

ГЛУШИТЕЛЬ С ПЕРИФЕРИЙНЫМ ЛАБИРИНТНО-ВИХРЕВЫМ КОНТУРОМ ОТВОДА ГАЗОВ

Цель работы, результаты которой представлены в настоящей статье, заключается в создании нового прибора снижения уровня звука выстрела стрелкового оружия с периферийным лабиринтно-вихревым контуром отвода газов.

Рассмотрено распределение потока пороховых газов внутри прибора такого типа при выстреле. Показаны особенности схемных решений, описана конструкция внутренних составных элементов с указанием влияния на эффективность работы в зависимости от вариантов их исполнения.

Приведены технические характеристики созданных приборов, свидетельствующие об их компактности и надежности, высокой эффективности снижения уровня звука выстрела, не уступающей зарубежным аналогам.

Сделан вывод о целесообразности использования и перспективах разработки новых приборов снижения уровня звука выстрела с периферийным лабиринтно-вихревом контуром отвода газов.

Мета роботи, результати якої представлени в цій статті, полягає в створенні нового приладу зниження рівня звуку пострілу стрілецької зброй з периферійним лабірінто-вихровим контуром відведення газів.

Розглянуто розподіл потоку порохових газів всередині приладу такого типу при пострілі. Показано особливості схемних рішень, описано конструкцію внутрішніх складових елементів та вплив на ефективність роботи в залежності від варіантів їх виконання.

Наведено технічні характеристики створених приладів, які свідчать про їх компактність і надійність, високу ефективність зниження рівня звуку пострілу, не нижчу ніж у зарубіжних аналогів.

Зроблено висновок про доцільність використання та перспективи розробки нових приладів зниження рівня звуку пострілу з периферійним лабірінто-вихровим контуром відведення газів.

The goal of the study whose results are presented in the paper was to develop a new sound suppressor for small arms using a periphery labyrinth-vortex profile for diverting the gases.

Distributions of powder gases flows within this sound suppressor when shooting are examined. The special features of schemes of solutions are presented, and the design of inner components is described based on the effects on the operational effectiveness in relation to their modifications.

Specifications of the sound suppressors developed are presented resulting in their compact form and reliability, highly efficient silencing the report comparing well with the foreign counterparts.

Inferences about an appropriate use and the prospects of the development of new sound suppressors with the periphery labyrinth-vortex profile for diverting the gases are made.

Ключевые слова: глушитель звука выстрела, периферийный лабиринтно-вихревой контур отвода газов, снижение уровня звука выстрела.

Разработка и постановка на вооружение индивидуальных комплексов стрелкового оружия в России, США, Великобритании, Германии, Франции, Бельгии, Италии, Израиле, Австралии и других странах продолжается [1].

В первой половине XXI века роль стрелкового оружия в военных, полицейских и антитеррористических акциях не уменьшится, а следовательно сохранится потребность в приборах снижения уровня звука выстрела (ПСУЗВ) огнестрельного оружия (глушителях). Конструкции ПСУЗВ постоянно совершенствуются. Цель настоящей работы заключается в создании нового глушителя с периферийным лабиринтно-вихревым контуром отвода газов.

Эффективность снижения уровня звука выстрела глушителем зависит от степени расширения истекающих из ствола газов, снижения их давления и температуры и определяется характером процессов, происходящих в его полости и на выходе в окружающее пространство. В [2 – 5] обобщены результаты исследований термогазодинамических процессов на выходе из ствола: рассмотрены математические модели, методы и результаты расчетов и экспериментальных исследований характеристик процесса. Уточнены некоторые особенности процесса и предложена многостадийная картина его развития.

Анализ разработанных нами конструкций глушителей позволил обобщить и выделить в их конструкции три основные функциональные части, присутствующие практически во всех этих устройствах: входная, средняя и выходная. В каждой из этих частей в максимальной степени должны использоваться физические принципы, которые приводят к изменению основных характеристик газового потока (температуры, давления и скорости), что в конечном итоге приводит к уменьшению величины проявления звука выстрела.

Входная часть обычно конструктивно реализована в виде расширительной камеры большого объема, в которой пороховые газы, характеризующиеся высокой температурой и давлением, проходят первичное расширение, теряя свою скорость и энергию, уменьшая давление в проходном канале.

