

## ГЛУШИТЕЛИ ЗВУКА ВЫСТРЕЛА СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ С УПРУГИМИ ДЕФОРМИРУЕМЫМИ КОНСТРУКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В настоящей статье приведена информация о глушителях звука выстрела стрелкового оружия, в конструкции которых используются упругие деформируемые элементы, преимущественно пружины.

Приведены результаты анализа их конструктивных схем и выделены три группы глушителей по принципам и назначению используемых пружин. Выделены основные проблемы, которые необходимо решить при разработке глушителей такой конструкции. Дана информация о возможных источниках результатов, полученных для многомассовых конструктивных устройств с пружинами. Приведены сведения о современных конструкциях глушителей звука выстрела фирмы Advanced Armament Corporation (США) для оружия калибра .22LR и 9,0 мм.

Приведены сведения о наиболее популярном в настоящее время глушителе с подвижными подпружиненными перегородками MAE Kilwell Whisper.22LR (Новая Зеландия). Дана информация о разработанных авторами глушителях такой конструкции для оружия калибра 5,6 мм (в двух модификациях) и калибра 9,0 мм. Показаны особенности экспериментальной отработки конструкции глушителя для оружия калибра 9,0 мм.

Сделаны выводы по разработанным конструкциям и приведены соображения о целесообразных направлениях продолжения работ по глушителям такого типа.

В цій статті приведено інформацію про глушники звуку пострілу стрілецької зброї, в конструкції яких використовуються пружні елементи, що деформуються, переважно пружини.

Приведено результати аналізу їх конструктивних схем та виділено три групи глушників по принципах і призначенню пружин, що використовуються. Виділено основні проблеми, які необхідно вирішити при розробці глушників такої конструкції. Дано інформацію про можливі джерела результатів, отриманих для багатомасових конструктивних пристроїв з пружинами. Приведено дані про сучасні конструкції глушників звуку пострілу фірми Advanced Armament Corporation (США) для зброї калібру .22LR та 9,0 мм.

Приведено інформацію про найбільш популярний зараз глушник з рухомими підпружиненими перегородками MAE Kilwell Whisper.22LR (Нова Зеландія). Приведено дані про розроблені авторами глушники такої конструкції для зброї калібру 5,6 мм (в двох модифікаціях) та зброї калібру 9,0 мм.

Показані особливості експериментального відпрацювання конструкції глушника для зброї калібру 9,0 мм.

Зроблено висновки по розроблених конструкціях та приведено міркування про доцільні напрямки продовження робіт по глушниках такого типу.

The paper deals with information about firearms sound suppressors using elastic deformable elements, significantly springs.

The results of analysis of their designs are presented and three groups of sound suppressors are classified by concepts and operations of the springs used. The basic problems to be solved in designing such sound suppressors are specified. The possible sources of the results for multi-mass designs with springs are examined. Current sound suppressors produced by Advanced Armament Corporation (USA) are presented for .22LR and 9.0 mm caliber firearm.

The most popular MAE Kilwell Whisper .22LR sound suppressor with movable spring-actuated baffles (New Zealand) is examined. The authors developed such design for sound suppressors suitable for 5.6mm (two modifications) and 9.0 mm caliber firearm. Special features of the development work of the sound suppressor design for 9.0 mm caliber firearm are presented.

Conclusions are made for the designs developed and lines for continuing these works are proposed.

В конструкциях глушителей звука выстрела стрелкового оружия используются упругие деформируемые элементы.

Упругими элементами называют гибкие детали, основным рабочим свойством которых является способность существенно деформироваться под нагрузкой. После снятия нагрузки упругий элемент восстанавливает свою форму и размеры [1].

Применяемые в стрелковом оружии и глушителях звука выстрела упругие деформируемые элементы – преимущественно пружины. «Основные группы пружин – возвратные, боевые, пружины выбрасывателей, пружины спусковых механизмов, пружины подавателей, буферные» [2].

Пружины, применяемые в приборах снижения уровня звука выстрела (ПСУЗВ), должны работать при неограниченно кратном вибрационном воздействии, в условиях высокой температуры и давления.

