверх и вправо, является сила отдачи, уменьшение которой обеспечивается введением дульных тормозов, а стабилизация положения – использованием дульных газовых компенсаторов.*

*Первой попыткой влияния на устойчивость было использование дульного компенсатора в автомате АКМ. Компенсатор представляет собой кососрезанный насадок, дополнительно развернутый относительно своей оси, что создает моменты, противоположенные создаваемым силой отдачи, и уменьшает перемещение оружия.*

*В дульных устройствах стрелкового оружия (тормоза-компенсаторы) используется сочетание уменьшения силы отдачи и компенсирующих эффектов при отведении газа через боковые окна тормоза.*

*В дульном тормозе автомата АК-74 обеспечивается интенсивный отвод газа через боковые окна, что уменьшает реакцию пороховых газов и силу отдачи в осевом направлении. Основной компенсирующий эффект в плоскости стрельбы обеспечивает косой срез боковых окон и незначительный в горизонте оружия – истечение газа через небольшие отверстия на основном теле тормоза.*

*В двухкамерном дульном тормозе автомата АК-74М окна первой камеры имеют разные площади, чем обеспечивается компенсирующий эффект в горизонте оружия. Исполнение боковых окон камер уменьшает перемещение оружия в плоскости стрельбы.*

*Для тормозов автоматов АК-74 и АК-74М рассчитаны характеристики эффективности в осевом и боковых направлениях, показана практическая однозначность параметров эффективности при приемлемом уровне звукового воздействия выстрела на стрелка.*

**Ключевые слова:** сила отдачи, опрокидывающие моменты, дульные тормоза-компенсаторы.

**Введение**

Основным направлением совершенствования автомата на всем пути его развития было и остается улучшение кучности стрельбы – одного из основных показателей эффективности использования стрелкового оружия. Рассеивание выстрелов при стрельбе является результатом взаимодействия перемещающегося в процессе действующих сил оружия и управляющего воздействия стрелка. В схеме сил определяющей является сила отдачи  $P_{\text{кн}}$ , расположение которой не совпадает с центром масс стрелка, что приводит к появлению опрокидывающих моментов и отклонению оружия от точки прицеливания.

**Анализ конструкций**

Введение дульных газовых устройств позволяет повысить устойчивость оружия при выстреле вследствие уменьшения силы  $P_{\text{кн}}$  при отводе газа в боковые каналы дульного устройства и рационального их использования для

создания компенсирующих силовых факторов и их моментов.

Сила  $P_{\text{кн}}$  действует в течение выстрела, поскольку отпирание затвора обычно происходит после или в конце периода последействия.

В основном периоде выстрела сила

$$P_{\text{кн}} = p_{\text{кн}} S_{\text{кн}},$$

где  $p_{\text{кн}}$  и  $S_{\text{кн}}$  – давление пороховых газов и площадь канала ствола соответственно.

Для периода последействия сила  $P_{\text{кн}}$  получена в работе [1] на основе уравнения импульсов:

$$P_{\text{кн}} = R_{\text{в}} - G_{\text{в}} \frac{V_{\text{д}}}{2},$$

где  $R_{\text{в}}$  и  $G_{\text{в}}$  – соответственно, реакция газового потока и массовый секундный расход при истечении газа из канала ствола.

При неустановившемся критическом течении пороховых газов уравнение принимает вид

$$P_{\text{кн}} = (k + 1) \left( \frac{2}{k + 1} \right)^{\frac{n}{n-1}} p S_{\text{кн}} - \frac{G_d V_d}{2} p_d^{\frac{n+1}{2n}} p^{\frac{n+1}{2n}},$$

сохраняя физический смысл составляющих предыдущего уравнения.

