

УДК 614.846.6, 623.4.01

А. М. Толкачев

ИМПУЛЬСНОЕ ВОДОМЕТНОЕ ОРУДИЕ

Предлагается принцип действия и конструкционная схема пневматического орудия для метания порций воды. Последовательную подачу в ствол воды и газа обеспечивает барабанный механизм. Орудие, в зависимости от калибра и давления пневматики, может использоваться как травматическое оружие нелетального действия, разрушающее устройство или пожарная пушка.

К л ю ч е в ы е с л о в а: травматическое оружие, орудие, водомет, пневматика, метание.

Постановка проблемы. Боеприпасы огнестрельного оружия являются дорогостоящим средством разрушения и требуют осторожного обращения. Поэтому для нанесения ограниченного поражения с успехом применяется метательное оружие. Однако требования к снаряду-болванке или пуле и в целом к оружейной метательной системе высоки. В меру разнообразия разрешений этих требований существует много вариантов метательного оружия.

Достаточно распространены устройства для метания воды в эластичной и даже металлической оболочке. Наиболее известным из них является маркер пейнтбола, который стреляет желатиновыми окрашенными шариками, используя давление газа. Представляется заманчивым использовать воду без удерживающей оболочки и создать водомет, “плюющий” порциями воды.

Решение такой задачи позволило бы изменить тактику пожаротушения. Струйные водометы, использующие непрерывную струю, не обеспечивают современные требования к дальности и высоте струи. Импульсная технология позволяет получить большую кинетическую энергию дискретной порции воды.

Анализ последних достижений и публикаций. В технологиях метания воды использован, в основном, струйный процесс. Развивались они в двух направлениях: доставка воды в устройства пожаротушения и высокоскоростные струи для разрушения и обработки крепких материалов.

Второе направление получило бурное развитие и привело к созданию гидропушек (ГП). Позднее нашли применение импульсные технологии в импульсных водометах (ИВ), позволяющих получить большую кинетическую энергию воды [1]. В ИВ с пороховым зарядом удалось достичь скорости вылета воды 1500 м/с [2; 3]. Для выталкивания воды использовался также и сжатый воздух, но во всех ИВ воздействие на воду осуществлялось через поршень или пыж.

Изучение динамики сложных процессов в струях высокого давления продолжается до настоящего времени, важнейшие результаты этих исследований обобщены в работе [4].

В русле этих работ шли поиски эффективных пожарных методов, которые привели к созданию в последние годы “некой научной области, именуемой струйной технологией пожаротушения” [5]. Авторы этой работы отмечают, что эффективность существующих методов тушения пожара водой очень низка: соотношение всей пролитой воды к той, которая реально использована для его тушения, составляет 19:1, в США, Великобритании и Швеции этот показатель достигает 5:1. Таким образом, становится очевидной необходимость прицельной доставки воды к очагу пожара.

В пожаротушении необходима большая масса воды, чем в технологиях обработки материалов. Соответственно в работе [6] для тушения газовых фонтанов отдано предпочтение ИВ, в котором за выстрел можно подать большее количество воды, чем в ГП. Пожарные технологии также стимулировали интерес [7] к оценке дальности струи – оказалось, что в ультраструе длина сплошного участка составляет 10–15 % от общей длины.

Таким образом, к задаче метания воды со скоростями на уровне 100 м/с с целью поражения и разрушения не было привлечено внимание, по-видимому, по двум причинам: а) не существовало четкого запроса на такой метод; б) он требовал значительных разработок, которые находились вне руслу традиционных исследований. В пожаротушении действовала расходная технология залива водой места пожара, которая не вызывала сомнений.

Все же в последнее время появился интерес к использованию кинетической энергии воды в оружейных системах, например, недавно телекомпания ВВС показала видеоролик разрушения стены выстрелом канистрой с водой из мортиры. Новые инженерные разработки в этой области привлекают внимание к использованию дискретной струи воды как оружия и пожарного средства.

Цель статьи: предложить вариант устройства для метания порций воды без оболочки непосредственно под давлением сжатого газа.