В надульных многокамерных глушителях звука выстрела стрелкового оружия с упругими деформируемыми конструктивными элементами они используются как узлы прямого поглощения звуковой энергии или дополнительные устройства рассеяния энергии либо выполняют комбинированную функцию как поглотителей энергии, так и регуляторов процессов истечения газов из корпуса глушителя.

Таким образом, анализ информации по конструктивным схемам подобных глушителей позволил выделить три типичные группы конструкций:

- с подвижными подпружиненными перегородками (рис. 1, 2);
- с дополнительными пружинными элементами (рис. 3, 4);
- с пружинными элементами, поглощающими энергию и регулируемыми истечение пороховых газов из корпуса глушителя (рис. 5).

Глушители с конструктивной схемой «Подпружиненные подвижные перегородки»

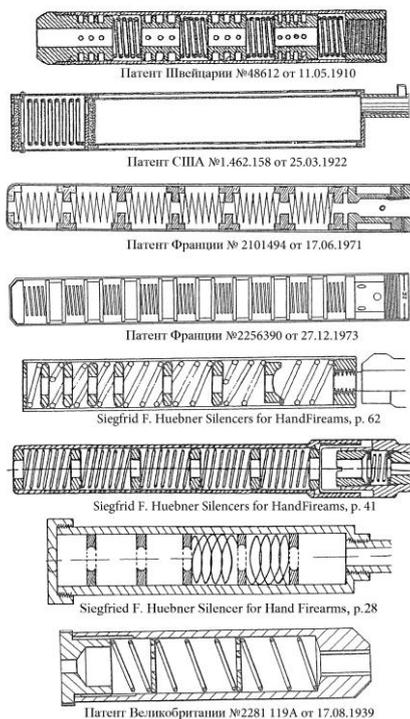


Рис. 1

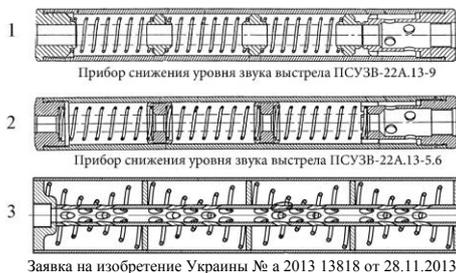


Рис. 2

ми истечение пороховых газов из корпуса глушителя (рис. 5).

Анализ приведенных на рис. 1 – 5 конструктивных схем позволяет сделать следующие выводы:

Первый известный глушитель такого типа описан в патенте Швейцарии № 48612 от 11.05.1910 (рис. 1.1).

Он имеет значительную степень заполнения полости корпуса конструктивными элементами (они почти полностью занимают её объем), незначительные деформации («ход» пружин), что обеспечивает поглощение только малой доли энергии газов выстрела этими пружинами при их полном сжатии, глушитель имеет относительно большую массу.

Более рациональную конструкцию имеют глушители с использованием подвижных перегородок и пружин сжатия по патентам Франции № 2101494 от 17.06.1971 (рис. 1.3) и № 2256390 от 27.12.1973 (рис. 1.4).

Конструктивные схемы глушителей такого типа приведены в [3, 4].

Глушители с конструктивной схемой  
«Дополнительные пружинные элементы»

