

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАНАЛОВ ОРУДИЙНЫХ СТВОЛОВ**

*Людмила Сергеевна Таранова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (913)383-09-29, e-mail: taranova97@mail.ru

*Игорь Олегович Михайлов*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и приборостроения, тел.(383)344-29-29, e-mail: mio@sibmail.ru

В статье показана актуальность контроля геометрических характеристик орудийного ствола. Рассмотрены виды стволов, их сравнительное преимущество во время стрельбы, а также приборы для контроля характеристик внутренней поверхности орудийного ствола. Выявлены недостатки имеющихся приборов, представлено схемное решение прибора, предназначенного для качественного и количественного контроля основных характеристик внутренней поверхности орудийных стволов, описан метод их контроля.

**Ключевые слова:** военная техника, орудийный ствол, гладкий ствол, нарезной ствол, измерение, геометрические характеристики, оптико-электронный прибор.

## **TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEMS FOR GEOMETRIC PARAMETERS OF GUN BARREL**

*Ludmila S. Taranova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Novosibirsk, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (913)383-09-29, e-mail: taranova97@mail.ru

*Igor O. Mikhailov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (383)344-29-29, e-mail: mio@sibmail.ru

The article shows the relevance of control of the geometric characteristics of the gun barrel. The types of barrels, their qualitative advantage during firing, as well as devices for monitoring the internal characteristics are considered. The functional shortcomings of the existing devices are identified and a schematic image of the multifunctional device under development is presented. Method of measuring the surface of the barrel is described.

**Key words:** military equipment, gun barrel, smooth barrel, rifled barrel, measurement, geometric characteristics, optical-electronic device.

### ***Введение, актуальность***

В начале шестидесятых годов была произведена революция в области танковых вооружений, после чего в военной технике начали применяться гладкоствольные орудия. На сегодняшний день большинство танков оснащается глад-

коствольными орудиями, которые позволяют получить высокие огневые характеристики и боевые качества, но при этом до сих пор используются нарезные стволы [1].

Исходя из того, что в военной технике применяется два типа стволов, актуальна проблема контроля их геометрических характеристик. Контроль заключается в сравнении действительных значений геометрических параметров со значениями, определяемыми техническими требованиями к изделию [2]. Количественный контроль выполняется измерением. Качественный – визуальным наблюдением. Разработка измерительного устройства, выполняющего контроль комплекса характеристик, является актуальной задачей, необходимой для оборонного комплекса, так как орудийные стволы широко применяются в военной технике.

В данной работе объектом исследования является оптико-электронный прибор для размерного контроля, предметом – структурная схема разрабатываемого прибора.

### ***Виды орудийных стволов***

В военной сфере имеется большой арсенал оружия, в области танкового вооружения используется два типа стволов: гладкоствольные (рис.1. а) и нарезные стволы (рис.1. б).

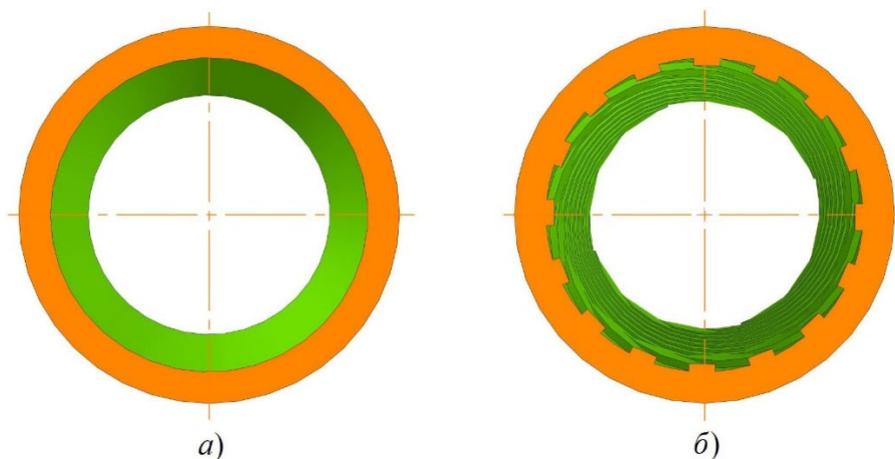


Рис. 1. Виды орудийных стволов:  
а) гладкий; б) нарезной

С точки зрения конструкции ствола гладкоствольное орудие является более простым. Задача производства заключается в изготовлении более простого ствола, не имеющего внутреннего рельефа. Как следствие, сокращается трудоемкость и сложность производства, а также появляется возможность сократить расход металла. Еще одним преимуществом гладкоствольного орудия является то, что гладкий ствол позволяет получить более высокие показатели дульной