При использовании дульного тормоза с импульсно-конструктивной характеристикой  $\alpha_t$

$$P_{\text{кн}_t} = \alpha_t (k + 1) \left( \frac{2}{k + 1} \right)^{\frac{n}{n-1}} p S_{\text{кн}} - \frac{G_d V_d}{2} p_d^{\frac{n+1}{2n}} p^{\frac{n+1}{2n}}.$$

В соответствии с представленными уравнениями импульсно-конструктивная характеристика дульного газового устройства – это отношение реакций вытекающих пороховых газов с дульным насадком и без него. Введение дульного тормоза уменьшает реакцию вытекающих

пороховых газов в осевом направлении, то есть и силу  $P_{\text{кн}}$ , так как  $\alpha_t < 1$ . Использование же несимметричного отвода газа в боковых направлениях позволяет компенсировать перемещение оружия в пространстве и стабилизировать его положение.

Одним из мероприятий, обеспечивших повышение устойчивости автомата АКМ по сравнению с АК-47, стало введение дульного компенсатора оригинальной конструкции, создающего в плоскости стрельбы и в горизонтальной плоскости моменты, стабилизирующие оружие.

Расчетная схема компенсатора показана на рис. 1. Компенсатор представляет собой косо-срезанный насадок, развернутый в положительном направлении оси  $z$ .

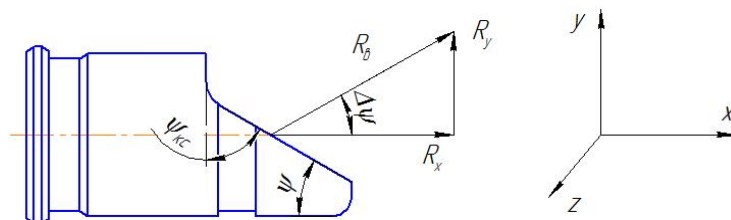


Рис. 1. Дульный компенсатор автомата АКМ (вид в вертикальной плоскости)

Вследствие косо-го среза струя газа вытекает из насадка, имея реакцию  $R_y$ , и за счет отклонения потока на угол  $\Delta\psi$  приобретает вертикальную составляющую  $R_y$ , обеспечивающую силу и момент, стабилизирующий оружие в вертикальной плоскости.

В соответствии с рис. 1  $R_y = R_x \cdot \tan \Delta\psi$ , где  $\Delta\psi$  – угол отклонения потока вследствие косо-го среза.

В конструкции компенсатора  $\psi = 27^\circ 30'$ , тогда  $\psi_{\text{к.с}} = 90^\circ - 27^\circ 30' = 62,5^\circ$ , что соответствует углу отклонения потока вследствие косо-го среза  $\Delta\psi_{\text{к.с}} = 30^\circ$  [2].

Расположение компенсатора на дульной части ствола сопровождается его поворотом относительно положения в вертикальной плоскости на угол  $\beta = 30^\circ$  в положительном направлении оси  $z$ . Вид на компенсатор с дульной части ствола после его поворота показан на рис. 2.

В этом случае реакция  $R_y$  раскладывается на две составляющие:  $R_y'$  в направлении оси  $y$  и  $R_z$  в направлении оси  $z$ .

Тогда импульсно-конструктивные характеристики в вертикальном и горизонтальном направлениях принимают значения:

$$\alpha_y = \frac{R_{y'}}{R_x} = \frac{R_y \cdot \cos \beta}{R_x} = \frac{R_x \cdot \text{tg } \Delta\psi \cdot \cos \beta}{R_x} = \sin \Delta\psi = 0,50;$$

$$\alpha_z = \frac{R_z}{R_x} = \frac{R_y \cdot \sin \beta}{R_x} = \frac{R_x \cdot \text{tg } \Delta\psi \cdot \sin \beta}{R_x} = \text{tg } \Delta\psi \cdot \sin \beta = 0,29.$$

Полученные характеристики при расчете опрокидывающих моментов и отклонений оружия от точки прицеливания должны быть учтены со знаком «минус» в силу направленности их в сторону, противоположенную моментам от силы  $P_{\text{кн}}$ .

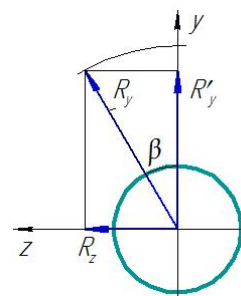


Рис. 2. Схема сил после поворота компенсатора

Все последующие образцы серии АК снабжены дульными тормозами-компенсаторами. Эффективность дульного тормоза оценивается импульсно-конструктивной характеристикой  $\alpha_T$ , а влияние его как компенсатора – импульсно-конструктивными характеристиками в вертикальном  $\alpha_y$  и боковом  $\alpha_z$  направлениях.

Рабочая зависимость для определения  $\alpha_T$ , учитывающая распределение газа в полости тормоза и конструктивные особенности его боковых окон, имеет вид [3]

$$\alpha_T = \sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_m + \sum_{i=1}^m \sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_{i-1} (1 - \sigma_i) \xi_i k_{\sigma i}.$$

Здесь первое слагаемое определяет относительное количество газов, вышедших через снарядное окно тормоза, второе – через боковые окна

с учетом их геометрии (расширение канала, косой срез).

Расшифровка составляющих зависимости выполнена в работе [4] при предварительном расчете эффективности дульного тормоза-компенсатора автомата АК-74.

В дульном тормозе автомата АК-74 (показан на рис. 3–5) предусмотрено 3 ряда боковых окон, причем три из них одного диаметра расположены на основном теле тормоза. Расчетные схемы 1-го и 2-го ряда боковых окон приведены на рис. 4, 3-го ряда – на рис. 5.

Исходные данные для расчета импульсно-конструктивной характеристики дульного тормоза приведены в табл. 1, где особо выделены конструктивные элементы четвертого бокового окна: косой срез в боковых каналах и характеристики, влияющие вследствие этого на эффективность дульного тормоза.