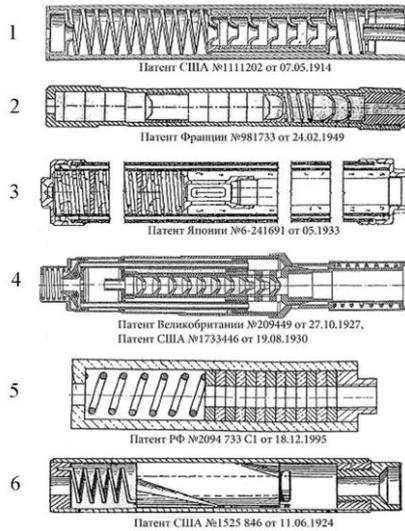


Рис. 3

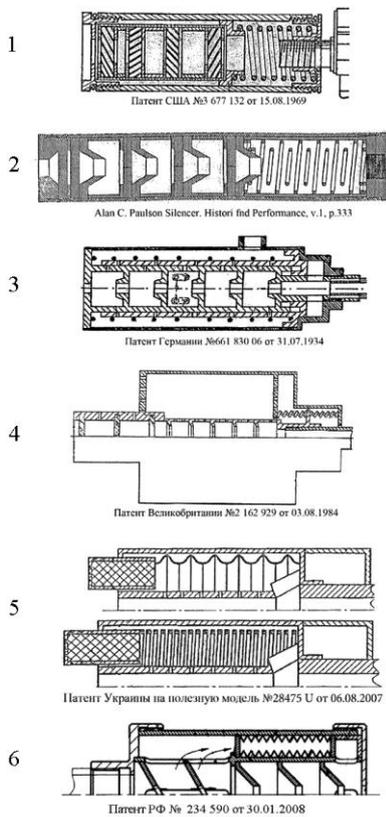


Рис. 4

Традиционная конструктивная схема глушителя с упругими конструктивными элементами (рис. 1.6 [3, 4]) имеет расположенные в полости корпуса соосно ему подвижные кольцевые перегородки, которые своей внешней цилиндрической поверхностью касаются внутренней поверхности корпуса, а между перегородками установлены цилиндрические винтовые пружины сжатия.

При проектировании глушителей звука выстрела стрелкового оружия с упругими деформируемыми конструктивными элементами, построенными по традиционной конструктивной схеме (рис. 1.6 [3, 4]), необходимо решить ряд проблемных вопросов:

– установить закономерности изменения в процессе выстрела взаимного расположения конструктивных элемен-

Глушители с конструктивной схемой  
«Упругие деформируемые элементы и регулирование истечения газов выстрела»

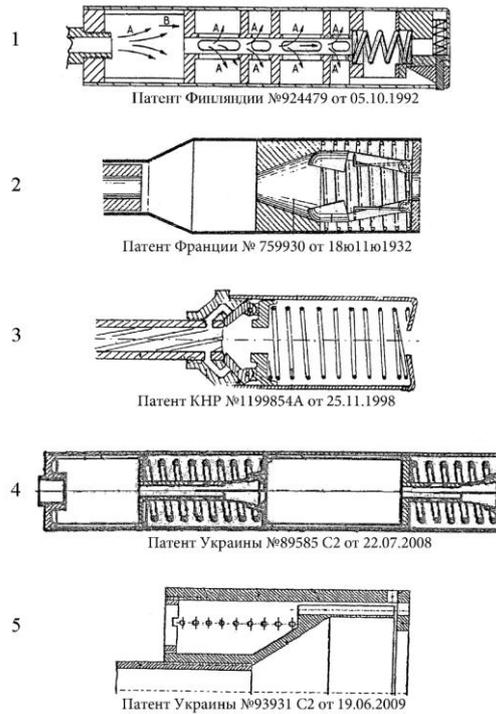


Рис. 5

тов глушителя;

– определить требуемые характеристики внутренних конструктивных элементов: форму, жесткость, длину пружин, массу, форму и размеры по-

движных перегородок;

- установить газодинамическую картину течения газов в полости корпуса глушителя, их давление и температуру и их изменения в зависимости от расположения внутренних элементов глушителя;
- оценить изменения (увеличение) эффективности снижения уровня звука выстрела за счет поглощения энергии пружинами.

В доступных авторам источниках информации сведения по упомянутым проблемам применительно к рассматриваемым глушителям звука выстрела стрелкового оружия отсутствуют.

В [5] приведена предполагаемая автором схема расположения внутренних конструктивных элементов глушителя в процессе (или в конце) прохождения пули и следующих за ней газов (рис. 6 [5]).

Однако достоверность этой схемы не подтверждена какими-либо публикациями, в основе которых лежали бы результаты теоретических расчетов, экспериментальных исследований или феноменологические модели.

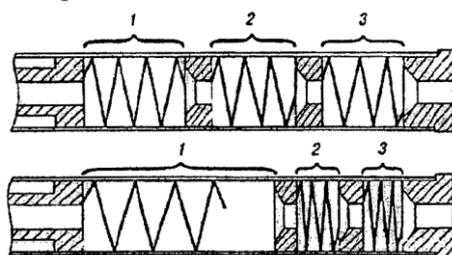


Рис. 6

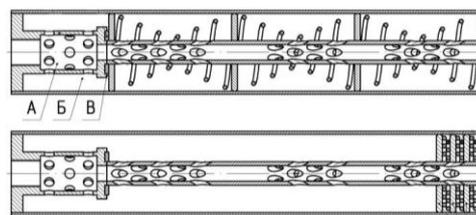


Рис. 7

Это же можно сказать и о схеме, предложенной авторами настоящей статьи (рис. 7) [6].