энергии в сравнении с нарезным. Дульная энергия является одним из главных параметров любой ствольной системы, в том числе танковой пушки, дульная энергия – это энергия, которая передается снаряду при помощи порохового газа. В случае с танковыми пушками дульная энергия, прежде всего, отвечает за дальность стрельбы и показатели пробития брони цели [3].

На энергию снаряда и ресурс ствола большее влияние оказывает взаимодействие боеприпаса и нарезов. Ведущий поясок снаряда должен постоянно контактировать с нарезами, их гранями и полями между ними. Вследствие этого площадь контакта снаряда и ствола значительно увеличивается в сравнении с гладкоствольным оружием того же калибра [4]. Гладкоствольное оружие имеет преимущества перед оружием с нарезными стволами в части энергетике снаряда. Оно тратит меньше энергии на трение и эффективнее разгоняет боеприпас. При тех же показателях метательного заряда гладкий ствол повышает начальную скорость снаряда, от которой зависят дальность стрельбы и показатель пробития брони цели [5].

При использовании гладкоствольного оружия сокращается расход ресурса ствола и не столь сильно уменьшается срок службы. Но, несмотря на достоинства гладкого ствола, современные высокоскоростные бронебойные снаряды частично нивелируют это преимущество. Заказчики танкового вооружения предпочитают жертвовать живучестью ствола в пользу повышения эффективности снарядов. Нарезные стволы гарантируют точность, стабилизацию и кучность, на данный момент времени это наиболее весомые характеристики ствола.

### ***Приборы для измерения геометрических параметров внутренних цилиндрических поверхностей ствола***

Для того, чтобы выстрелы были точными и показатели пробиваемости брони были высокими, необходимо контролировать параметры ствола.

Основой конструкции всех стволов является внутренняя труба – моноблок. На основе этой трубы определяются основные характеристики артиллерийской системы, которые должны быть обеспечены технологией ее изготовления [6]. Ниже перечислены параметры, которые необходимо контролировать, чтобы оружейный ствол работал исправно:

– допуски на размеры диаметров канала ствола по полям и нарезами задаются из условий центрирования снаряда. Величина данных допусков для нарезных орудий принимается в пределах от 0,10 до 0,40 мм на диаметр. Допуск на диаметр  $D$  гладких стволов (рис. 2. а) зависит от вида ствола, например, у ствола миномета калибром 120 мм он составляет 0,1 мм, а для оружейных стволов, например калибра 125 мм, может быть равным 0,15 мм [7]. Следует отметить, что диаметр  $D$  по нарезами стволов (рис. 2. б) с переменной глубиной нарезов должен изменяться в соответствии с заданным уменьшением глубины, например 0,10 мм на 1 м [8];

– глубина  $t$  и ширина  $h$  нарезов, угол  $\alpha$  их наклона (рис. 2. б). Угол наклона нарезов у стволов принимают равным от  $4,5^\circ$  до  $6^\circ$ ;

– прямолинейность оси характеризуется значениями  $R, R_1 \dots R_n$  (допустимая кривизна оси) отверстия трубы (рис. 2. в, г). Наружная поверхность трубы должна быть строго концентричной относительно продольной оси канала ствола;

– допустимая разнотолщинность стенок поперечного сечения трубы по всей длине ствола. Овальность отверстия, определяемая разностью взаимно перпендикулярных размеров  $D_1$  и  $D_2$  диаметров (рис. 2. а) в каком-либо сечении трубы, не должна превышать половины допуска на диаметр или значение в диапазоне от 0,05 до 0,08 мм [8].