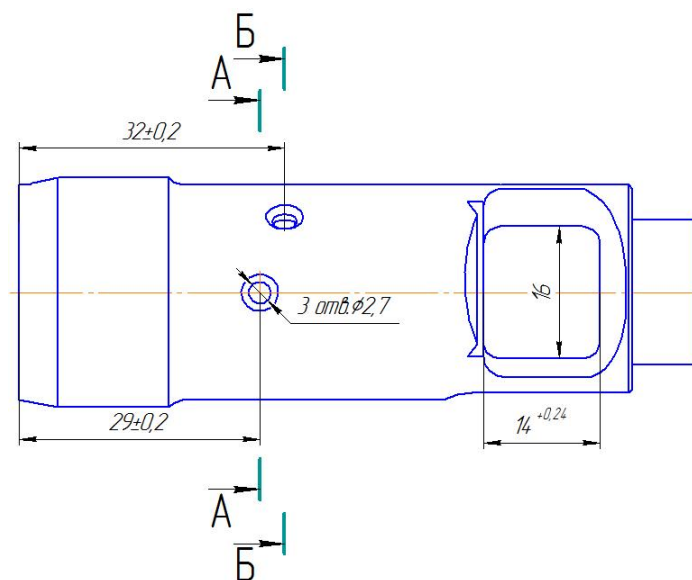


Рис. 3. Дульный тормоз автомата АК-74

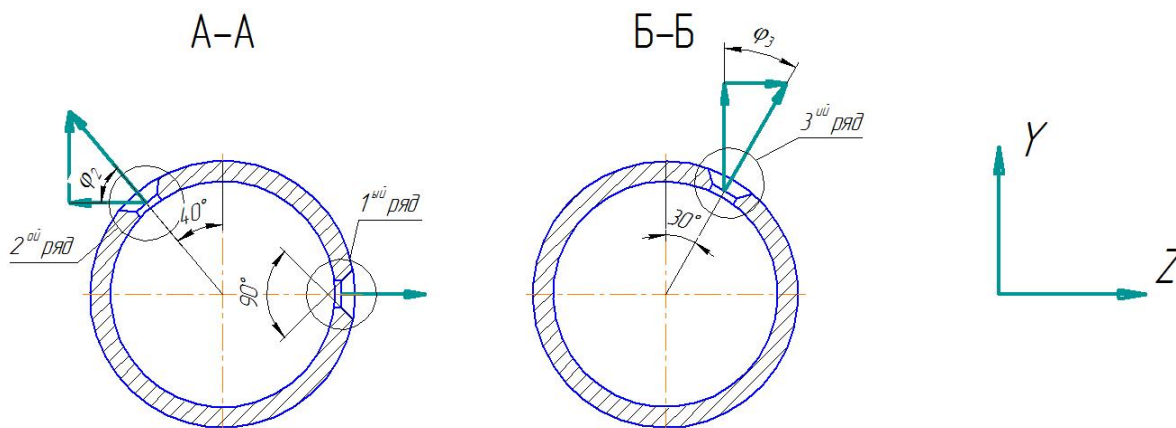


Рис. 4. Схема для расчета первого и второго рядов боковых окон:  
1-й ряд – сечение А-А (окно 1, 2); 2-й ряд – сечение Б-Б (окно 3)

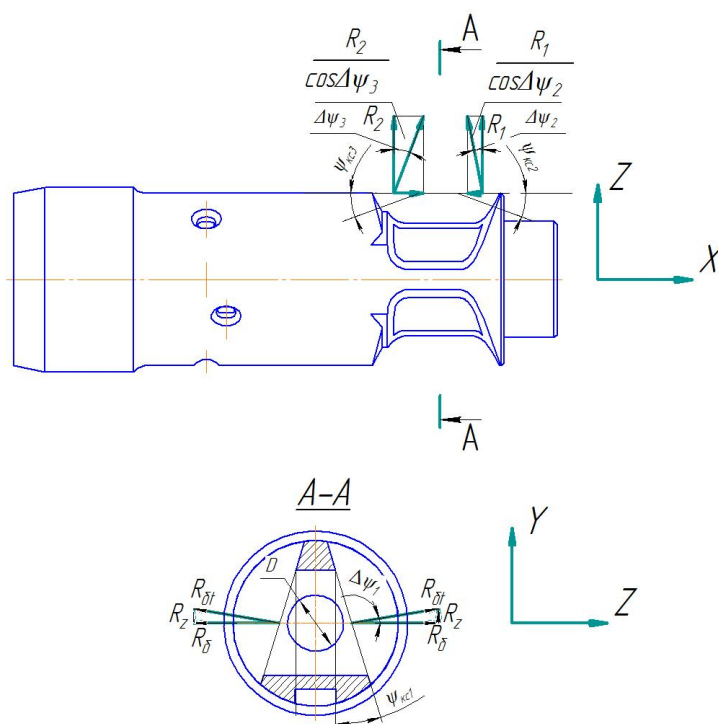


Рис. 5. Схема для 3-го ряда боковых окон дульного тормоза (с четвертым боковым окном)