Основные положения о проектировании глушителей рассматриваемой конструкции можно получить из анализа источников информации, содержащих сведения о механических демпферах и амортизаторах.

В таких глушителях имеют место ударные нагрузки и поглощение энергии многомассовым амортизатором.

Полезны для наших целей результаты, приведенные в работе [7], в которой решена задача нахождения оптимальных параметров многомассовых гасителей колебаний в замкнутом виде из условия минимума перемещения главной массы.

Эти результаты при проектировании глушителей рассматриваемой конструкции дают возможность принимать решение о рациональном размещении пружин при подвижных перегородках, играющих также роль отдельных масс многомассового поглотителя энергии.

Из этой работы следует, что для двухмассового гасителя оптимальным является расположение демпфирующих устройств при обеих массах: уменьшение общего размаха составляет 83,3%, при этом демпфер, установленный только для второй массы, снижает этот показатель лишь на 28%.

Для трехмассового гасителя применение демпфирующих устройств только для первой или второй массы сравнительно малоэффективно, уменьшение составляет 40 – 49%. Лучший показатель получен для случая размещения демпферов при всех трех массах (77,8%).

Применение демпфирования только первой и третьей масс также дает значительное снижение амплитуд (65,3 и 72% соответственно). Таким обра-

зом, и такое размещение демфирующих устройств рационально.

Для рационального проектирования глушителей звука выстрела с пружинами-поглотителями энергии следует также рассматривать схемы каскадных виброизоляторов, причем мерой эффективности поглощения энергии при демпфировании колебаний считать величину  $\eta$ , равную отношению силы, действующей на основание при наличии амортизаторов, к силе, действующей при отсутствии этих амортизаторов (коэффициент виброизоляции) [8].

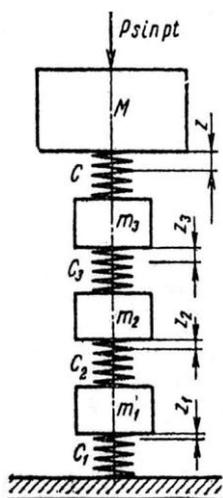


Рис. 8

Для каскадной виброизоляции со многими степенями свободы (рис. 8 [8]) для понижения  $\eta$  следует либо уменьшать жесткости упругих элементов  $C$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , либо увеличивать соответствующие массы  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  и  $M$ , что верно и для глушителей звука выстрела стрелкового оружия с подпружиненными подвижными перегородками.

Некоторые соображения о проектировании оружейных демпферов, которые могут быть полезны при расчете характеристик пружин глушителей звука выстрела рассматриваемой конструкции, приведены в работе [9].

При оценке эффективности работы глушителей рассматриваемого типа необходимо также учитывать время цикла их работы. При автоматической стрельбе оно должно быть меньше или равно времени цикла автоматики оружия [10], чтобы к началу очередного выстрела глушитель восстанавливал первоначальную внутреннюю конфигурацию.

Как правило, в глушителях используются винтовые цилиндрические пружины сжатия. Однако в процессе работы они могут терять устойчивость (выпучиваться в сторону), а по своей конструкции в предельно сжатом состоянии могут занимать высоту не менее  $H_{np} = nd$  (где  $n$  — число витков, а  $d$  — диаметр витка), однако в конструкции компактных глушителей звука выстрела эту величину желательно уменьшить. Это может быть достигнуто применением фасонных (конических и параболических пружин), проекции витков которых на опорную плоскость представляют собой архимедову или (что встречается редко) логарифмическую спираль [1, 11]. При такой конструкции пружина с круглым сечением витка может быть сжата до предельной высоты, равной диаметру проволоки  $H_{np} = d$  [1, 11].

Пружины такой конструкции представляется более предпочтительным использовать в глушителях звука выстрела стрелкового оружия, в частности из-за их предельной компактности в полностью сжатом состоянии.

По-видимому, имеет перспективу применение в качестве упругих деформируемых элементов глушителей звука выстрела стрелкового оружия волновых пружин [12, 13].