Изложение основного материала. Пневматическое метательное оружие может конкурировать с огнестрельным оружием только в случае достаточной кинетической энергии снаряда. С учетом технических особенностей пневматического оружия необходимая энергия достигается путем увеличения массы снаряда, что приводит к требованию большего усилия на снаряд. Эту проблему решают увеличением калибра орудия, при этом возрастает трение между снарядом и стволом. В случае применения водяного снаряда эта проблема исчезает, но возникают сложности оперирования непривычным для стрельбы жидким объектом.

Эффективность ударного действия движущейся воды подтверждена рассмотренными технологиями высокоскоростных струй. Но использовать полученный в них опыт для создания “плюющего” водомета не представляется возможным, так как в нем возникает проблема сохранения формы снаряда вне орудия, которая в предыдущих технологиях даже не рассматривалась. Динамика струи при малых скоростях не изучалась.

Таким образом, с технической стороны возникают проблемы еще на уровне постановки требований к конструкции ИВ. Какие должны быть параметры ствола, давление, масса снаряда и скорость, чтобы снаряд, с одной стороны, приобрел достаточную скорость, а не просто выплеснулся из ствола, с другой стороны, чтобы скорость не оказалась слишком большой, и снаряд не вылетел в распыленном виде?

Однако данные работы [7] дают надежду на сохранение формы снаряда до того, как он значительно потеряет скорость. На что указывают наблюдаемые цилиндрические порции воды в фонтанах с дискретной струей. Априори с физической точки зрения усматриваются аргументы в пользу сохранения состояния водяного снаряда в некотором интервале скоростей при определенных условиях его создания.

В ИВ обычно используется поршневой привод водяной массы под действием пороховых газов или сжатого воздуха из ресивера. В данной работе поступление воздуха предполагается осуществлять из магистрали, которая имеет определенную пропускную способность. Поэтому возникает необходимость задержки снаряда в стволе, пока давление воздуха после впуска не достигнет номинального значения пневматики. В отсутствие трения задержку можно обеспечить только конструктивными особенностями ствола.

С учетом изложенных положений создана конструктивная схема пневматического импульсного водометного орудия (ИВО), представленная на рисунке.

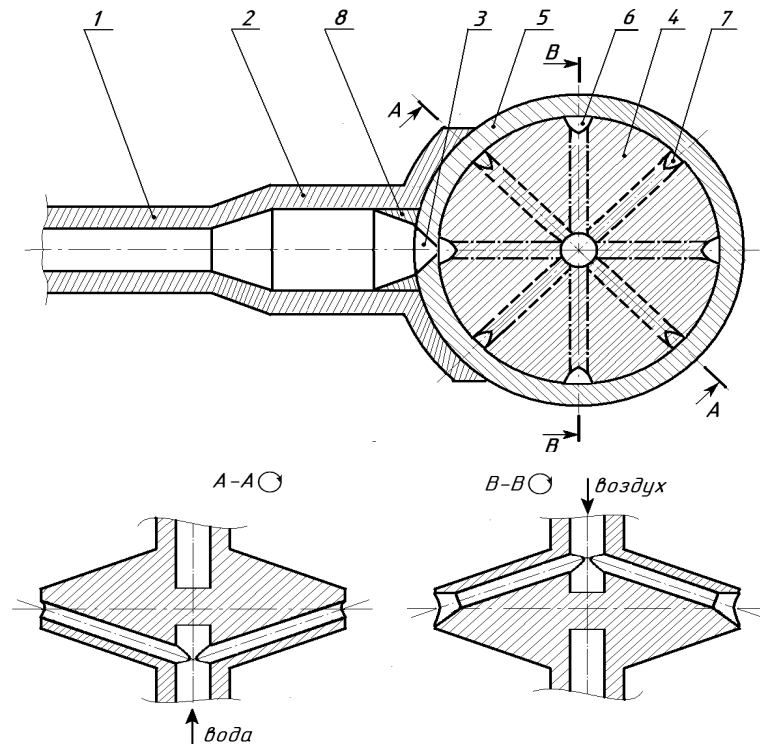


Рис. Конструктивная схема пневматического импульсного водометного орудия

Снаряд формується в стволі 1 (верхня частина рисунка) послідовною подачею води і газу в казенну частину озброєння 2 через отвір 3. Затворний вузол ствола утворений механізмом управління подачею, виконаним у вигляді обертаючого барабана 4 в обоймі 5. В барабані радіально розташовані магістрили газу і води, вихідні отвори яких відповідно 6 і 7 знаходяться на його формуючій. На схемі показано 4 + 4 розподільчі магістрили, але їх кількість може бути будь-якою.