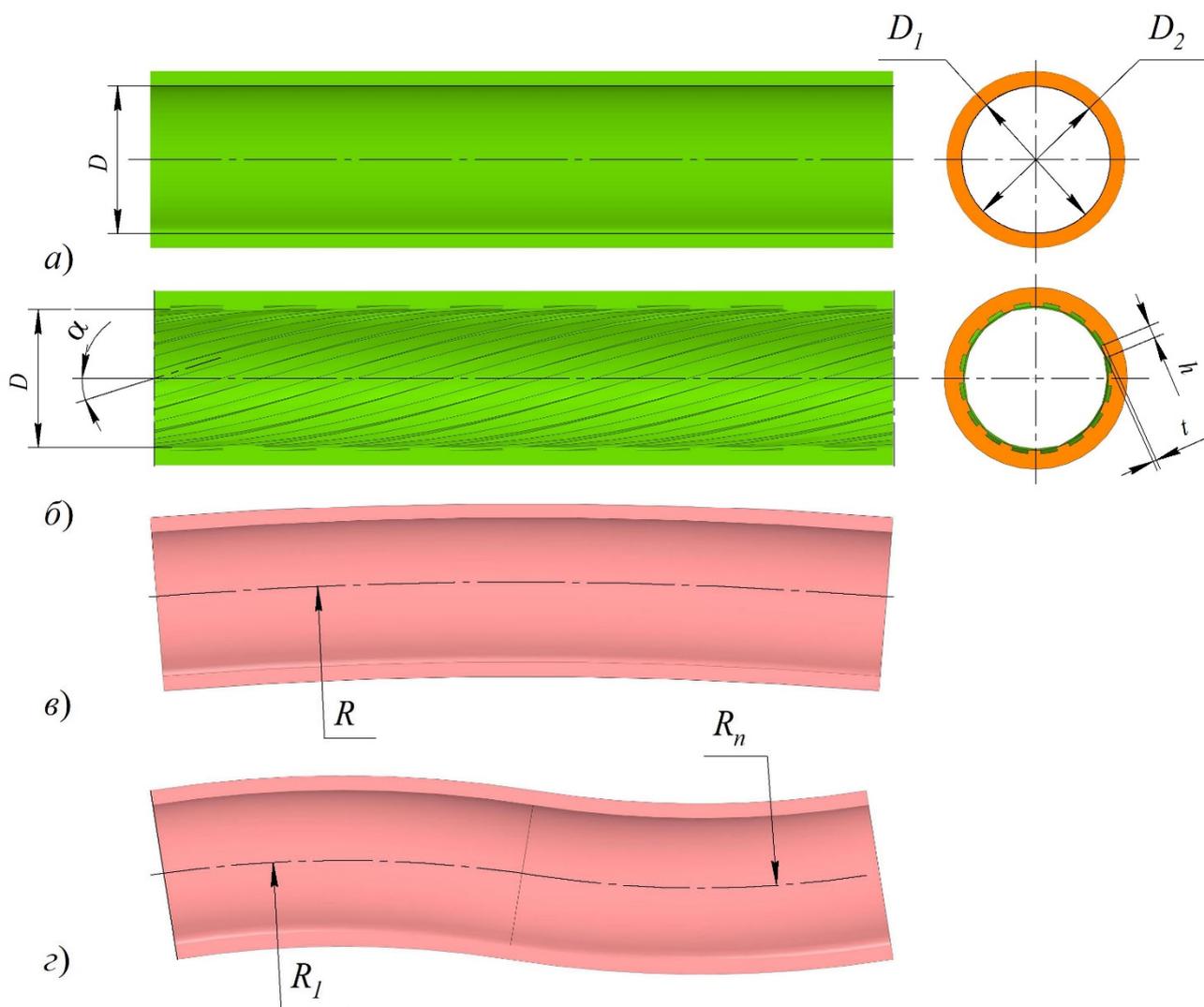


Рис. 2. Контролируемые характеристики оружейных стволов

В промышленности для контроля названных характеристик используют специальные устройства, которые позволяют измерять один из параметров. Например, нутромер – высокоточный инструмент, предназначен для измерения размеров отверстий, пазов и внутренних поверхностей различных деталей. Нутромер работает по принципу радиусометра при измерении диаметра, однако, в отличие от него, способен замерять диаметр в труднодоступных местах [9].