Практическая реализация этой части конструкции глушителя может иметь разные технические решения, например асимметричные элементы, обеспечивающие интенсивное отклонение газового потока на периферию корпуса внутрь внешней коаксиальной камеры, которая увеличивает турбулентность и, как следствие, приводит к улучшению технических характеристик устройства в целом.

Средняя часть реализована в виде последовательных дополнительных камер, в которых газовый поток путем удлинения его пробега, последующей турбулизации, организации встречных противопотоков, столкновений, отражений, задержек претерпевает ряд изменений термодинамических характеристик потока, что приводит к уменьшению уровня звука выстрела.

Выходную часть выполняют в виде разных оригинальных конструктивных решений, направленных на достижение постепенного, с задержками, пролонгированного во времени истекания пороховых газов из устройства.

Решение поставленной задачи достигается исследованием конструктивной схемы, представленной в патенте Украины на изобретение [6].

Существенные отличительные признаки в конструкции созданного ПСУЗВ – необходимость организации встречного потока пороховых газов перед их выходом из корпуса глушителя с целью получения ударных волн в газовом потоке путем столкновения встречного сверхзвукового газового потока с основным, который натекает на внутреннюю поверхность передней крышки.

Столкновение встречного и основного потоков приводит к повышению эффективности превращения энергии пороховых газов в тепловую и, таким образом повышению эффективности глушения.

Конструктивная схема выходной части глушителя и газодинамическая картина течения встречного и основного потоков по патенту [6] представлена на рис. 1 а, б, в, а конструкция передней крышки – на рис. 1 г, д.

Конструкция расширительных камер ПСУЗВ обеспечивает уменьшение и изменение характера шума, а также изменение характера интенсивности демаскирующих факторов выстрела в видимой и инфракрасной областях.

Глушитель с периферийным лабиринтно-вихревым контуром (ПЛВК) [7] отвода газов (рис. 1) состоит из корпуса 1, сепаратора с центральными отверстиями для пролета пули 7; между сепаратором и корпусом образована первичная расширительная камера 6; корпус представляет собой полый цилиндр, в передней части которого закреплена крышка 2, зубчатый венец 3 и вторичная расширительная камера 8. В задней части корпуса расположен резьбовой штуцер 5 для крепления ПСУЗВ на стволе оружия. Установленная на оси

корпуса вставка 4 выполнена как единое целое и объединяет в себе соосный корпусу сепаратор 7, вторичную расширительную камеру 8 и выполненный по ее внешней поверхности ПЛВК отвода газов 10; вставка приварена опорной поверхностью на выступ корпуса и зафиксирована передней крышкой; первичная расширительная камера образована внутренним пространством корпуса, ограниченным вставкой и штуцером; передняя крышка снабжена соосным каналу ствола газоводом 9 и газопроходными отверстиями 12, сообщающимися с периферийным лабиринтно-вихревым контуром.

