

ГЛУШИТЕЛЬ ЗВУКА ВЫСТРЕЛА ДЛЯ СНАЙПЕРСКОГО ОРУЖИЯ

Приведены данные о сохранении значения в первой половине XXI века ручного огнестрельного оружия и расширении применения снайперских винтовок.

Дана информация о конструктивных схемах глушителей звука выстрела для снайперской стрельбы, в которых используются установленные в корпусе соосно стволу оружия перфорированные отрезки осесимметричных цилиндрических оболочек, разделенные поперечными перегородками.

Описано устройство и принцип действия, приведена информация о модификациях, изготовлении и натуральных испытаниях, сделаны выводы о преимуществах и целесообразности применения и показана необходимость дальнейшего совершенствования конструкций глушителей такого типа, разработанных авторами.

Приведено дані про те, що значення ручної вогнепальної зброї в першій половині XXI століття зберігається та розширюється використання снайперських гвинтівків.

Дано інформацію про конструктивні схеми глушників звуку пострілу для снайперської стрільби, в яких використовуються встановлені в корпусі співвісно стволу зброї перфоровані відрізки осесиметричних циліндричних оболонок, які розділені поперечними перегородками.

Описано будову та принцип дії, приведено інформацію про модифікації, виготовлення та натурні випробування, зроблено висновки про переваги та доцільність використання і показано необхідність подальшого удосконалення конструкцій глушників такого типу, розроблених авторами.

Information about the role of the hand firearm and the expanded use of sniper rifles in the early of the twenty-first century is presented.

Data about designs of sound suppressors for the sniper fire, in which perforated sections of the axially symmetric cylindrical baffles mounted coaxially to the firearm barrel in the case and divided by perforated by cross baffles are used, are given.

The device and the principle of operation, modifications, the manufacturing and testing methods are described, conclusions about the advantages and the advisability of applications are made, and a need for a further improvement of designs of such sound suppressors is shown.

Национальный разведывательный совет США в своем докладе [1] прогнозирует, что в ближайшие 20 лет возрастет риск международных конфликтов, в том числе из-за нехватки ресурсов, в частности воды и продовольствия. Среди факторов, увеличивающих вероятность войн между странами, названы "продолжающийся рост населения на планете" и "климатические изменения". В докладе подчеркивается, что "стратегическое соперничество, вероятнее всего, будет происходить вокруг торговли, инвестиций и технологических новшеств" и возможно, что "события станут развиваться по сценариям XIX столетия с его гонкой вооружений, территориальными экспансиями и военным соперничеством". Анализ состояния вопроса и имеющихся тенденций показывает, что в ближайшие годы рост военных расходов в мире сохранится [2].

Совершенствуются существующие и создаются абсолютно новые системы оружия [3, 4]. В США последовательно финансируется программа Перспективных боевых систем (Future Combat System | FCS), которая позиционируется как едва ли не самый революционный проект новейшей разработки военных технологий за последние 100 лет. "Задачи проекта FCS состоят в комбинации смертоносности и живучести тяжелых частей с удобством развертывания легких сил" [4].

При этом сохранится значительная роль стрелкового оружия. Так, в [4] отмечается, что "из 100 тысяч погибших в военных действиях в 2003 году до 90 тысяч расстались с жизнью из-за стрелкового оружия". На сегодняшний день более 1 тысячи компаний в примерно 100 странах мира занимаются теми или иными аспектами производства легкого стрелкового оружия, и более 30 из них являются крупными его производителями.

Общее количество легкого стрелкового оружия в мире составляет не менее 875 млн. единиц [5].

Продолжаются разработка и постановка на вооружение индивидуальных комплексов стрелкового оружия в США, Великобритании, Германии, Франции, Бельгии, Италии, Израиле, Австралии и других странах [6,7]. По крайней мере в первой половине XXI века, роль стрелкового оружия в военных, полицейских и антитеррористических акциях не уменьшится [4].

Причем, все большее значение приобретает снайперское оружие. Так, "в Чечне, Дагестане, Югославии не раз звучали слова "снайперская война". По некоторым оценкам, от 30 до 40 % потерь в Дагестане в 1999 году российская армия несла от огня снайперов" [8]. Потери в живой силе коалиционных войск в Ираке от снайперских выстрелов стоят на втором месте после дорожных подрывов. "В последнее время снайперские нападения стали происходить все чаще и принимать более дерзкий характер" [9]. Ликвидация снайперов противника является приоритетным направлением военных действий сил коалиции в Ираке, что вызывает необходимость разработки и применения технических средств обнаружения мест нахождения снайперов.

