

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИИ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ ТГУ

V Международная молодежная научная конференция
«Актуальные проблемы современной механики
сплошных сред и небесной механики»
25–27 ноября 2015 г., Томск

Издательство Томского университета
2016

Литература

1. Бутарович Д.О., Смирнов А.А. Расчетное исследование механических свойств пеноалюминия // Материалы международной научно-технической конференции «Проектирование колесных машин», посвященной 70-летию кафедры «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. М., 2006. С. 56–61.

2. Финкельштейн А.Б. Получение пропиткой пористых отливок из алюминиевых сплавов // Литейное производство. СПб., 2010. № 5. С. 13–15.

3. Воронин С.В., Юшин В.Д., Бунова Г.З., Ледаев М.Е. Исследование влияния объемной доли пор на напряженно-деформированное состояние и механические свойства материала методом конечно-элементного моделирования // Материалы XXII Всероссийской школы-конференции молодых ученых и студентов «Математическое моделирование в естественных науках». Пермь: Изд-во Перм. политех. ун-та, 2013. С. 39–41.

DOI: 10.17223/9785751124199/9

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА КАНАЛА СТВОЛА ЛАБОРАТОРНОЙ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

А.С. Дьячковский, Н.М. Саморокова, А.Д. Сидоров

Проведено количественное измерение износа ствола. Приведены анализ и сравнение износа ствола с использованием различных топлив.

THE RESEARCH OF THE WEAR OF THE BARREL OF THE BALLISTIC LABORATORY INSTALLATION

A.S. Diachkovsky, N.M. Samorokova, A.D. Sidorov

In this paper a quantitative measurement of the wear of the barrel. The analysis and comparison of the wear of the barrel by using various fuels.

Каждый артиллерийский ствол в процессе стрельбы постепенно изнашивается и перестает удовлетворять тактико-техническим требованиям [1]. Поэтому к стволам артиллерийского оружия предъявляются следующие требования: прочность, живучесть, жёсткость, износостойкость, коррозионная и эрозионная стойкость. В связи с этим к материалам для изготовления стволов также предъявляются определённые требования: высокие значения прочности, пластичности, вязкости, износостойкости, жаропрочности, коррозионной и эрозионной стойкости.

Изучать процессы износа актуально в лабораторных условиях. Особую актуальность проблема износа канала ствола приобретает при переходе на новые нетрадиционные схемы артиллерийского выстрела с использованием новых топлив.



Рис. 1. Нарезной канал ствола, слева – 20 см от казенного среза, справа – 40 см

Разделим причины износа канала ствола на две группы [2]: воздействие снаряда (метаемой сборки) и воздействие газа на внутреннюю поверхность ствола. Все явления в той или иной мере были обнаружены на установках НИИ ПММ ТГУ.

Метаемая сборка:

- Трение ведущих устройств метаемых сборок о внутреннюю поверхность канала ствола (рис. 1), в том числе омеднение канала ствола (трение медного ведущего пояска снаряда о внутреннюю поверхность ствола).

Газ (смесь продуктов сгорания заряда, в том числе и К-фаза):

- Термическое воздействие газа (кратковременное воздействие раскаленных газов ($T_{\text{газ}}$ около 3 000 К) на оружейную сталь 38ХНЗМФА ($T_{\text{плав}}$ около 1 700 К) оплавляет внутреннюю поверхность ствола, она становится пластичной).

- Механическое воздействие газа. Газ имеет высокое давление (рабочий режим установки при давлении до 600 МПа) и высокую скорость, он «раздувает», «обдирает» и «вымывает» поверхность ствола (рис. 2). Чем выше скорость и давление газа, тем интенсивнее идет износ.

- Химическое воздействие газа. Он может как обогащать, так и обеднять поверхностный слой канала ствола углеродом. Это приводит к уменьшению пластичности и повышению хрупкости (рис. 3). Появляется вероятность возникновения трещин при растяжении ствола в момент метания.

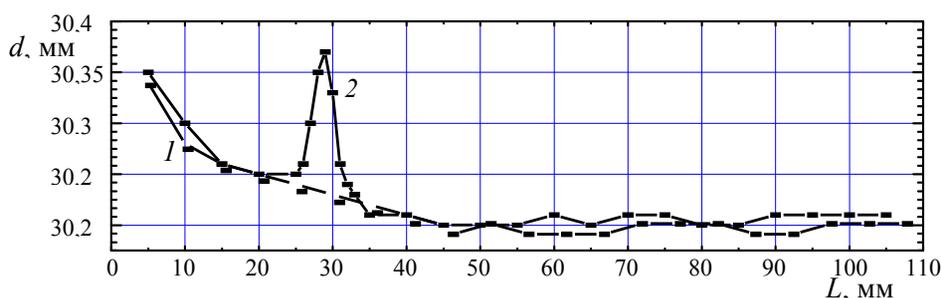


Рис. 2. Зависимость внутреннего диаметра ствола от координаты:
1 — перед опытом; 2 — после опыта (давление свыше 600 МПа)

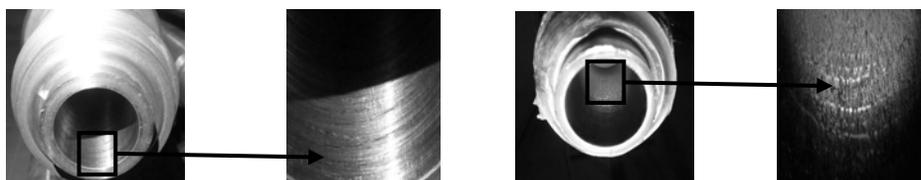


Рис. 3. Поверхности ствола казенной части: слева — без настрела, справа — ствол спустя n выстрелов

В данной работе было рассмотрено изменение внутреннего диаметра как одного из критериев износа гладкоствольной баллистической установки калибра 30 мм с казенной стороны от начала ее эксплуатации до выхода из строя. Было проведено 234 опыта различных схем заряжания, в том числе и нетрадиционных. Отдельно была рассмотрена нетрадиционная схема метания с использованием быстрогорящего пастообразного артиллерийского заряда (БПАЗ). В качестве БПАЗ исследованы топлива без содержания К-фазы в продуктах сгорания (T_1 , T_2 , T_3) и топливо с содержанием К-фазы в продуктах сгорания (T_4).

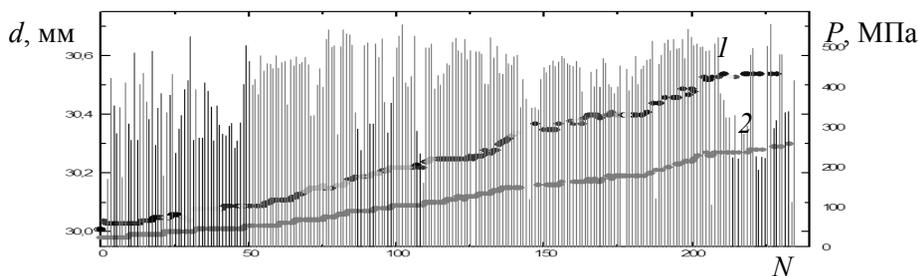


Рис. 4. Зависимость внутреннего диаметра канала ствола от настрела

Практически перед каждым опытом был измерен внутренний диаметр ствола с казенной стороны на расстоянии 5, 10 мм и с шагом от 20 до 190 мм с помощью микрометрического нутрометра фирмы TESA IMICRO. Это дало возможность определить изменение внутреннего диаметра в конкретном опыте.

В сечении 5 мм износ идет наибольший (рис. 4, кривая 1). Чтобы уменьшить случайную погрешность измерений, была приведена кривая износа, усредненная по всем измеряемым сечениям (рис. 4, кривая 2). Для каждого эксперимента в виде гистограммы показано значение максимального давления в камере сгорания.

Рассмотрено влияние способа воспламенения заряда – с помощью электрокапсюльной втулки (ЭКВ) и при помощи электротермохимического воспламенения (ЭТХ). Результаты показали, что наличие высокотемпературной плазмы не вносит значительного вклада в изменение внутреннего диаметра канала ствола.

Проведена систематизация полученных данных в зависимости от типа БПАЗ, его температуры горения. Рассмотрены влияния конкретного топлива: Т1 (рис. 5, слева) и с Т4 (рис. 5, справа) при воспламенении с помощью ЭКВ.

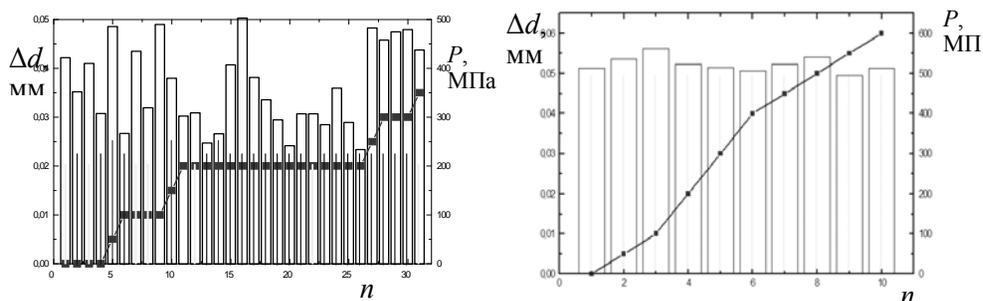


Рис. 5. Зависимости суммарного изменения среднего значения внутреннего диаметра Δd ствола от количества экспериментов

Для Т1 отсутствие износа (изменение меньше, чем дискрета измерения) для серии опытов объясняется тем, что в них использовался БПАЗ с начальной температурой $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, которое загорается вне исследуемого участка ствола. Топливо Т4 загорается внутри исследуемого диапазона канала ствола. Начало горения топлива было определено на основании расчета внутрибаллистических параметров выстрела.

Было оценено интегральное влияние некоторых типов БПАЗ (Т1-4) и классической схемы заряжания (без БПАЗ) на износ канала ствола (рис. 6) при начальной

температуре заряда +20 °С. На рисунке цифрами указан тип топлива, используемого в выстреле. Для выстрелов без БПАЗ $\Delta d = 0$.

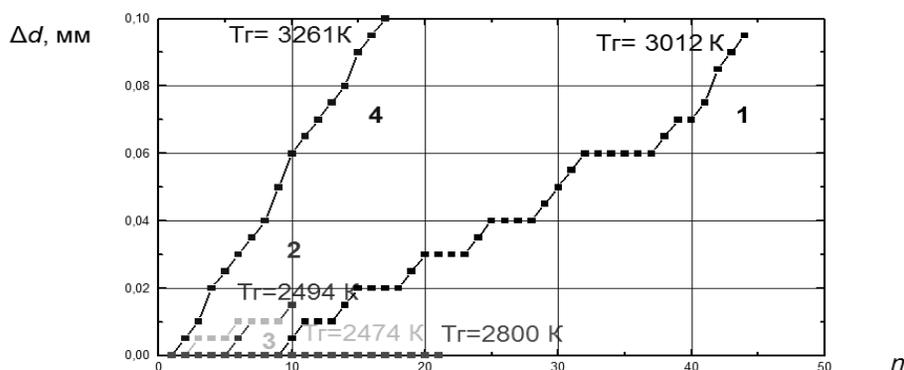


Рис. 6. Зависимость суммарного изменения усредненного значения диаметра канала ствола от количества экспериментов

Если износ δ от T_4 обозначить за 1, то в перерасчете на одинаковое количество экспериментов можно построить зависимость, показанную на рис. 7.

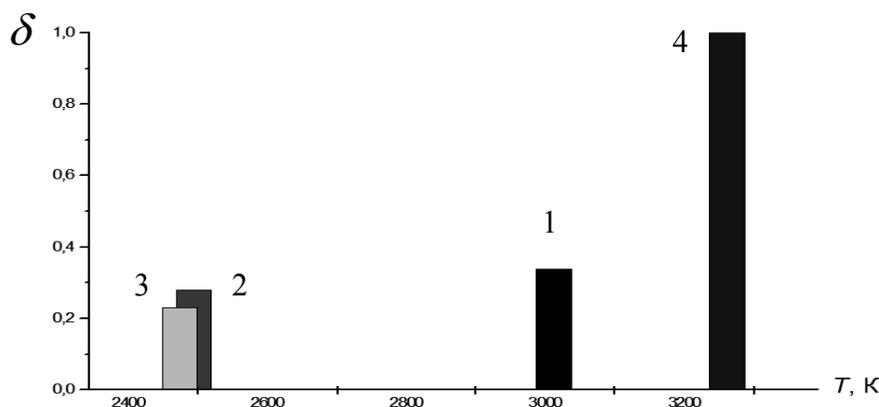


Рис. 7. Диаграмма уровня износа ствола с учетом типа топлива и температуры горения

Видно, что больший износ ствола идет при использовании топлив с более высокой температурой горения. Топливо Т4 содержит К-фазу в продуктах сгорания, что также увеличивает износ ствола. В данной работе не было произведено разделение влияния на износ ствола типа топлива и температуры его горения, а также не были описаны методы, дающие меньший износ ствола, поскольку в данных исследованиях эта задача не приоритетна.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания № 2014/223 (код проекта 1362).

Литература

1. Орлов Б.В. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий / Б.В. Орлов, Э.К. Ларман, В.Г. Маликов. М.: Машиностроение, 1976. 432 с.
2. Карюкин С. Подход к обеспечению живучести стволов артиллерийских орудий / С. Карюкин, О. Митрохин // Военная мысль. 2012. № 1. С. 72–78.