

УДК 621.002.56

DOI 10.22213/2410-9304-2017-3-41-50

В. В. Скобелева, магистрант*А. В. Щенятский*, доктор технических наук, профессор*Ю. Б. Брызгалов*, доктор технических наук, доцент

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДЛИННЫХ ОТВЕРСТИЙ И МЕТОДОВ ИХ КОНТРОЛЯ

С целью исследования влияния отделочных и конечных операций на геометрию ствола определены принципы работы создаваемого мобильного мехатронного устройства.

Задачей изобретения является апробация предлагаемого способа измерения диаметра канала ствола, на основе которого можно создать гамму устройств, пригодных для проведения контроля стволов любых калибров. Одними из предъявляемых требований к устройству являются низкая стоимость, долговечность, простота процесса измерения при сохранении высокой точности.

Технический результат – повышение точности измерений при уменьшении стоимости измерительного оборудования, выявление дефектов диаметра канала ствола.

В статье приведен анализ параметров, влияющих на кучность и точность стрельбы. Рассматриваются современные устройства и способы измерения длинных отверстий с макрорельефом. В данной статье рассмотрены наиболее известные измерительные приборы. Для наглядности устройства представлены в сравнительной таблице, в которой указаны: чувствительный элемент, комплектующие, преимущества и недостатки.

Рассматриваются датчики, работающие по различным признакам, с помощью которых может быть реализовано разрабатываемое устройство. Также приведена сравнительная таблица чувствительных элементов, где рассматриваются принцип работы, преимущества и недостатки. На основе анализа одним из перспективных видов измерения параметров отверстия с малым диаметром является контактный метод, основанный на применении в качестве чувствительного элемента пьезодатчика. Стоимость измерительного комплекса незначительная и может быть изготовлена в большом количестве по доступным для простого потребителя ценам. С точки зрения промышленности легок в изготовлении. Наличие такого устройства позволит провести контроль параметров канала ствола как российских, так и зарубежных производителей, для проведения анализа, спустя некоторое время, позволит установить, как происходит износ канала ствола во время его эксплуатации, и выявить закономерность износа.

Ключевые слова: контактный метод, чувствительный элемент, измерительное устройство канала ствола, длинное отверстие с малым диаметром.

Введение

В настоящее время все большее распространение приобретает цифровая беспроводная система передачи измерительной информации.

В современном мире имеется множество методов диагностики длинных отверстий с различным диаметром. Выбор мехатронного измерительного устройства зависит от

того, какие задачи и проблемы следует решить измеряемым прибором.

Задачей изобретения является создание универсального способа измерения диаметра канала ствола, на основе которого можно создать устройство, пригодное для измерений в стволах любых калибров, сочетающее низкую стоимость и высокую износостойчивость измерительной аппаратуры с про-

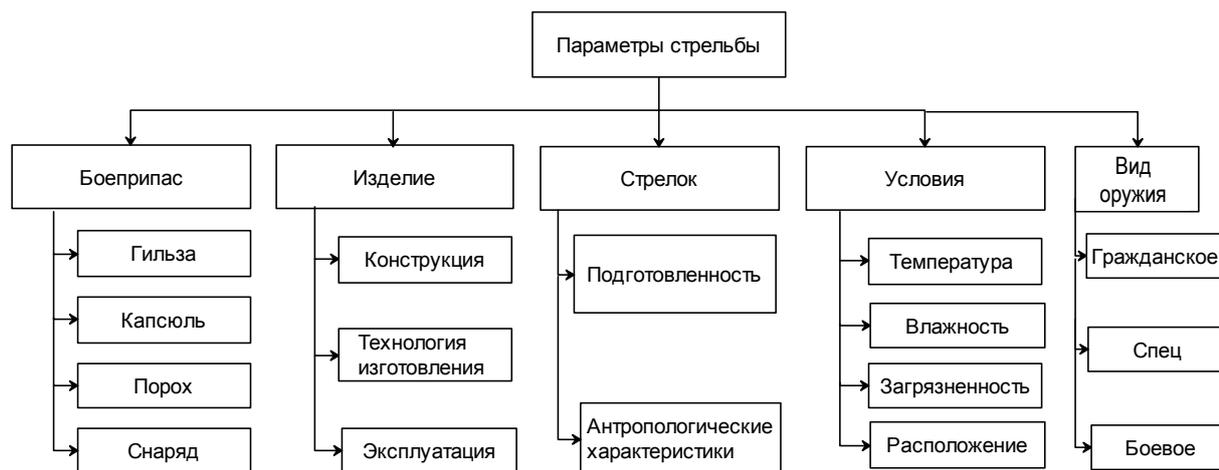
стотой процесса измерений при сохранении высокой точности.

С целью исследования влияния отделочных и конечных операций на геометрию ствола создается мобильное мехатронное устройство. Наличие такого устройства позволит провести контроль параметров канала ствола как российских, так и зарубежных производителей. Возможность хранения и передачи информации мехатронным устройством внешним гаджетам позволяет хранить данные измерений, проведенных в различное время, в том числе и через установленные интервалы, что позволит установить, как происходит износ канала ствола во время его эксплуатации.

Анализ параметров, влияющих на точность и кучность стрельбы

На сегодняшний день мехатроника все больше находит применение в различных отраслях промышленности. Не стало исключением направление, тесно связанное с ОПК, производящим различные виды вооружения, от стрелковых комплексов до баллистических ракет. В нашем регионе, который издавна славится разработками в области стрелкового оружия, производится большое число военных и гражданских образцов различных калибров и назначений.

Качество и средняя точка попадания готового изделия непосредственно зависит от боеприпаса, конструкции и технологии изготовления образца (рисунок).



Параметры, влияющие на точность стрельбы

Способ изготовления ствола наиболее сильно влияет на кучность по сравнению с другими. