

УДК 623.526.7

Анипко О.Б., Бирюков И.Ю., Бусяк Ю.М., Канищев С.П., Переход А.Н.

О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕЙ БАЛЛИСТИКИ НА ЖИВУЧЕСТЬ ТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

Ствол, как элемент ствольной системы, следует относить к изнашиваемым конструкциям, то есть таким, которые в процессе эксплуатации и применения по назначению накапливают изменения, которые до определенного уровня не оказывают допустимые изменения показателей внешней баллистики, или могут быть компенсированы конструктивно либо методически. К таким изменениям относят разгар ствола или эрозийный износ, его механический износ и омеднение.

Разгар ствола связан с двумя процессами тепловыделения при выстреле – трением ведущего пояска снаряда о поверхность канала ствола и горением пороха. В совокупности это приводит к нагреву внутренней поверхности ствола до температуры 1000–1500 °С и более. Ввиду различной продолжительности этих процессов и их интенсивности, нагрев ствола по длине также неравномерен и характеризуется наибольшими значениями в начале ствола и меньшими у дульного среза. Механизм этого вида повреждений связан с существенными изменениями механических свойств сталей при нагреве их до высоких температур. Причем, относительно стабильными эти свойства можно считать до достижения температурой величины 300–400 °С, после чего начинается резкое снижение как предела текучести, так и твердости (рис. 1) [2]

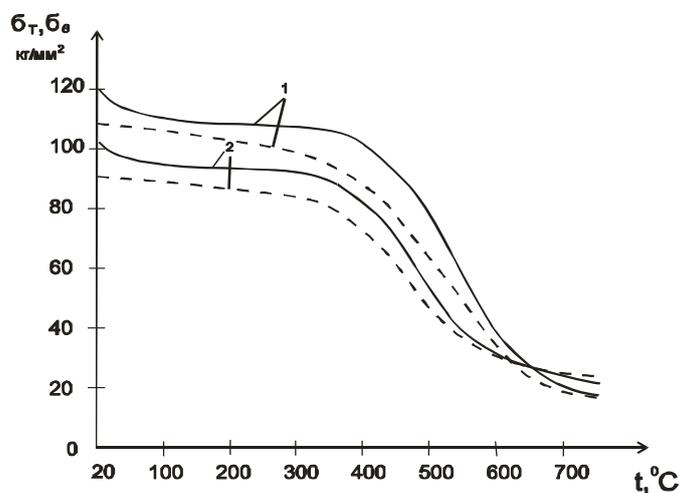


Рисунок 1 – Зависимость b_t (--) и b_b (-) от температуры: 1 – 35 ХН1М; 2 – 35 ХЗВА

Это приводит к вырыванию и уносу частиц металла, что и составляет эрозийный износ или разгар ствола.

Механический износ связан с трением ведущего пояска о поверхность канала ствола.

Совокупное действие этих процессов вдоль канала ствола различно, что позволяет выделять три основные зоны [1,3]. Первая из них – на входе в калиберную часть ствола, и составляет примерно 1/3 длины. Здесь наблюдается наибольший износ, связанный с эрозийными процессами, которые в этой части ствола наиболее интенсивны

в результате высоких температуры и давления. Поверхность металла из гладкой превращается сначала в матовую, а затем в шероховатую, которая впоследствии испещряется мелкими трещинками и канальцами. Появляется так называемая «сетка разгара». В нагаре, остающемся в трещинках «сетки разгара», содержится 15...20 % растворимых в воде солей, которые поглощают влагу из воздуха и образуют коррозионно-активные растворы, вызывающие разрушение металла ствола. Скорость эрозионного процесса значительно возрастает в местах отложения меди, так как здесь возникают гальванические пары, которые находятся в электролите – растворе солей. Средняя часть ствола составляет вторую зону и характеризуется меньшим эрозионным износом, но большим механическим износом и отложением меди. В третьей зоне наблюдается уменьшение износа ввиду снижения давления и температуры пороховых газов. Практически износ дульной части ствола только механический – от трения ведущих элементов снарядов. Характерное изменение диаметрального износа калиберной части ствола представлено на рис. 2. В отечественных танковых пушках 2А46, 2А46М [6] применяются выстрелы раздельного заряжания, поэтому представляет интерес анализ влияния изменений, вызванных износом ствола, на параметры внутренней баллистики [4].

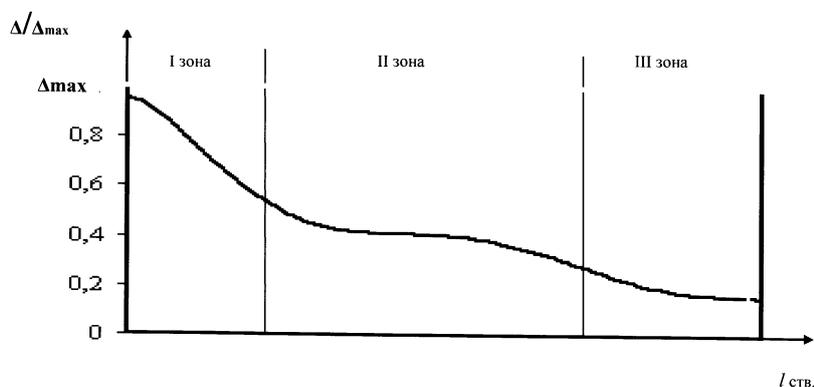


Рисунок 2 – Характер износа канала ствола

При заряджании, в виду разгара, снаряд при досылании займёт положение глубже, чем в новом стволе. Это увеличит объём камеры, и, кроме того, уменьшит путь снаряда по стволу и уменьшит коэффициент уширения камеры. Совокупное действие этих факторов приводит к уменьшению начальной скорости снаряда (V_0) и максимального значения давления (P_{max}), что для кондиционных боеприпасов и нарезных ствольных систем достаточно хорошо изучено в работах Д. Корнера [1], Ю.В. Чуева [3].

Кроме этого, износ ствола вообще вызывает ухудшение обтюрации, прорыв пороховых газов, что уменьшает полезную работу и приводит также к уменьшению начальной скорости и максимального давления. С другой стороны, износ ствола вызывает изменение коэффициента трения ведущих частей снаряда о поверхность канала ствола, что также влияет на изменение функций давления $P(x)$ и скорости $V(x)$, и в конечном итоге уменьшает начальную скорость из-за увеличения второстепенной работы. Установлено [3], что при прочих равных условиях уменьшение начальной скорости и максимального давления у орудий раздельного заряжания значительно больше, чем у орудий с унитарным патроном, что приводит к тому, что критерием предела живучести ствола является падение начальной скорости.

Таким образом, отличие внутрибаллистических процессов для нового и изношенного стволов можно представить в виде отклонения функций давления и скорости по длине ствола (рис. 3)

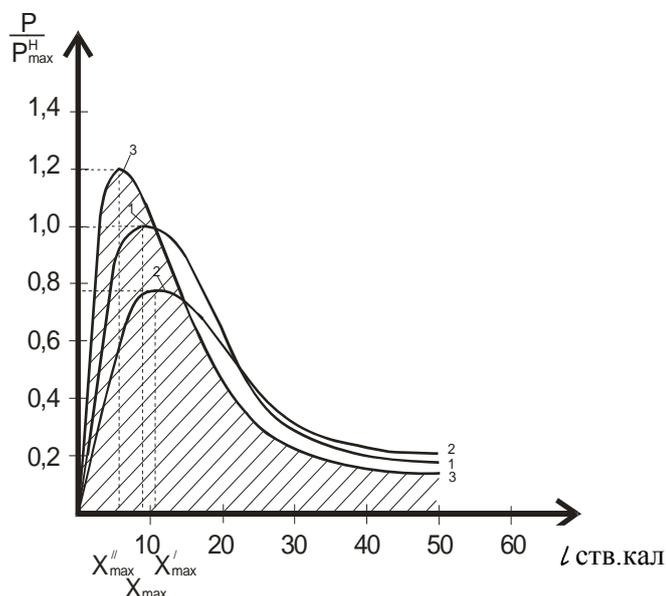


Рисунок 3 – К анализу влияния износа ствола и состояния боеприпаса на параметры внутренней баллистики:

- 1 – новый ствол, кондиционный боеприпас; 2 – ствол с разгаром, кондиционный боеприпас;
- 3 – боеприпас с пороховым зарядом длительного срока хранения

Приведенные на рис. 3 зависимости 1 и 2 отражают качественную картину изменения давления при использовании кондиционных боеприпасов.

Как показали экспериментальные исследования [7,8,9] по определению параметров внутренней баллистики для выстрелов танковой пушки с БПС, время хранения которых превышает гарантийный срок, после 14–16 лет хранения начальная скорость начинает снижаться за допустимый предел отклонения. Причем это сопровождается ростом P_{max} , что обусловлено возрастанием скорости горения пороха. Как известно [4,5], рост P_{max} должен приводить к возрастанию V_0 . Однако, для пороховых зарядов длительного хранения это не подтверждается [8,9] из-за снижения теплотворной способности пороха, вызванного снижением содержания горючих компонентов в нём, и, в первую очередь, азота. При этом образующаяся на поверхности пороха азотная и азотистая кислоты, способствуют развитию поверхности горения, что увеличивает скорость горения пороха. Повышение скорости горения ведёт к смещению координаты X_{max} к X''_{max} в сторону казенной части, горение порохового заряда заканчивается раньше, что приводит к снижению начальной скорости.

Влияние этих факторов на живучесть ствола при применении боеприпасов, сроки хранения которых превышают гарантийные, до настоящей работы не исследованы. Постановка и решение такой задачи представляются актуальными в виду того, что из-за отсутствия серийного производства боеприпасов к стрелковому и артиллерийскому вооружению в Украине, вооружение силы и другие воинские формирования используют боеприпасы, срок хранения которых в настоящее время превышает 18–20 лет.

Такая задача может быть решена с применением методов внутренней баллистики при оценке живучести стволов [3,5], определении закона трения при соответствующей

щих изменениях $P(x)$ и значения V_0 [1], а также обратной задачи внутренней баллистики [7].

Однако, для успешного решения этих задач необходимо определить зависимости между P_{\max} и V_0 для зарядов, срок хранения которых превышает гарантийный.

Такая зависимость получена на основе обработки экспериментальных исследований по определению крешерного давления и начальной скорости БПС с зарядом 4Ж40 со сроками хранения более 10 лет, которые выполнялись на испытательной базе и с применением материальной части КП ХКБМ им. А.А. Морозова.

График зависимости, представленный на рис. 4, описывается функцией

$$\frac{P_{\max}}{P_{\max}^T} = 1.074 - 5.65 \cdot 10^{-3} \left(\left(\frac{V_0}{V_0^T} \right)^2 + \frac{V_0}{V_0^T} \right),$$

где P_{\max}^T и V_0^T – соответственно табличные значения максимального давления и начальной скорости; P_{\max} , V_0 – эти же параметры для соответствующего периода хранения.

Это выражение справедливо для сроков хранения более 10 лет, но не превышающие 30 лет.

Таким образом, полученная зависимость позволяет решить задачу оценки живучести ствола танковой пушки при применении боеприпасов, срок хранения которых превышает 10 лет, но не превосходит 30 лет.

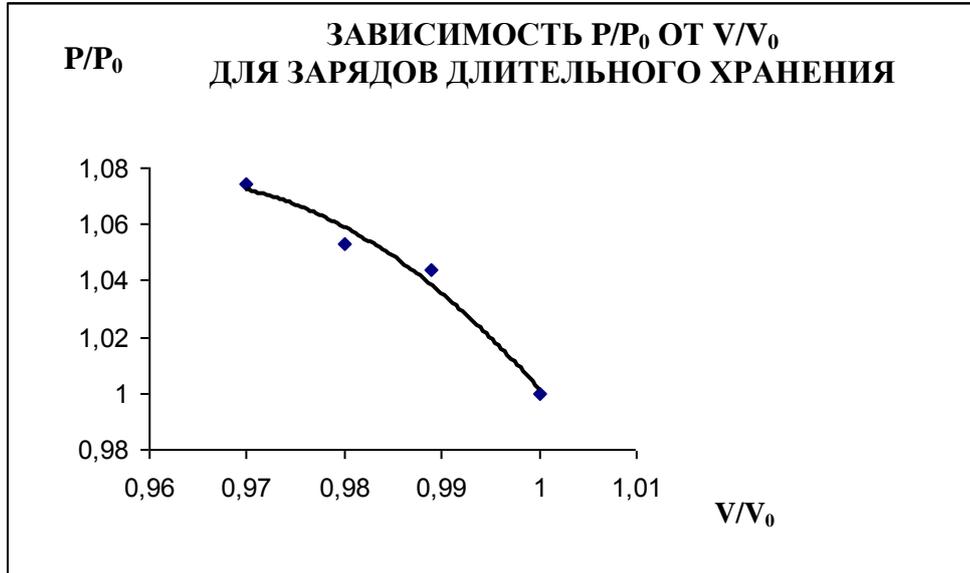


Рисунок 4

Литература

1. Корнер Дж. Внутренняя баллистика орудий М.– Иностранная литература.– 1958., 448 с.
2. Материалы машиностроения / Энциклопедический справочник, том 3, М.– Машиностроение.– 1947.– 712 с.

3. Чуев Ю.В. Проектирование ствольных комплексов. М.– Машиностроение.– 1976.– 216 с.
4. Серебряков С. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет М. Оборонгиз.– 1962.– 628 с.
5. Баллистика ствольных систем / РАРАН; В.В. Бурлов и др.– М. Машиностроение.– 2006.– 461 с.
6. Бронетанковые вооружения и техника. Оружие и технологии России XXI в. Издат. дом «Оружие и технологии». М 2003.– 783 с.
7. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М., Баулин Д.С. Обратная задача внутренней баллистики для прогнозирования свойств порохов при длительном их хранении // Интегрированные технологии и энергосбережение № 4.– 2005. С. 109–115.
8. Анипко О.Б., Бирюков И.Ю., Баулин Д.С. Модель массопереноса при хранении пороховых зарядов с учетом изменения температуры окружающей среды \ Сб. наук. прац. ХУПС. Вип 2 (8), Харків.– 2006.– С. 50–55.
9. Анипко О.Б., Бирюков И.Ю. Зависимость начальной скорости снаряда от максимального давления в канале ствола при выстреле зарядами с длительным сроком хранения // ИТЭ.– № 1.– 2006.– С. 83–87.

УДК 623.526.7

Аніпко О.Б., Бірюков І.Ю., Бусяк Ю.М., Каніщев С.П., Переход О.М.

ПРО ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВНУТРІШНЬОЇ БАЛІСТИКИ НА ЖИВУЧІСТЬ ТАНКОВОГО ОЗБРОЄННЯ

У статті наведені фактори, впливаючі на живучість танкового озброєння та визначена залежність між максимальним тиском і початковою швидкістю для пострілів, термін зберігання яких перевищує гарантований.