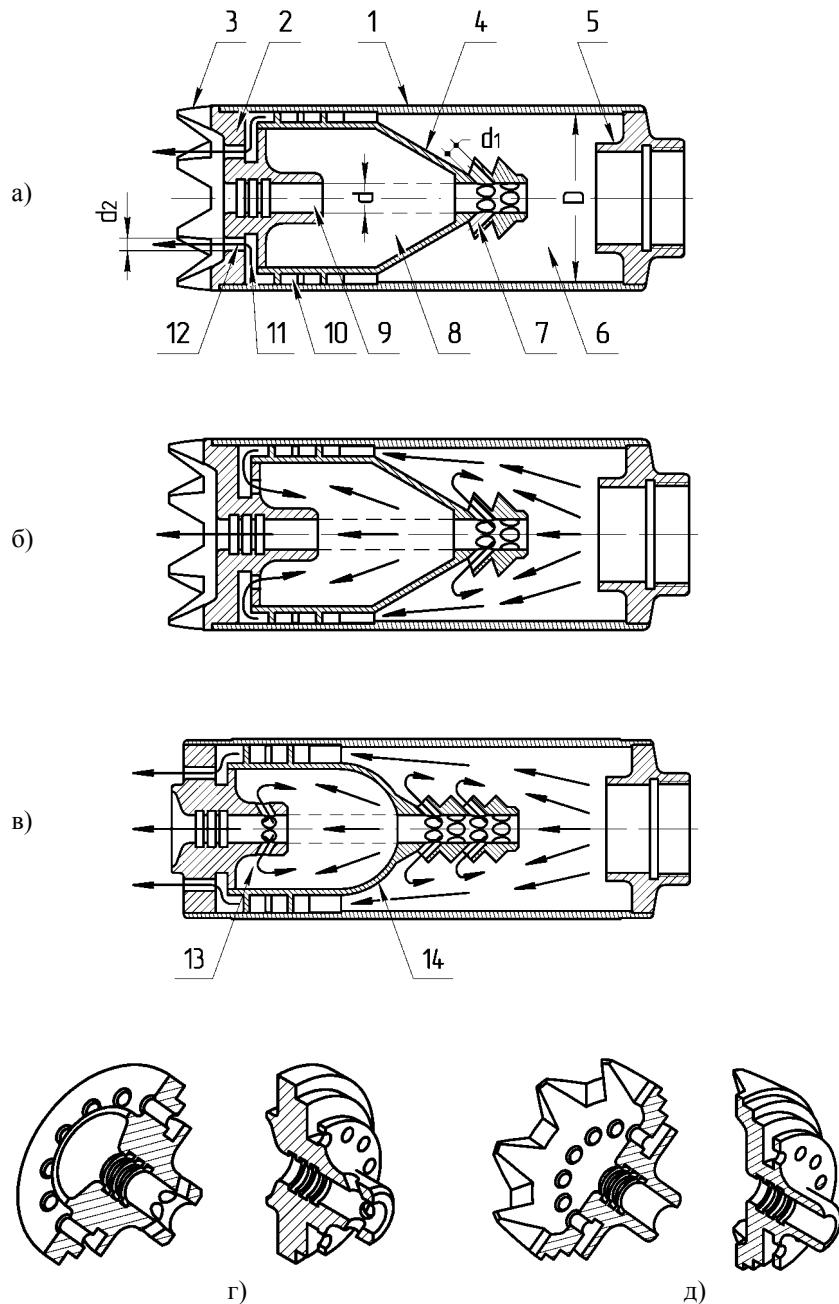


Рис. 1 – Конструкция ПСУЗВ с периферийным лабиринтно-вихревым контуром отвода газов

Повышение эффективности снижения звука выстрела в глушителях с ПЛВК достигается за счет:

- увеличения объема истекающих в единицу времени из ствола газов и, как следствие, интенсивного снижения их давления и температуры;
- разделения потока газов на центральный и периферийный, что влечет за собой снижение их кинетической энергии;
- растягивания фазы выстрела, возникающего от задержки во времени между выходом в окружающую среду газов центрального и периферийного потоков;
- рассеивания звука, достигаемого за счет расположенных по периферии передней крышки газопроходных отверстий, сообщающихся с ПЛВК.

Отрицательное воздействие на стрелка и механизмы оружия продуктов сгорания порохового заряда в данном приборе сводится к минимуму за счет:

- малой площади прямого отражения (1-го ребра ПЛВК) и относительно большой его удаленности от дульного среза;
- двойного сброса газов, исключающего накапливание продуктов сгорания порохового заряда от выстрела к выстрелу;
- объема первичной расширительной камеры, который многократно превышает малый объем канала ствола (в 15 – 18 раз).

Большинство подобных изделий имеют дополнительный сброс газов из основного объема, помимо центрального, соосного каналу ствола. В данном приборе периферийный поток изолирован от вторичной расширительной камеры и отсутствуют обтюрирующие элементы и термопоглотители.

Глушитель звука выстрела работает следующим образом (рис. 1 а, б, в).

Пороховые газы из канала ствола оружия попадают в первичную расширительную камеру 6, где расширяются. Дойдя до входа в газовод-сепаратор 7, размещенный соосно каналу ствола в первичной расширительной камере 6, газы разделяются на центральный и периферийный поток, и периферийный поток продолжает движение по первичной расширительной камере 6 вдоль внешней стенки газовода-сепаратора 7, вытесняя при этом воздух или газы от предыдущего выстрела через периферийный лабиринтно-вихревой контур 10. Достигнув первого ребра периферийного лабиринтно-вихревого контура 10, газы частично проходят через наклонные пазы и завихряются. Проходя через следующие ребра лабиринтно-вихревого контура 10, имеющие попарно пазы разных направлений, газы теряют скорость и выходят наружу через газопроходные отверстия 12 передней крышки 2 с задержкой относительно газов центрального потока.