Таблица 1. Конструктивные и расходные параметры дульного тормоза автомата АК-74

Параметр	Характеристики бокового окна			
	1-й	2-й	3-й	3-й
№ ряда				
№ окна	1-е	2-е	3-е	4-е
Площадь бокового окна, мм <sup>2</sup>	5,72	5,72	5,72	448
Угол наклона оси бокового окна, φ°	0	40	30	0
Угол входа в боковое окно и выхода из него φ <sub>вх</sub> = φ <sub>вых</sub>	90	90	90	90
Коэффициент расхода через боковое окно, δ	0,445	0,445	0,445	0,445
Площадь выходного отверстия (с учетом прорезей) S <sub>вых</sub> , мм <sup>2</sup>	61,74	61,74	61,74	56,74
Коэффициент реактивности бокового окна, k <sub>б</sub>	1,2	1,2	1,2	1
Относительное количество газов, прошедших через снарядное окно, σ	0,92		0,96	0,22
Угол косога среза в конструкции 4-го бокового окна, ψ <sub>к4</sub> °	Отклонение потока вследствие косога среза, Δψ°		Коэффициент, учитывающий влияние косога среза, ξ	
ψ <sub>к1</sub> = 15°	Δψ <sub>1</sub> = 8,44°		ξ <sub>1</sub> = tgΔψ <sub>1</sub> = 0,148	
ψ <sub>к2</sub> = 15°	Δψ <sub>2</sub> = 8,44°		ξ <sub>2</sub> = -tgΔψ <sub>2</sub> = -0,148	
ψ <sub>к3</sub> = 30°	Δψ <sub>3</sub> = 15,74°		ξ <sub>3</sub> = tgΔψ <sub>3</sub> = 0,281	

С учетом исходных данных табл. 1 импульсно-конструктивная характеристика трехрядного дульного тормоза

$$\alpha_{\tau} = \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3 + (1 - \sigma_1) + \sigma_1 (1 - \sigma_2) + \sigma_1 \sigma_2 (1 - \sigma_3) (\xi_3 - \xi_1) = 0,41.$$

В вертикальном и боковом направлениях с учетом всех окон тормоза и действия сил по отношению к направлениям опрокидывающих моментов  $\alpha_y = -0,177$ ;  $\alpha_z = -0,049$ .

Двухкамерный дульный тормоз-компенсатор автомата АК-74М показан на рис. 6. Исходные

данные для расчета импульсно-конструктивной характеристики дульного тормоза приведены в табл. 2.

Влияние косога среза в правом окне 1-й камеры исключено в силу малой длины площадки, отклоняющей поток, по сравнению с его длиной.

Согласно исходным данным табл. 2 импульсно-конструктивная характеристика двухкамерного дульного тормоза

$$\alpha_{\tau} = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_{11} \xi + \sigma_{12} + \sigma_1 (1 - \sigma_2) \xi = 0,39.$$