Без использования измерительного инструмента точные проведения замеров невозможны, однако нутромеры непригодны для измерения больших диаметров стволов без дополнительных насадок.

Так же существует метод качественного контроля ствола при помощи оптико-электронного прибора, который представляет собой эндоскоп. Эндоскопы – это группа оптических приборов различного назначения. Технические эндоскопы предназначены для визуального контроля труднодоступных полостей технических объектов [10]. Данный вид оборудования позволяет получать изображение канала ствола и снимки его нарезов для оценки их состояния, без определения количественных характеристик.

Современные тенденции развития измерительной техники направлены на разработку автоматических многофункциональных систем, ориентированных на комплексное исследование объекта. Отсюда сформулирована концепция разработки универсального прибора для измерения и контроля основных характеристик нарезного и гладкого орудийного ствола.

### ***Метод измерения, положенный в основу разрабатываемого прибора***

Основой принципа работы прибора является косвенный контактный метод измерения, информационный параметр снимается с подвижных измерительных стержней, соприкасающихся с контролируемой поверхностью орудийного ствола. Вычисление исследуемой характеристики выполняется в блоке обработки информации с выводом результатов на монитор в виде графической визуализации профиля канала ствола и численных значений. Непрерывное измерение выполняется в процессе автоматического линейного и вращательного перемещения измерительного устройства вдоль канала ствола. После чего полученные результаты сверяются с идеальными параметрами орудийного ствола. Разрабатываемый прибор предназначен для измерения параметров гладкого и нарезного стволов. В зависимости от типа ствола прибор будет автоматически подстраиваться, и контролировать все необходимые параметры для исправной работы ствола. На рис. 3 представлено схематическое изображение прибора внутри орудийного ствола.

Измерительное устройство работает следующим образом. Опрос пар измерительных датчиков I, II и III выполняется с определенной частотой. Информационными параметрами являются смещения измерительных стержней  $l_1$  и  $l_2$  в соответствующих парах. Диаметр канала ствола  $D$  вычисляется по значениям  $Il$ ,  $IIl$ ,  $IIIl$  в соответствующих сечениях. Овальность вычисляется разностью диаметров в перпендикулярных плоскостях. Искривление канала ствола характеризуется стрелкой прогиба на базовом расстоянии  $b$  и вычисляется по измеренным значениям  $Il_1$ ,  $IIl_1$ ,  $IIIl_1$  ( $Il_2$ ,  $IIl_2$ ,  $IIIl_2$ ). Непрерывное вращательно-поступательное движение вдоль канала ствола осуществляется при помощи электропривода и роликов, установленных под определенным углом к оси канала ствола [11].

При контроле нарезных стволов для перемещения прибора вдоль канала предполагается автоматическая установка роликов в зависимости от угла нарезки. Угол поворота роликов измеряется и является информационным пара-

метром при измерении угла  $\alpha$  (см. рис. 2. б). Измерительное устройство оснащается видеокамерой для контроля дефектов контролируемой поверхности.