По мере продвижения газов через лабиринтно-вихревой контур 10, помимо снижения скорости их истечения за счет неоднократного изменения направления движения, снижается также их давление и температура. При этом следует учесть, что суммарная площадь сечения пазов ребер лабиринтно-вихревого контура 10 больше, чем площадь входного отверстия газовода-сепаратора 7. Часть газов периферийного потока, не прошедшая в лабиринтно-вихревой контур 10, отражается от плоскости 1-го ребра и, создав тем самым противодавление, замедляет движение остальных газов в первичной расширительной камере 6. Центральный поток (меньшая часть газов, т. к. площадь входного отверстия газовода составляет ~ 3,5 % от площади сечения первичной расширительной камеры 6) проходит в газовод-сепаратор 7, следуя за пулей. Учитывая, что в области канала газовода-сепаратора 7 скорость

газов выше скорости пули, за пулей образуется зона уплотнения газа, в результате чего возникает разница давлений между внутренним объемом первичной расширительной камеры 6 и запульным пространством газоводо-сепаратора 7. Благодаря этому газы активно стравливаются из газоводо-сепаратора 7 в первичную расширительную камеру 6 через наклонные отверстия по мере продвижения пули по газовому-сепаратору 7.

Так происходит первичное за цикл разделение потока газа на центральный и периферийный с раздельным сбросом. Затем оставшаяся часть газов центрального потока проходит во вторичную расширительную камеру 8, где расширяется. Достигнув входа в газовод 9 области передней крышки 2, газовый поток вновь разделяется, второй раз за цикл [6]. Большая часть газов при заполнении вторичной расширительной камеры 8 отражается от передней крышки 2, создавая противодавление.

Наличие в конструкции глушителя центральной перфорированной трубки 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 падение давления газов в результате протекания через отверстия в боковой поверхности центральной трубы.

Диаметр проходного отверстия центральной трубы d определяется калибром оружия d_0 , а также из условия минимально возможного значения толщины стенки центральной трубы, при котором она ещё не разрушается и сохраняется её форма в условиях интенсивной стрельбы. Он равен

$$d = (1,25 - 1,3) \cdot d_0.$$

Внешний диаметр внутренней трубы составлял примерно $d + 2 \cdot \delta_{cm}$, где δ_{cm} – толщина стенки трубы.

Отверстия в трубке равномерно расположены по ее длине и имеют конфигурацию, показанную на рис. 1.

Минимальный диаметр отверстий во внутренней трубке составляет 40 % – 50 % от диаметра продольного внутреннего отверстия трубы.

Наклон продольных осей перфораций центральной трубы – 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 [1].

Перфорации центральной трубы 14 (рис. 1) выполнены на участках, которые размещаются в расширительных камерах, что повышает эффективность преобразования энергии пороховых газов [8].

В таблице 1 приведены геометрические соотношения размеров центральной трубы для двух калибров оружия.

Расстояние между осями соседних отверстий на боковой поверхности центральной трубы предпочтительно иметь в 1,6 раза больше диаметра отверстия.

Таблица 1

Калибр оружия, мм	Внешний диаметр центральной трубы, мм $d_{внеш}$	Внутренний диаметр трубы, мм d
5,45	10,5 – 11,0	7,5
7,62	12,5 – 13,0	9,5

Часто, когда ПСУЗВ присоединяется к огнестрельному оружию, штык присоединить нельзя. В этом случае необходимо иметь ПСУЗВ, который возможно применять для самообороны в рукопашном бою и для выполнения полицейской деятельности, например при выбивании окон и очистке от стекол, а также прокалывании шин автомобилей.

На рис. 2 изображен глушитель, у которого передняя крышка сопряжена с зубчатым венцом. Зубчатый венец может иметь любое количество выступов, в приведенном варианте – восемь. Выступы могут быть острыми стержнями, зубцами и т. д. Форма зуба должна быть такой, чтобы причинить вред или вывести из строя противника во время рукопашного боя.