Преимущество волновых пружин состоит в том, что они значительно более компактны, чем винтовые цилиндрические, и к тому же в процессе заполнения полости глушителя газами выстрела, благодаря своей развитой пространственной конструкции, обеспечивают интенсивное дросселирова-

ние, завихрение и перемешивание истекающего газового потока.

Кроме упомянутого, у волновых пружин:

– размеры и характеристики более стабильны и точны и лучше прогнозируемы;

– по всем критериям волновые пружины дают пользователям более высокую надежность и лучшие рабочие характеристики, в том числе потому, что они изготовлены из предварительно закаленного материала, обладающего высокой твердостью, нет опасности изменения формы пружины при термообработке [12].

В настоящее время широко используются глушители звука выстрела для оружия калибра .22LR и 9 мм.

Так, ведущая компания США по разработке и производству глушителей Advanced Armament Corporation в своем проспекте-каталоге за 2013 год [14] приводит основные характеристики предлагаемых ею глушителей звука выстрела на оружие калибра .22LR ELEMENT 2™, PRODIGY™ и PILOT 2™.

В глушителе ELEMENT2™ используется набор перфорированных перегородок [15] (см. рис. 9) в количестве семи, которые фиксируются с помощью гайки с использованием специального приспособления, удаляемого после сборки глушителя. Громкость выстрела не выше громкости хлопка ладонями.

При стрельбе наблюдается неполное сгорание порохового заряда, что приводит к загрязнению и изменению формы внутренних элементов (см. рис. 10) [16].



Рис. 9



Рис. 10

Глушитель Prodigy имеет цельносварной рассекаТЕЛЬ с наклонными перегородками эллипсовидной формы (наружный контур и внутренние отверстия) для того, чтобы вписаться в цилиндрический корпус (см. рис. 11) [17, 18].



Рис. 11



Рис. 12

Глушитель PILOT 2 имеет внутреннее устройство, аналогичное ELEMENT 2 (см. рис. 12).

Звук выстрела из оружия с этим глушителем не громче, чем звук щелчка пальцами.

Характеристики глушителей фирмы AAC для пистолетов калибра 9 мм таковы:

Глушитель EVOLUTION-9 предназначен для армейских антитеррористических подразделений. Он обеспечивает полуавтоматическую работу с пистолетами Glock, Heckler&Koch, Sig Sauer и Вальтер [20].

Глушители TI-RANT разработаны для полуавтоматических пистолетов. Могут функционировать в режимах как «сухого», так и «мокрого» (с добавлением внутрь H<sub>2</sub>O). По своему внутреннему устройству не отличаются от глушителей ELEMENT 2 и PILOT 2 [21].

Как видно из приведенной информации, самые современные конструкции глушителей для оружия калибра .22LR и 9 мм не содержат подвижных элементов и каких-либо упругих деформируемых частей, а представляют собой устройства с неподвижными коническими перегородками. Однако же на рынке завоевали популярность глушители к оружию калибра .22LR MAE Kilwell Whisper .22LR производства Новой Зеландии, выполненные по традиционной конструктивной схеме глушителя с подвижными подпружиненными перегородками. Их внешний вид, конструктивная схема, изображение разобранного глушителя приведены на рис. 13, здесь же даны основные его характеристики [22].

Этот глушитель используется с оружием калибра .22LR: Auschutz, Ceska Zbrjovka, Sako, Savage и т.д.



Рис. 13 Глушитель MAE Kilwell Whisper .22LR

Производитель: Новая Зеландия.  
Калибр: .22 Long Rifle для дозвукового патрона (только).  
Материал: алюминий 6061.  
Диаметр: 25 мм. Длина 136 мм.  
Удлинение ствола: 123 мм.  
Резьба: 1/2×20UNF. Длина резьбы (минимум): 13 мм.  
Вес: 75 г.  
Патрон: .22 LR дозвуковой (только) "Низкоскоростной"; Sub-sonic.  
Покрытие порошковое: Kilwell Whisper черный, Kilwell Whisper серебряный.  
Примечание: не требует чистки.  
Подходит к оружию: Ceska Zbrojovka, Sako, Savage, Anschutz.