В качестве признаков, которые позволяют обнаружить снайпера, могут использоваться звук выстрела на выходе дульной части снайперской винтовки, ударная волна, завихрения и тепловое воздействие, формируемые пулей в полете, отражение света от телескопического прицела, тепловое излучение от оружия и т.п.

Основной демаскирующий фактор при снайперской стрельбе – звук выстрела, в связи с чем разработан ряд акустических систем обнаружения места расположения снайпера, которые определяют азимут, дальность и угол места. Более 125 таких систем используются на театре военных действий операции "Иракская свобода" и в Афганистане, 150 систем находятся в стадии выполнения заказа [9].

Такие системы разработаны также во Франции и Израиле.

Однако в [8] утверждается, что "широко рекламируемые в последние несколько лет автоматизированные комплексы типа "Антиснайпер" пока не снижают возможности применения снайперов и ничуть не изменяют картины противостояния в "снайперской войне", что, по-видимому, связано в первую очередь с созданием эффективных средств снижения уровня звука выстрела – основного демаскирующего фактора снайперского оружия.

Характеристики снайперских комплексов с глушителями приведены в [8, 10 – 13]. Глушителями снабжаются снайперские винтовки как калибра 5,6 мм (СВ-99), так и калибра 12,7 мм (ВКС) [8].

Особенностью большинства снайперских винтовок является использование специальных (винтовочных) снайперских патронов, которые обеспечивают дульную энергию выстрела от около 4 тысяч до 19 тысяч джоулей. Создание глушителей звука выстрела такой энергетики требует использования специальных конструкций преобразователей энергии газов дульного выхлопа, в частности в виде установленных коаксиально продольной оси корпуса глушителя отрезков осесимметричных цилиндрических оболочек (труб), боковые поверхности которых перфорированы отверстиями, а наружный диаметр меньше внутреннего диаметра корпуса глушителя.

Одно из самых ранних технических решений такого типа приведено в патентном описании глушителя [14] (рис. 1).

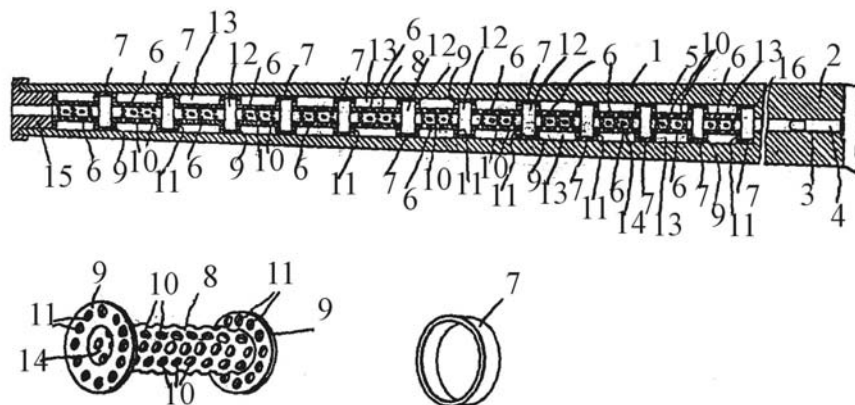


Рис. 1

Глушитель представляет собой осесимметричную, установленную по оси ствола оружия трубу, в полости которой соосно ей размещены перфорированные отрезки осесимметричных оболочек, наружный диаметр которых меньше внутреннего диаметра трубы. Отрезки на концах имеют перфорированные фланцы с диаметром, равным внутреннему диаметру корпуса глушителя. Отрезки труб разделены кольцевыми проставками. Газы, образующиеся при выстреле, по мере движения пули в глушителе последовательно заполняют расширительные камеры, рассеивая свою энергию за счет дросселирования на отверстиях, столкновения газовых струй и вихреобразования. После вылета пули из глушителя газы истекают из него также с потерей энергии.

Конструкции такого же типа приведены на рис. 6.2.2, с. 143; рис. 8.8, 8.9, с. 246 [15]; Рис. 13.7, с. 349 [16], [17 – 20] и др.

При разработке конструкции глушителя для снайперской стрельбы авторы ставили перед собой задачу – повышение эффективности снижения уровня звука выстрела глушителя при улучшении его весовых, технических, стоимостных и эксплуатационных характеристик. При этом они использовали свой опыт разработки глушителя для снайперского комплекса на базе винтовки АВ "Рекорд" [21].

В качестве ближайшего прототипа авторы выбрали техническое решение по патенту США [22]. Этот глушитель содержит узел крепления к стволу оружия с передним фланцем, цилиндрический пустотельный корпус, выходной фланец и установленный в полости корпуса преобразователь энергии пороховых газов в виде поперечных перегородок и установленных между ними отрезков перфорированных цилиндрических оболочек, соосных продольной оси глушителя.

Глушитель [22] имеет достаточно высокие показатели эффективности снижения уровня звука выстрела, однако ему присущ ряд недостатков.

Он содержит значительное количество сложных конструктивных элементов. Сложна также технология сборки глушителя, которая не дает гарантии сохранения внутренней геометрии преобразователя энергии пороховых газов – надежной стыковки всех элементов и их соосности. Такой глушитель имеет достаточно большую массу, что нарушает балансировку оружия.

Кроме того, ему присуща непредсказуемая и сложная температурная деформация в случае интенсивной стрельбы, что может привести к отклонению продольной оси глушителя от прямолинейности и увеличению рассеивания

до недопустимых значений. На эффективность работы такого глушителя негативно влияет также явление "схватывания" элементов преобразователя энергии между собой и с корпусом глушителя из-за попадания на контактирующие поверхности смеси расплавленных частиц металла конструкции глушителя, образовавшихся за счет эрозии, и несгоревших частиц пороха (сажи). Это изменяет геометрические характеристики проточной части глушителя и делает практически невозможной его разборку с целью технического обслуживания. Сложность конструкции глушителя приводит к ухудшению его технических, эксплуатационных и стоимостных характеристик.

Предложенная авторами конструкция глушителя заявлена в качестве изобретения [23]. На рис. 2 приведена расчетная геометрическая схема разработанного глушителя, на рис. 3 – продольный разрез глушителя в варианте его выполнения, когда перфорационные отверстия центральной трубки имеют разную форму, а на рис. 4 – вариант конструкции с одинаковыми перфорационными отверстиями цилиндрической формы.

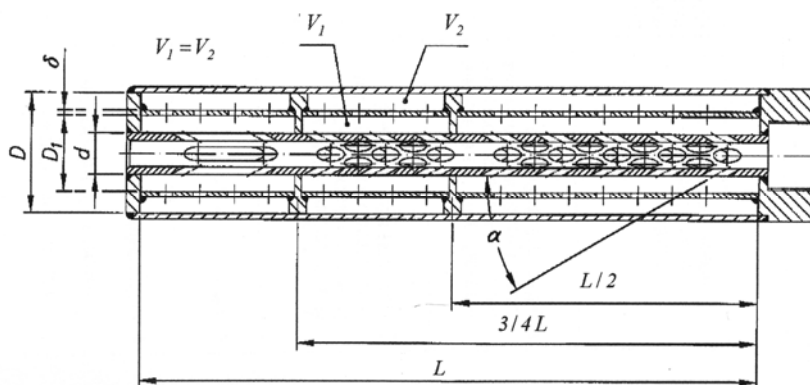


Рис. 2

На рис. 4 б показана конструкция промежуточного элемента при изготовлении глушителя – переднего фланца с узлом крепления глушителя к стволу оружия и закрепленной к фланцу центральной перфорированной трубки; на рис. 4 в – преобразователь энергии в сборе, который включает все детали конструкции глушителя, кроме полого цилиндрического корпуса.

На расчетной геометрической схеме (рис. 2) приведены значения основных размеров, которые характеризуют глушитель предложенной конструкции. Глушитель содержит узел крепления к стволу оружия с передним фланцем 1; цилиндрический полый корпус 2; выходной фланец 3; поперечные перегородки 4, 5, образующие расширительные камеры I, II, III, и отрезки осесимметричных цилиндрических оболочек 6, 7, 8, которые перфорированы сквозными отверстиями 9; центральную трубку 10 с перфорирующими отверстиями 11, 12 и 13.

Корпус глушителя, фланцы, перегородки, отрезки осесимметричных цилиндрических оболочек и центральная трубка жестко связаны между собой неразъемными соединениями, например сваркой, что обеспечивает дополнительное улучшение эксплуатационных, весовых и стоимостных характеристик глушителя.

Известные конструкции подобного типа имеют избыточное количество поперечных перегородок, а также отрезков осесимметричных цилиндриче-

ских оболочек. Как показано в [15] и подтверждено в [24], использование в конструкции глушителя более двух перегородок, образующих три расширительные камеры, нецелесообразно, потому что не приводит к соответствующему улучшению эффективности снижения уровня звука выстрела, а только усложняет конструкцию глушителя и увеличивает его массу и стоимость изготовления.

Экспериментальные исследования и теоретические расчеты показали, что наиболее оптимальным является размещение первой перегородки на расстоянии от внутренней плоскости переднего фланца, составляющем половину длины корпуса глушителя, а второй – на расстоянии трех четвертей длины. При таком размещении перегородок наблюдается наивысшая эффективность снижения уровня звука выстрела глушителем предложенной конструкции.

Наличие в конструкции глушителя центральной трубки, перфорированной отверстиями, значительно повышает эффективность превращения энергии пороховых газов выстрела – на отверстиях образуются конические эллиптические струи, которые обеспечивают интенсивное перемешивание газа и преобразование его энергии. На этих отверстиях происходит также явление дросселирования давления – его падение в результате протекания через отверстия. Наклон продольных осей перфорационных отверстий центральной трубки – от 20° до 50° к образующей и внешней поверхности, выбран из условий обеспечения максимально быстрого и эффективного заполнения расширительных камер потоком газов через эти отверстия, в частности с учетом значения максимального угла, на который без срыва может повернуться сверхзвуковой поток, движущийся у стенки [25].

Перфорация центральной трубки выполнена на участках, которые размещаются в расширительных камерах, что повышает эффективность преобразования энергии пороховых газов.

Внешняя поверхность центральной трубки, отрезки осесимметричных цилиндрических оболочек и внутренняя поверхность корпуса глушителя образуют две концентрические полости V_1 и V_2 (рис. 2), которые по длине разделены поперечными перегородками.

Расчеты и экспериментальные исследования показали, что для достижения максимальной эффективности снижения уровня звука выстрела глушителем предложенной конструкции объемы этих полостей должны быть равными.

Имея это в виду, из условия $V_1 = V_2$, запишем

$$\left(\frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) L = \left[\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (D_1 + 2\delta)^2}{4} \right] L ,$$

откуда следует

$$D_1 = \sqrt{\frac{D^2 + d^2}{2} - \delta^2} + \delta ,$$

причем

$$d = (1,25 - 1,3)d_0 ,$$

где d_0 – калибр оружия, выбранный из условия минимально возможного значения толщины стенки центральной трубки, при котором она ещё не разрушается и сохраняется её форма в условиях интенсивной стрельбы.

Такая конструкция глушителя гарантирует получение высокой эффективности снижения уровня звука выстрела для оружия разного калибра, в том числе с высокоэнергетическими патронами, что характерно для снайперской стрельбы, и максимально увеличивает вероятность того, что при стрельбе очередями, которая приводит к значительным температурным и силовым нагрузкам на глушитель, его характеристики позволят обеспечить эффективное поражение целей.

Глушитель работает таким образом. При прохождении пули по стволу оружия со сверхзвуковой скоростью впереди неё образуется отошедшая ударная волна. Через узел крепления глушителя к стволу оружия она достигает внутреннего объема глушителя. За пулей со сверхзвуковой скоростью движутся пороховые газы, имеющие высокую температуру и давление, незначительная часть которых прорывается между каналом ствола и пулей и обгоняет её.

Когда пуля входит в глушитель и движется по центральной трубке, пороховые газы, следующие за ней, через отверстия 11 заполняют внутреннюю полость расширительной камеры I, причем при прохождении через перфорирующие отверстия центральной трубки они дросселируются, а на выходе из отверстий образуются конические эллиптические струи, которые интенсивно взаимодействуют между собой. Одновременно происходит переток газов, заполняющих внутреннюю полость расширительной камеры I, через отверстия 9 во внешнюю полость этой камеры. При таком перетоке также наблюдается дросселирование газа на отверстиях 9 оболочки 8, а также образование конических струй, которые перемешиваются между собой во внешней полости расширительной камеры I.

При переходе пули в расширительную камеру II газодинамические явления, происходящие в камере I, повторяются в камере II с меньшей интенсивностью.

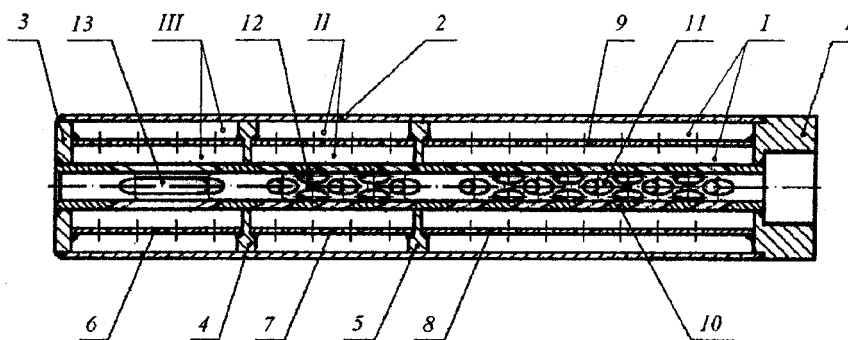


Рис. 3

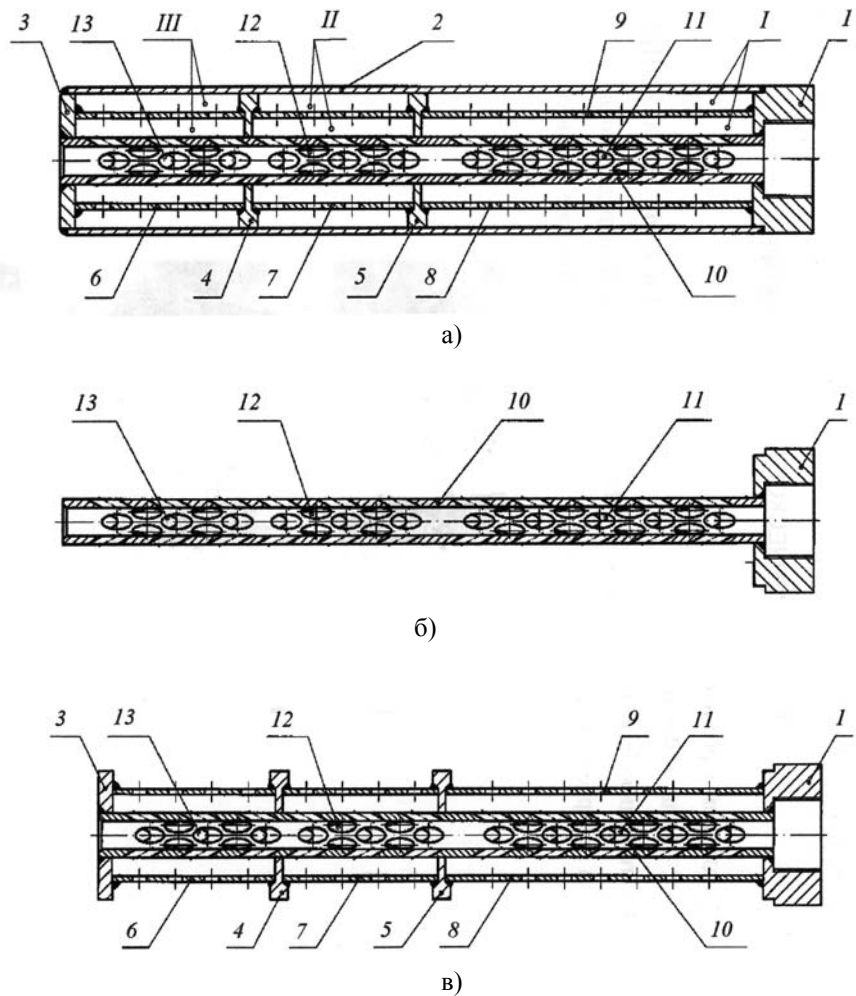


Рис. 4

Такой же характер имеют газодинамические явления и в расширительной камере III. Организованные таким образом газодинамические процессы приводят к значительному снижению давления пороховых газов, а следовательно, к повышению эффективности снижения уровня звука выстрела глушителем.

После вылета пули из глушителя газы из его внутреннего объема истекают через отверстия в отрезках осесимметричных цилиндрических оболочек и через перфорационные отверстия в центральной трубке, что приводит к дополнительной потере их энергии.

По предложенной конструктивной схеме разработана конструкторская документация на глушители для различных видов оружия (см. таблицу), были изготовлены и испытаны глушители этих модификаций.

Таблица. Глушители с преобразователем энергии пороховых газов в виде отрезков осесимметричных цилиндрических оболочек.

№ п/п	Наименование, тип оружия, калибр	Конструктивная схема	Массогабаритные характеристики (диаметр, длина, масса), крепление, размеры центрального канала (ЦК)	Конструктивные особенности исполнения прибора снижения уровня звука выстрела, материал
1	ПСУЗВ-99-5,45 Автомат АК-74, калибр 5,45 мм		Ø38×200 мм m = 0,550 кг M24×1,5 ЦК Ø7,5×179 мм	3 камеры. Отверстия в центральной трубке и цилиндрической оболочке: в камере 1 – 24 отв. Ø4 мм, 30 отв. Ø4 мм; в камере 2 – 24 отв. Ø4 мм, 30 отв. Ø4 мм; в камере 3 – 4 паза 4×40 мм, 30 отв. Ø4 мм; Трубка, перегородки, крышка – 12X18Н10Т. Гильза, втулка – 08X18Т1.
2	ПСУЗВ-9901-5,45 Автомат АК-74, калибр 5,45 мм		Ø38×200 мм m = 0,550 кг M24×1,5 ЦК Ø7,5×179 мм	3 камеры. Отверстия в центральной трубке и цилиндрической оболочке: в камере 1 – 24 отв. Ø4 мм, 12 отв. Ø6 мм; в камере 2 – 24 отв. Ø4 мм, 12 отв. Ø6 мм; в камере 3 – 4 паза 4×40 мм, 12 отв. Ø6 мм. Трубка, перегородки, крышка – 12X18Н10Т. Гильза, втулка – 08X18Т1.
3	ПСУЗВ-103-5,45 Автомат АК-74, калибр 5,45 мм		Ø38×208 мм m = 0,590 кг M24×1,5 ЦК Ø7,5×187 мм	Штуцер А15. Отверстия в центральной трубке (из ПСУЗВ-99) и цилиндрической оболочке: в камере 1 – 24 отв. Ø4 мм, 12 отв. Ø6 мм; в камере 2 – 24 отв. Ø4 мм, 12 отв. Ø6 мм; в камере 3 – 4 паза 4×40 мм, 12 отв. Ø6 мм. Штуцер, трубка, перегородки, крышка – 12X18Н10Т. Гильза, втулка – 08X18Т1. Шайба – 65Г-С-0,8.
4	ПСУЗВ-116-5,56 Карабин MR 223, калибр 5,56 мм		Ø38×250 мм m = 0,800 кг M15×1 ЦК Ø7,0×150 мм	3 камеры. Отверстия в центральной трубке и цилиндрической оболочке: в камере 1 – 20 отв. Ø4 мм, 30 отв. Ø4 мм, в камере 2 – 20 отв. Ø4 мм, 30 отв. Ø4 мм, в камере 3 – 4 паза 4×40 мм, 30 отв. Ø4 мм. Рассекатель – 12X18Н10Т. Гильза, втулка – 08X18Т1.
5	ПСУЗВ-130-7,62 САЙГА МК-01, калибр 7,62 мм		Ø38×208 мм m = M24×1,5 ЦК Ø9,0×187 мм	Труба в трубе, трубка с отверстиями, перегородки с отверстиями, отверстия в гильзе. Шайба, штуцер А=15. 3 камеры, центральная трубка Ø9,0×187 мм: в камере 1 – 24 отв. Ø4 мм, 12 отв. Ø6 мм; в камере 2 – 24 отв. Ø4 мм, 12 отв. Ø6 мм; в камере 3 – 4 паза 4×40 мм, 12 отв. Ø6 мм. Крышка, кольцо, трубка, штуцер – 12X18Н10Т. Втулка – труба 25×1,5 мм 08X18Т1. Гильза – труба 38,1×1,65 мм 08X18Т1. Шайба – 65Г-С-0,8.

На фотографии (рис. 5) приведен внешний вид одной из конструкций глушителя до его окончательной сборки. Составляющие элементы конструкции: 1 – корпус; 2 – центральная перфорированная трубка с узлом крепления к стволу оружия; 4, 6, 8 – отрезки цилиндрических осесимметричных оболочек; 3 – передний фланец; 5, 6 – поперечные перегородки.

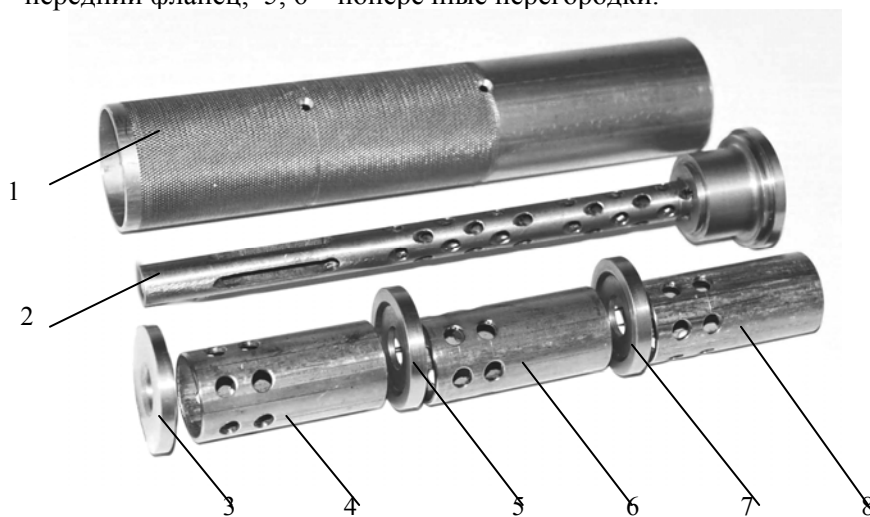


Рис. 5

На рис. 6 приведен внешний вид двух типов ПСУЗВ (приборов снижения уровня звука выстрела) – глушителей, преобразователи энергии которых содержат отрезки перфорированных осесимметричных цилиндрических оболочек, установленных соосно корпусу глушителя, наружный диаметр которых меньше его внутреннего диаметра.



ПСУЗВ-9901-5,45



ПСУЗВ-116-5,56

Рис. 6

Проведенные натурные испытания показали высокую эффективность разработанных конструкций, в том числе при стрельбе высокоэнергетичными боеприпасами. Эффективность снижения уровня звука выстрела разработанных глушителей не уступала лучшим зарубежным образцам разработки фирм США и Финляндии. Установка глушителя не оказывала отрицательного влияния на меткость и кучность стрельбы, которые не зависели от режима огня – единичных выстрелов или интенсивной стрельбы. Балансировка оружия сохранялась, отсутствовали вспышка и поток газов по направлению к стрелку.

Таким образом, разработанная авторами конструкция глушителя проста, технологична, позволяет использовать высокоэнергетичные патроны и ведение интенсивной стрельбы очередями, имеет высокие показатели по критерию эффективность/цена, приемлемые массогабаритные характеристики. Может использоваться со стрелковым оружием различного назначения, особенно эффективна для снайперской стрельбы.

Необходимо продолжение работ по ее совершенствованию, в частности, оптимизации конструктивных особенностей и параметров под конкретный вид оружия и боеприпаса.

1. Доклад нациоанльного разведывательного совета США "Глобальные тенденции-2025" / Зарубежное военное обозрение. – 2008. – №12. – С. 104.
2. Рост военных расходов в мире в ближайшее время сохранится / Зарубежное военное обозрение. – 2009. – №6. – С. 79.
3. Славин С. Н. Абсолютное оружие будущего / С. Н. Славин. – М.: Вече, 2006. – 480 с.
4. Макнаб К. Оружие уничтожения XXI века. Регулярные войска, полиция и террористы / Крис Макнаб, Хантер Китер. – М.: Эксмо, 2009. – 464 с.