Рис. 2 – Глушитель с зубчатым венцом на передней крышке

Длина выступов может составлять 5,0 – 8,0 мм. На рис. 3 показана геометрия зубьев, которые имеют внешнюю и внутреннюю поверхности. Внешняя поверхность может быть наклонена внутрь под углом (угол А) приблизительно 10 градусов относительно линии, которая параллельна продольной оси глушителя. Внутренняя поверхность может иметь наклон 30 градусов относительно той же линии (угол С). Выступы расположены приблизительно на расстоянии 5,0 – 6,0 мм друг от друга по окружности крышки (через 45 градусов). Как видно из рис. 3, крышка имеет 6 (или 12) газопорходных отверстий (9), предназначенных для ускоренного выпуска газов периферийного потока [9].

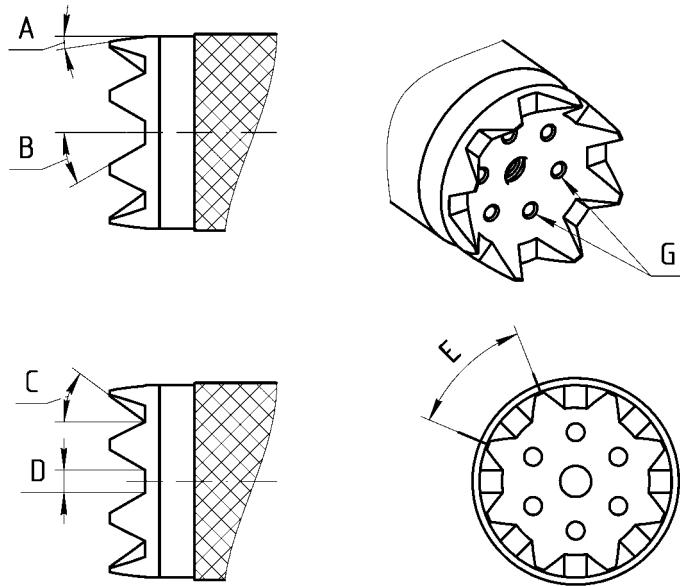


Рис. 3 – Геометрия зубчатого венца

На рис. 4 представлена фотография огнестрельного оружия типа M4/M16 с глушителем, имеющим зубчатый венец. Технические данные этого глушителя приведены в таблице 2.



Рис. 4 – Огнестрельное оружие с глушителем [9]

Таблица 2

Наименование	Mini Monster	ПГ-01Т.14-5,45
Калибр, мм	5,56	5,45
Масса, г	400	299
Диаметр, мм	38	45
Длина глушителя, мм	133	130
Снижение уровня звука, дБ	до 134	до 132

В таблице 2 приведены технические характеристики созданного авторами статьи прибора в сравнении с характеристиками прибора, выпущенного фирмой Serefir [9].

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

В модели ПСУЗВ с расположением по периферии передней крышки газопроходных отверстий (рис. 1 а), сообщающихся с лабиринтно-вихревым контуром отвода газов, при выстреле прорыва пламени и искр не наблюдалось, незначительное пламя было замечено у центрального проходного отверстия.

Во второй модели (рис. 1 б), когда газопроходные отверстия сообщались со вторичной расширительной камерой, при выстреле наблюдалось значительное пламя, выходящее через центральное отверстие.

Из результатов проведенных натурных испытаний созданных приборов с использованием боеприпасов различной энергетики следует:

- эффективность снижения уровня звука выстрела, обеспечиваемая глушителем, соответствует этому показателю для лучших ранее разработанных приборов снижения уровня звука выстрела при сопоставимых габаритно-массовых характеристиках;

- уменьшилась стоимость глушителя за счет использования прогрессивных технологических процессов при изготовлении конструктивных элементов и глушителя в целом;

- влияние на автоматику оружия, точность и кучность стрельбы, эксплуатационные характеристики не обнаружено.

Результаты испытаний этих двух моделей были учтены в конструкции новой модели ПСУЗВ (рис. 1 в). А именно, было увеличено число отверстий у трубы газовода-сепаратора, а также были выполнены отверстия на боковой поверхности газовода передней крышки.

Кроме того, нами сконструирован прибор, внутренняя вставка которого вместо конического элемента 4 (рис. 1 а) имеет сферический элемент (рис. 1 в). Это сделано с целью повышения эффективности за счет увеличения площади внешней поверхности вставки.

Внешняя поверхность полусфера в 1,5 раза больше, чем у конуса того же диаметра, что значительно влияет на отражательную способность вставки [10, 11] прибора снижения уровня звука выстрела.

Полусферическая поверхность вставки обеспечивает такую конструкцию глушителя, при которой необходимая задержка во времени для изменения фазы давления достигается в конструкции меньших размеров, чем с конической [12].