Барабан (на нижній частині рисунка) виконаний у вигляді двохуровневої системи розподілу газу і води з виходами на одну площину. На рисунку показано варіант системи з внутрішньою розвідкою магістралей, але може бути виконана і поверхнева розвідка трубками. Барабан повинен щільно сидіти в обоймі, щоб перекривалися всі виходи, за винятком одного – того, який збігається з отвором 3 казенника (на рисунку показано з'єднання його з газовою магістраллю). При обертанні барабана відбувається послідовна зміна подачі в ствол води і газу. Між барабаном і обоймою нелишнім буде ущільнення з фторопласту, що знаходиться між ними вода послужить смазкою.

Діаметр вихідних отворів, швидкість обертання барабана і тиск в системі носіїв необхідно підібрати таким чином, щоб за час контакту отвори 3 з водою казенник заповнився потрібним об'ємом води, а за час контакту з газом – снаряд вилетів зі ствола. Режим заповнення водою не повинен бути занадто інтенсивним, щоб в ній не утворювалися бульбашки. Більш зручним вважається рівномірний режим обертання барабана, але він може бути і скачкоподібним.

На дні казенника розміщена конічна вставка 8, яка запобігає проходженню потоку повітря через воду бічним каналом. Вона забезпечує рівномірний розподіл тиску на формуючій торці водяного снаряда, створюючи таким чином його площину.

Основною умовою утворення водяного снаряда є практично ударне вплив повітря на воду і велика швидкість його розширення. Відповідно проходження сечення повітряної магістрили повинно забезпечувати достатній потік газу і можливість збереження постійного тиску в стволі по мірі просування снаряда (ізобаричне розширення). Щоб контакт повітряної магістрили з отвором 3 відбувався швидко, її вихідний отвір 6 повинен бути великим.

Наступною умовою неспроможності ІВО є існування опору вильоту снаряда. Якщо мати в увазі внутрішнє тертя в рідині і явища турбулентності, то результати дослідження динаміки рідини в ГП і ІВ [4] показують, що в'язким теченням в стволі можна пренебрати, і його довжина не впливає на опір. Однак при проектуванні ствола слід враховувати, що в умовах турбулентного течення в круглих трубах профіль швидкості встановлюється на початковій ділянці довжиною від 50 до 100 діаметрів труби [8].

Ефективним способом збільшення швидкості, відповідно до рівняння гідродинаміки неперервності потоку, є зменшення його сечення. У всіх ІВ і ГП після циліндричної частини ствола, необхідної для руху поршня, є сопло. Для отримання більш стійкої струї в ГП за соплом слід використовувати так звану коліматор постійного сечення, в якій гаситься радіальне течення рідини і вирівнюється розподіл швидкості по довжині. В запропонованому ІВО завдання прискорення води вирішується на початковій ділянці руху, при вдавлюванні водяного заряду з широкого казенника в ствол. Крім того, збільшений об'єм казенника служить ресивером для накопичення повітря, щоб підтримувати постійний тиск при просуванні снаряда в стволі. Велика частина ствола з постійним сеченням забезпечує умови для гашення радіального течення рідини і вирівнювання профілю швидкості. Таке конструкторське рішення, на відміну від ІВ, які мають сопло в кінці ствола, є важливою умовою для формування стабільних характеристик по всій довжині снаряда і збереження його форми при вильоті.

У разі нестачі швидкості можна виконати невелике звуження в дульній частині ствола, після чого поставити коліматор довжиною не менше довжини снаряда.