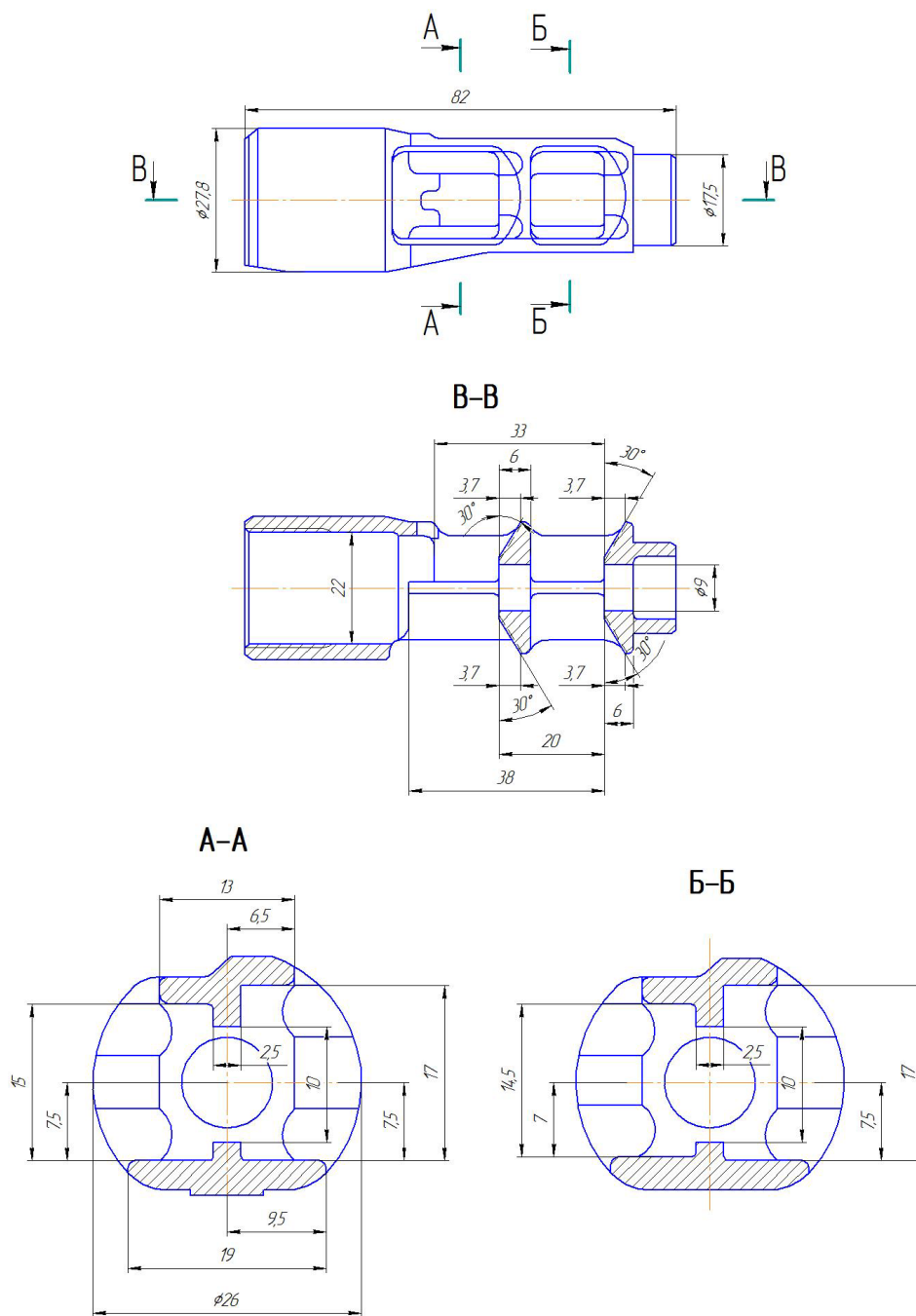


Рис. 6. Дульный тормоз-компенсатор автомата АК-74М

Таблица 2. Конструктивные и расходные параметры дульного тормоза автомата АК-74М

Параметр	Характеристики боковых окон			
	1-я		2-я	
№ камеры	1-е	2-е	1-е	2-е
№ окна	1-е	2-е	1-е	2-е
Площадь бокового окна, мм <sup>2</sup>	195	306	203	238
Угол входа в боковое окно и выхода из него $\psi_{вх} = \psi_{вых}$ , град	90	90	90	90
Коэффициент расхода через боковое окно, $\delta$	0,445	0,445	0,445	0,445
Площадь снарядного окна $S_{вых}$ , мм <sup>2</sup>	63,58		63,58	
Коэффициент реактивности бокового окна, $k_{\delta}$	1	1	1	1
Относительное количество газов, прошедших через снарядное окно, $\sigma$	0,22		0,24	
Относительное количество газов, вышедших через боковые окна	0,303	0,476	0,76	
Угол косога среза $\psi_{к.с.}$ , град	0	30	30	
Коэффициент, учитывающий влияние косога среза, $\Delta\psi_{к.с.}$	1	-0,28	-0,28	

Импульсно-конструктивная характеристика тормоза  $\alpha_z$  в горизонте оружия обусловлена разностью площадей окон в первой камере, т. е. разностью относительного количества газов, вытекающих в окна, и разностью реакций.

Отношение относительных количеств газа, проходящего через окна первой камеры, составляет

$$\frac{\sigma_{1_2}}{\sigma_{1_1}} = \frac{0,47_6}{0,30_3},$$

превышение их во втором окне равно

$$\frac{\sigma_{1_2} - \sigma_{1_1}}{1 - \sigma_{1_1}} = \frac{0,476 - 0,30_3}{0,7_8} = 0,2_2,$$

что равносильно превышению реакций.