5. Генеральный секретарь ООН озабочен оборотом стрелкового оружия / Зарубежное военное обозрение. – 2008. – №7. – С. 77.
6. Калинин Б. Разработки индивидуальных комплексов стрелкового оружия за рубежом / Б. Калинин // Зарубежное военное обозрение. – 2006. – №12. – С. 26 – 34.
7. Калинин Б. Разработки индивидуальных комплексов стрелкового оружия за рубежом / Б. Калинин // Зарубежное военное обозрение. – 2007. – №1. – С. 35 – 39.
8. Федосеев С.Л. Снайперские винтовки / С. Федосеев. – М. : Яуза, Эксмо, 2009. – 320 с.
9. http://www.armg-guide.com/rus/article_911.html
10. Секулич М. Н. Снайперская стрельба / М. Н. Секулич. – М. : ЗАО "Издательский дом "ГЕЛЕОС", 2003. – 398 с.
11. Миллер Д. Снайпер / Д. Миллер. – Мн. : Харвест, 2004. – 384 с.
12. Шунков В. Н. Энциклопедия новейшего стрелкового оружия / В. Н. Шунков. – М. : "АСТ", Минск. : "Харвест", 2006. – 560 с.
13. Ардашев А. Н. Оружие спецназа / А. Н. Ардашев, С. Л. Федосеев. – М. : Яуза, Эксмо, 2008. – 608 с.
14. Патент №1173687 США на изобретение Firearm, Eugene W. Thompson. – 34.188, заявлено 15.06.1915, опубликовано 29.02.1916.
15. Коновалов Н. А. Ручное огнестрельное оружие бесшумного боя. Приборы снижения уровня звука выстрела из автоматов. Проектирование и экспериментальная отработка / Н. А. Коновалов, О. В. Пилипенко, А. Д. Скорик, Ю. А. Кваша, В. И. Коваленко. – Днепропетровск : Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, 2008. – 303 с.
16. Paulson Alan C. Silencer. History and Performance, Volume 1, Sporting and Tactical Silencers, USA, Boulder, Colorado, Paladin Press, 1996. – 412 p.
17. <http://www.silencertalk.com/forum/viewtopic.php?t=49773&start>
18. Патент №5164535 США на изобретение, МПК⁷ F41A 21/30 Gun Silencer, John D. Leasure. – 755634, заявлено 05.09.1991, опубликовано 17.11.1992.
19. Патент №7 207 258 США на изобретение, МПК⁷ F41A 21/10 Weapon Silencers and Related Systems, Michael V. Scanlon. – 11/009, 855, заявлено 01.11.2004, опубликовано 24.04.2007.
20. Патент №2208755 РФ на изобретение, МПК⁷ F41A 21/30 Глушитель звука выстрела, Чугунов М. В., Неугодов А. С., Перишина Т. В., Трунов А. В., Полосков Д. С., Макаров Д. И., 2002 110012 / 02 заявлено 15.04.2002, опубликовано 20.07.2003.
21. Авдеев А. Н. Разработка и исследование характеристик высокоточного снайперского комплекса на базе винтовки АВ (АВЛ) / А. Н. Авдеев, Н. А. Коновалов, О. В. Пилипенко, Н. И. Лахно, А. Д. Скорик, В. М. Эмчишиев // Техническая механика. – 2006. – №2. – С. 149 – 157.
22. Патент №6 575 074 США на изобретение, МПК⁷ F41A 21/00 Omega Firearm Suppressor, Joseph Daniel Caddini. – 10/202, 110; заявлено 23.07.2002, опубликовано 10.06.2003.
23. Заявка №а 2009 08628 на изобретение Украины, МПК⁷ F41A 21/30. Глушник звуку пострілу стрілецької зброї / Н. А. Коновалов, О. В. Пилипенко, Е. О. Пугач, А. Д. Скорик, А. Н. Авдеев, заявлено 31.08.2009.
24. Бучарский В. П. Проектирование прибора малошумной стрельбы методами многочисленного моделирования / В. П. Бучарский, К. Ю. Добрынская, В. В. Сербин, А. В. Сичевой // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2009. – №2. – С. 3 – 7.
25. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика / Г. Н. Абрамович. – М. : Наука, 1969. – 824 с.

Институт технической механики
НАН Украины и НКА Украины,
Днепропетровск

Получено 12.02.10,
в окончательном варианте 12.02.10