Процеси, які будуть відбуватися в газоповітряній середі, занадто складні, щоб обговорювати їх на етапі запропонованої методики. Але деякі оцінки на найпростішому рівні мають сенс виконати.

Вибір діаметра ствола 60 мм, тоді снаряд масою 1 кг і об'ємом 1 дм³ матиме довжину 355 мм. Цілісечно при вильоті снаряда зі ствола досягти швидкості 90 м/с, тоді початкова кінетична енергія снаряда становитиме 4,05·10³ Дж. Велика частина роботи ізобаричного розширення газу повинна піти на створення вказаної кінетичної енергії (яка-то частина піде на

преодоление сопротивления). С учетом такого предположения и давления, например, 10 бар снаряд должен продвинуться в стволе на 1,4 м – это 4 длины снаряда. При выбранном давлении усилие на торец снаряда площадью $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ составит $2,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$, а для достижения снарядом импульса вылета $90 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$ время действия усилия должно быть не меньше 30 мс. Пожалуй, наиболее важной величиной, полученной из этих расчетов, является минимальная длина ствола.

До проведения экспериментальных исследований невозможно говорить о форме снаряда вне ствола.

Технические параметры ИВО будут зависеть от назначения. При малом калибре оно может использоваться как травматическое оружие нелетального действия, при большем – для разрушения сооружений, не создавая при этом взрывной волны, огня и поражающих предметов, а также для тушения не очень больших пожаров, находящихся очень высоко или на большом расстоянии. Безусловно, для тушения пожаров нужна большая производительность систем обеспечения водой и сжатым газом.

Выводы

Проведенный всесторонний анализ процессов, которые могут происходить в предлагаемом метательном устройстве, а также предложения по достижению необходимых баллистических условий полета водяного снаряда показывают реальность действия гидропневматической системы. Барабанный механизм затвора ствола позволяет менять скорострельность и дальность стрельбы и представляется надежным в работе.

Автор выражает благодарность А. П. Нефедову и А. Г. Лашкову за обсуждение идеи устройства и ценные советы.

Список использованных источников

1. Лаврентьев, М. А. Вопросы теории и практики импульсных водяных струй [Текст] / М. А. Лаврентьев, Э. Г. Антонов, Б. В. Войцеховский. – Новосибирск : Ин-т гидродинамики СО АН СССР, 1961. – 347 с.
2. Атанов, Г. А. Гидроимпульсные установки для разрушения горных пород [Текст] / Г. А. Атанов. – К. : Выща шк., 1987. – 152 с.
3. G. A. Atanov, A. N. Semko, O. P. Petrenko, E. S. Geskin, V. Samardzic, B. Goldenberg. Peculiarities of the powder hydrocannon operation // Proc. 2003 ASME Int. Mech. Eng. Congress & Exposition. Washington, D.C. November 16-21, 2003. IMECE2003-42788.
4. Семко, А. Н. Импульсные струи жидкости высокого давления [Текст] / А. Н. Семко. – Донецк : Вебер, 2007. – 149 с.
5. Стась, С. В. Эксергетический анализ струйных потоков [Текст] / С. В. Стась, Н. Г. Шкарабура, В. М. Яхно // Вісник Кременчуцького ДПУ імені Михайла Остроградського. – Кременчук, 2008. – № 2 (49). – Ч. 2. – С. 114–119.
6. Грицына, И. Н. Математическая модель внутренней баллистики устройства импульсной подачи жидкости для тушения газовых фонтанов в квазистационарной постановке [Текст] / И. Н. Грицына, С. А. Виноградов // Проблемы пожарной безопасности. – Х. : НУГЗУ, 2009. – Вып. 25. – С. 43–46.
7. Грицына, И. Н. Расчет длины сплошного участка ультраструи [Текст] / И. Н. Грицына, С. А. Виноградов // Проблемы пожарной безопасности. – Х. : НУГЗУ, 2011. – Вып. 29. – С. 46–49.
8. Шлихтинг, Г. М. Теория пограничного слоя [Текст] / Г. М. Шлихтинг. – М. : Наука, 1974. – 712 с.

Стаття надійшла до редакції 30.10.2012 р.