Рис. 14 Глушитель PCSVЗВ-20A.13-5,6

Производитель: ИТМ НАН Украины.  
Калибр: 5,6 мм.  
Материал: Al сплав, ступер из Ti сплава.  
Диаметр: 20 мм. Длина: 198 мм.  
Удлинение ствола: 190 мм.  
Присоединительная резьба: M14×1, ½-20.  
Масса: 80 г.  
Патрон калибра: 5,6 мм.  
Используется с оружием: винтовки кал. 5,6 мм, Savage 93.

Авторы настоящей статьи разработали и запатентовали ряд конструкций глушителей с упругими деформируемыми элементами (рис. 2.1, рис. 2.2, рис. 2.3, рис. 4.5, рис. 5.4, рис. 5.5). Нами также были разработаны и испытаны глушители, выполненные по традиционной конструктивной схеме – с подвижными перфорированными перегородками – для оружия калибра 5,6 мм (в двух модификациях) и оружия калибра 9,0 мм.

Их внешний вид, конструктивные схемы, вид разобранных глушителей, а также характеристики приведены на рис. 14, 15 и 16.

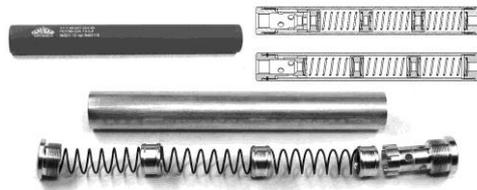


Рис. 15 Глушитель ПСУЗВ-22А.13-5,6

Производитель: ИТМ НАН Украины.  
 Калибр: 5,6 мм.  
 Материал: Al сплав, Ti штуцер.  
 Диаметр: 25 мм. Длина: 200 мм.  
 Удлинение ствола: 190 мм.  
 Присоединительная резьба: M14×1, ½-20.  
 Масса: 140 г.  
 Патрон калибра: 5,6 мм.  
 Используется с оружием: винтовки калибра 5,6 мм, Savage 64, Savage 93



Рис. 16 Глушитель ПСУЗВ-22А.13-9,0

Производитель: ИТМ НАН Украины.  
 Калибр: 9,0 мм.  
 Материал: Al сплав, штуцер из Ti сплава.  
 Диаметр: 25 мм.  
 Длина: 199 мм (штуцер утопленный), 208 мм (штуцер выступающий).  
 Удлинение ствола: 187 (196) мм.  
 Присоединительная резьба: M12×1.  
 Масса: 140 г.  
 Патрон калибра: 9,0 мм.  
 Используется с оружием: пистолет ПМ.

Глушители были изготовлены, и проведена их экспериментальная отработка. Глушители для калибра 5,6 мм показали высокую надежность работы и эффективность снижения уровня звука выстрела не менее глушителя MAE Kilwell Whisper .22LR.



Рис. 17

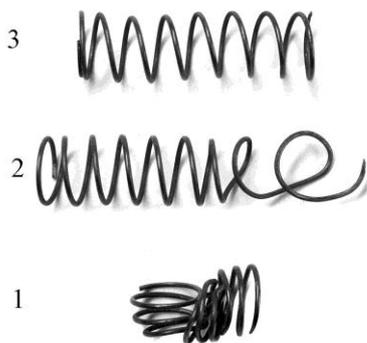


Рис. 18

Для глушителя оружия 9,0 мм в процессе экспериментальной отработки была показана необходимость доработки конструкции подвижных перегородок и пружин, так как наблюдалась недопустимая эрозия перегородок и потеря функциональных характеристик пружин. Результаты одного из испытаний приведены на рис. 17 и рис. 18. Из рис. 17 видно, что недопустимую эрозию от пороховых газов испытала первая по ходу пули перегородка (1), а вторая и третья сохранили целостность (2, 3). Пружины в первой (1) и второй (2) расширительных камерах были фактически разрушены, сохранила целостность и работоспособность только третья (3) пружина.

С учетом результатов проведенных испытаний была проведена доработка конструкции глушителя для оружия калибра 9,0 мм: заменен материал перегородок и увеличена жесткость пружины применением более прочной стали и её соответствующей термообработки. Первоначальные заложенные в конструкцию форма и размеры перегородок и пружин не изменились.