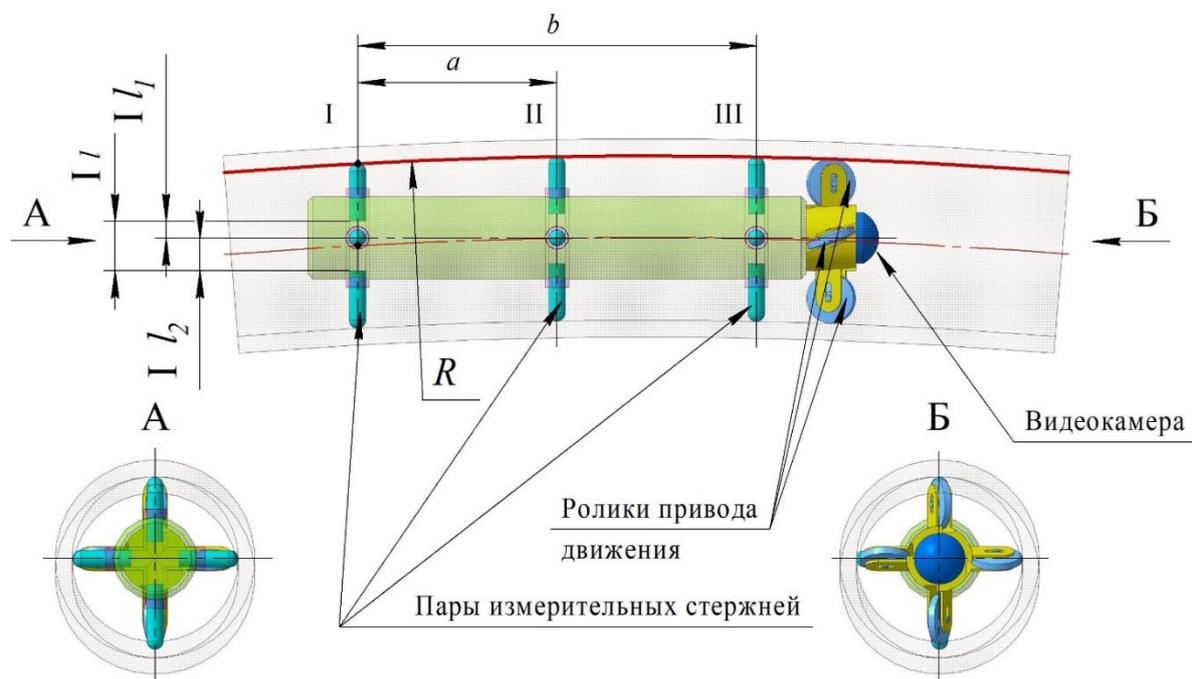


Рис. 3. Принцип работы измерительного устройства

Достоинством предлагаемого метода является многофункциональность, т. е. одно измерительное устройство позволяет выполнить комплексное исследование разных типов стволов и измерения всех основных параметров за один проход без существенной перенастройки. Возможна замена измерительных стержней в зависимости от калибра оружейного ствола.

### *Заключение*

Разработка многофункционального прибора для контроля геометрических характеристик ствола является одной из важнейших задач для военной техники. Предлагаемое схемное решение прибора позволяет в автоматическом режиме измерять геометрические характеристики внутренней поверхности как нарезного, так и гладкого стволов орудий в широком диапазоне калибров. Возможен автоматический выпуск сертификата ствола с указанием его характеристик по сечениям с заданным шагом.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бронетехника [Электронный ресурс].– URL: <https://topwar.ru/151390-o-preimuschestvah-glادkostvolnyh-tankovyh-pushek.html/>, (дата обращения: 06.03.2020).
2. Проверка геометрических параметров деталей [Электронный ресурс].– URL: <https://ooo-justas.ru/articles/kontrol-geometricheskih-parametrov-detalej/>, (дата обращения: 27.02.2020).

3. Ангельский Р. Д. Отечественные противотанковые комплексы: Иллюстративный справочник. – М.: АСТ, Астрель, 2002. — 192 с.
4. Никифоров Н. Н., Туркин П. И., Жеребцов А. А., Галиенко С. Г. Артиллерия. – М.: Воениздат, 1953. – 473с.
5. Солянкин М. В., Павлов М. В., Павлов И. В., Желтов И.Г. Отечественные бронированные машины XX век : [В 4 т.] – М. : Экспринт, 2002. – 343с.
6. Исмагилов Р.С. Артиллерия и минометы XX века : Справочник. – М.: Русич, 2001. – 77 с.
7. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник .– СПб.: Политехника, 2001. –576 с.
8. Орудийные стволы [Электронный ресурс]. – URL: [https://ozlib.com/835523/tehnika/orudiynye\\_stvoly/](https://ozlib.com/835523/tehnika/orudiynye_stvoly/), (дата обращения: 17.03.2020).
9. Нутромер индикаторный [Электронный ресурс]. – URL: <https://ironpark.deal.by/g5435877-nutromer-indikatornyj/>, (дата обращения: 27.02.2020).
10. Технические эндоскопы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ntcexpert.ru/110-acenter/tehnicheskie-endoskopy/>, (дата обращения: 17.03.2020).
11. Михайлов И.О. Оптико-электронное устройство для контроля поперечного размера стержней повышенной точности. - Новосибирск.: Вестник СГУГиТ, 2002. № 7. С. 165-169.

© Л. С. Таранова, И. О. Михайлов, 2020