Тогда  $\alpha_z = 0,22$ .

Вследствие конструктивного исполнения окон первой камеры реакция газового потока обеспечивает перемещение оружия относительно центра масс стрелка влево.

Импульсно-конструктивная характеристика тормоза  $\alpha_y$  в плоскости стрельбы обусловлена влиянием косога среза боковых окон.

Расчетная схема показана на рис. 7.

Тогда для первой камеры

$$\alpha_{y_1} = (1 - \sigma_1) \cdot \operatorname{tg} \Delta\psi_{к.с} = (1 - 0,22) \cdot \operatorname{tg} 8^\circ = 0,108;$$

для второй камеры

$$\begin{aligned} \alpha_{y_2} &= \sigma_1 (1 - \sigma_2) \cdot \operatorname{tg} \Delta\psi_{к.с} = \\ &= 0,22(1 - 0,24) \cdot \operatorname{tg} 8^\circ = 0,023. \end{aligned}$$

Окончательно

$$\alpha_y \alpha_{y_1} + \alpha_{y_2} = 0,108 + 0,023 = 0,13.$$

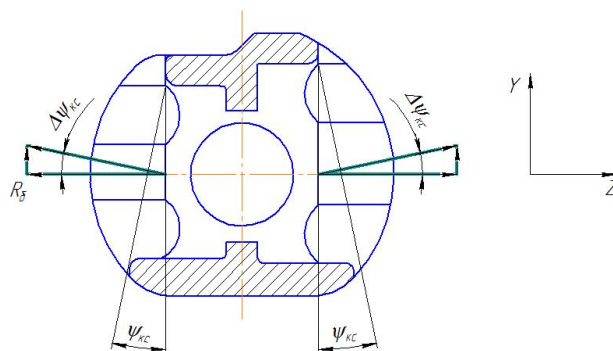


Рис. 7. Расчетная схема для определения влияния косога среза:  $\psi_{к.с} = 12^\circ$ ;  $\Delta\psi_{к.с} = 8^\circ$

Вследствие конструктивного исполнения окон обеих камер обеспечивается перемещение оружия относительно центра масс стрелка вниз.

С учетом действия сил по отношению к направлениям опрокидывающих моментов  $\alpha_y = -0,13$ ;  $\alpha_z = -0,22$ .

В вертикальном и боковом направлениях с учетом действия сил по отношению к направлениям опрокидывающих моментов  $\alpha_y = -0,13$ ;  $\alpha_z = -0,22$ .

Сравнительные характеристики эффективности дульных газовых устройств автоматов линейки АК приведены в табл. 3.

Избыточные давления  $\Delta p$  в зоне расположения уха стрелка и их отношения к предельно допустимым  $[\Delta p]$  рассчитаны в соответствии с [4].

Таблица 3. Характеристики дульных устройств автоматов

Образец	$\alpha_r$	$\alpha_y$ (плоскость стрельбы)	$\alpha_z$ (горизонт оружия)	$\Delta p$ , кПа	Источник наибольшей интенсивности дульной волны	$\frac{\Delta p}{[\Delta p]}$
АК-47	1	1	1	2,60	снарядное окно	0,36
АКМ	1	-0,50	-0,29	2,60	снарядное окно	0,36
АК-74	0,41	-0,18	-0,05	4,75	правое боковое окно третьего ряда	0,84
АК-74М	0,39	-0,13	-0,22	5,24	правое боковое окно 1-й камеры	0,93

### Выводы

Дульные тормоза автоматов, выполненные в разном конструктивном исполнении: в автомате АК-74 – это однокамерный многорядный тормоз, в автомате АК-74М – двухкамерный, обеспечивают практически одинаковое снижение силы отдачи и перемещение оружия в плоскости стрельбы вверх. В то же время достаточно высокая эффективность дульного тормоза автомата АК-74М по сравнению с АК-74 в горизон-

те оружия сопровождается повышением избыточного давления в зоне стрелка в связи с несимметричным и увеличенным в его сторону расходом газа в правое боковое окно первой камеры тормоза [5].