Таким образом, авторы разработали конструкцию и провели экспериментальную отработку глушителей звука выстрела стрелкового оружия с

упругими деформируемыми конструктивными элементами, которые выполнены по традиционной схеме – плоские подвижные перегородки, подпружиненные витыми цилиндрическими пружинами сжатия – и не уступают лучшему мировому аналогу. Была изготовлена и используется в ряде типов оружия серия этих глушителей. Целесообразность продолжения работ в этом направлении требует дополнительной оценки.

Необходимо, в частности, провести экспериментальные натурные стрельбы с целью определения наличия и доли энергии, поглощаемой пружинами глушителя, для чего испытать на одном оружии и боеприпасе аналогичные по конструкции глушители – один с неподвижными перегородками и другой – с такими же и так же первоначально расположенными перегородками, но подпружиненными и подвижными.

Результаты такой работы дадут возможность сделать выводы, насколько все же эффективно применение в глушителях звука выстрела стрелкового оружия подвижных подпружиненных перегородок.

1. Пономарев С. Д. Расчет упругих элементов машин и приборов / С. Д. Пономарев, Л. Е. Андреева. – М. : Машиностроение, 1980. – 326 с.
2. Бабак Ф. К. Основы стрелкового оружия / Ф. К. Бабак. – Санкт-Петербург : Полигон, 2003. – 253 с.
3. Siegfried F. Huebner Silencers for Hand Firearms / Siegfried F. Huebner. – Paladin Press, Printed in the United States of America, 1976. – 97 p.
4. Alan C. Paulson Silencers. History and Performance, Sporting and Tactical Silencers. V. 1 / Alan C. Paulson Silencers. – Paladin Press, Boulder, Colorado, 1996. – 413 p.
5. Кленкин В. Глушители / В. Кленкин // Оружие и охота. – 2001. – № 6. – С. 17 – 20.
6. Заявка на изобретение Украины а 2013 13818, МПК<sup>7</sup> F41A21/30. Глушники звуку пострілу стрілецької зброї / Коновалов Н. А., Пилипенко О. В., Скорик А. Д., Коваленко В. И.; заявник і патентоволодар Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ. – Заявл. 28.11.13.
7. Шейн А. И. Оптимизация многомассовых гасителей колебаний при гармоническом воздействии / А. И. Шейн, О. Г. Земцова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2010. – № 1(13). – С. 113 – 122.
8. Ильинский В. С. Защита аппаратов от динамических воздействий / В. С. Ильинский. – М. : Энергия, 1970. – 320 с.
9. Коновалов А. А. Удары в оружии / А. А. Коновалов. – Ижевск : Издательский дом Удмурдский университет, 2001. – 90 с.
10. Александров Е. В. Прикладная теория и расчет ударных систем / Е. В. Александров, В. Б. Соколинский. – М. : Наука, 1969. – 201 с.
11. Курендаш Р. С. Конструирование пружин / Р. С. Курендаш. – Киев, Москва : Машгиз, 1958. – 108 с.
12. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: <http://www.mirpruzhin.ru/volnovye>.
13. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: [http://www.lesjforsab.com/techishefedern/standard\\_stock\\_springs\\_catalogue\\_13\\_russian\\_id\\_1377.pdf](http://www.lesjforsab.com/techishefedern/standard_stock_springs_catalogue_13_russian_id_1377.pdf)
14. Advanced Armament Corporation Product Catalog, 2013, Lawrenceville, GA USA, 36 p.
15. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: <http://www.silencershop.com/shop/aac-element>.
16. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: <http://www.thetrhaboutguns.com2001/07/foghorn/silencer-review>.
17. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: <http://www.Silentprecision.com/#Irimfire/c85r>.
18. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: <http://www.KneseKungs.com/commtresal/Advanced-Armament-AAC>.
19. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: <http://www.Silencers-kop.com/shop/aaac-pilot>.
20. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: [http://www.translate.govglensercontent.com/-translate\\_c?depth=&hl=ru&](http://www.translate.govglensercontent.com/-translate_c?depth=&hl=ru&).
21. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: <http://www.silucershop.com/shop/aac-ti-rant-9>.
22. Электронный ресурс. Режим доступа к ресурсу: <http://www.mae.co.nz,01.10.2013>.

Институт технической механики  
Национальной академии наук Украины и  
Государственного космического агентства Украины,  
Днепропетровск

Получено 12.05.14,  
в окончательном варианте 12.05.14