Таким образом, авторами создан компактный и надежный глушитель звука выстрела с периферийным лабиринтно-вихревым контуром для автоматов, который по эффективности снижения уровня звука выстрела не уступает зарубежным образцам, имеет ресурс не менее 5000 выстрелов, обладает малыми габаритами и может использоваться с автоматами среднего калибра любого типа.

1. Глушитель звука выстрела для снайперского оружия / Н. А. Коновалов, О. В. Пилипенко, Е. О. Пугач, А. Д. Скорик, А. Н. Авдеев // Техническая механика. – 2010. – № 2. – С. 52 – 61.

2. Характеристики термогазодинамического процесса на выходе из прибора снижения уровня звука выстрела стрелкового оружия / Н. А. Коновалов, О. В. Пилипенко, Г. А. Поляков, А. Д. Скорик, Г. А. Стрельников // Техническая механика. – 2012. – № 3. – С. 64 – 78.
3. Термогазодинамические процессы в приборах снижения уровня звука выстрела стрелкового оружия / Н. А. Коновалов, О. В. Пилипенко, Г. А. Поляков, А. Д. Скорик, А. Д. Чаплиц // Техническая механика. – 2012. – № 4. – С. 13 – 26.
4. Голуб В. В. Импульсные сверхзвуковые струйные течения / В. В. Голуб, Т. В. Баженова ; отв. ред. В. Е. Фортов ; Объед. ин-т высоких температур РАН. – М. : Наука, 2008. – 279 с.
5. Процессы торможения сверхзвуковых течений в каналах / О. В. Гуськов, В. И. Копченов, И. И. Липатов, В. Н. Острась, В. П. Старухин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 168 с.
6. Пат. на винахід 108783 Україна, МПК F41A 21/20. Глушник звуку пострілу стрілецької зброї / Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Скорик О. Д., Семенчук Д. В., Коваленко В. І. ; заявник і патентовласник ІТМ НАНУ і ДКАУ. – а 2013 10602 : заявл. 02.09.13 ; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 11. – 8 с.
7. Пат. на полезную модель 125323 РФ, МПК F41A 21/30. Модератор выстрела / Марнов А. Ю., Столяров Е. В., Амбаров К. И., Селеznев И. В. ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «СовTexНаб». – 2012126486/11 ; заявл. 19.06.2012 ; опубл. 27.02.2013, Бюл. № 6. – 11 с.
8. European Patent 0107273, Int.Cl. F41C 21/18, F41F 17/12. Firearm silencer and flash attenuator / Walsh Jr, Donald J. ; Applicant : Walsh, Jr, Donald J. – 83304101.0 ; Date of filing : 18.07.83 ; Data of Pub. 02.05.84, Bul. 84/18. – 25 p.
9. Patent US 2012/0272818 USA, Int.Cl. F41A 21/30, B23P 15/00. Suppressor with crenelated front / Barry W. Dueck, Karl R. Honigmann, Brooke C. Smith, John W. Matthews ; Assignee : Surefire, Llc. – US 13/281,350 ; Filed: Oct. 25, 2011: Pub. Date : Nov. 1, 2012. – 32 p.
10. Пат. на винахід 109381 Україна, МПК F41A 21/30 (2006.01). Глушник звуку пострілу стрілецької зброї зі сферичними перегородковими елементами / Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Скорик О. Д., Коваленко В. І., Піхотенко С. В., Яковлев О. А. ; заявник і патентовласник ІТМ НАНУ і ДКАУ. – а 2014 10885 : заявл. 06.10.14 ; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15. – 8 с.
11. Разработка и натурные испытания глушителей звука выстрела стрелкового оружия со сферическими перегородочными элементами / Н. А. Коновалов, О. В. Пилипенко, А. Д. Скорик, В. И. Коваленко, Д. В. Семенчук, С. П. Михайлов // Техническая механика. – 2015. – № 1. – С. 3 – 14.
12. Перспективные конструкции глушителей звука выстрела стрелкового оружия / О. В. Пилипенко, Н. А. Коновалов, А. Д. Скорик, Г. А. Поляков, В. И. Коваленко, Д. В. Семенчук // Техническая механика. – 2015. – № 4. – С. 44 – 65.

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

Получено 18.05.2016
в окончательном варианте 31.05.2016