В целом, использование дульных тормозов-компенсаторов в автоматах существенно уменьшает силу отдачи, сопровождается компенсирующими эффектами в двух плоскостях, обеспечивая повышение кучности стрельбы при прием-

лением уровне звукового воздействия выстрела на стрелка.

#### Библиографические ссылки

1. Проектирование ракетных и ствольных систем / под ред. Б. В. Орлова. М. : Машиностроение, 1974. 826 с.
2. Орлов Б. В., Ларман Э. К., Маликов В. Т. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий. М. : Машиностроение, 1976. 432 с.
3. Там же.
4. Галаган Л. А., Чирков Д. В. Компенсаторы опрокидывающих моментов автомата АК-74 // Вестник ИжГТУ. 2012. № 2. С. 26–29.
5. Неугодов А. С., Сабельников В. М. Акустика стрелкового оружия. М. : ЦНИИ информации, 1979. 158 с.

#### References

1. Orlov B. V. (ed.). *Proektirovanie raketnih i stvolnih system* [The design of a missile and cannon systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974, 826 p. [in Russ.].
2. Orlov B. V., Larman Uh. K., Malikov V. T. *Ustroistvo i proektirovanie stvolov artilleriiskih orudii* [Design and construction of artillery guns]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976, 432 p. [in Russ.].
3. Orlov B. V., Larman Uh. K., Malikov V. T. *Ustroistvo i proektirovanie stvolov artilleriiskih orudii* [Design and construction of artillery guns]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976, 432 p. [in Russ.].
4. Galagan L. A., Chircov D. V. [Compensators of overturning moments of AK-74]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, 2012, no. 2, pp. 26-29 (in Russ.).
5. Neugodov A. S., Sabelnikov V. M. *Acustica strelkovogo oruzhiya* [Acoustics of small arms]. Moscow, CNII Informacii Publ., 1979, 158 p. [in Russ.].

#### Evolution of Gas Muzzle Devices on AK Series

L. A. Galagan, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

R. Yu. Sakhratov, JSC “Techkrim”, Izhevsk, Russia

D. V. Chirkov, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

*Due to the natural location of the force factors arising from the shot and the operation of automation, the machine makes a spatial movement, leading to the deviation of the point of contact from the aiming point. The main acting force that leads to the movement of weapons up and to the right is the recoil force, the reduction of which is provided by the introduction of muzzle brakes, and the stabilization of the position by using muzzle gas compensators.*

*The first attempt to influence the stability was the use of a muzzle compensator in the AKM machine. The compensator is an oblique-cut nozzle, additionally deployed relative to its axis, which creates moments opposite to the created recoil force, and reduces the movement of weapons.*

*In the muzzle devices of small arms (brakes-compensators), a combination of reducing the recoil force and compensating effects when removing gas through the side nozzles of the brake is used.*

*The AK-74 muzzle brake provides intensive gas removal through the side nozzles, which reduces the reaction of powder gases and the recoil force in the axial direction. The main compensating effect in the plane of fire is provided by an oblique cut of the side nozzles, and in the small arms horizon by a gas flow through the small nozzle on the main body of the brake.*

*In the two-chamber muzzle brake AK-74M, nozzles of the first chamber have different areas, which provides a compensating effect in the horizon of the weapon. Execution of the side nozzles of the chambers reduces the movement of weapons in the plane of fire.*

*For the brakes of AK-74 and AK-74M, the characteristics of efficiency in axial and lateral directions are calculated; the practical uniqueness of the efficiency parameters is shown with an acceptable level of sound impact of the shot on the gunner.*

**Keywords:** feedback, tipping points, muzzle brake-compensators.

Получено 06.08.2018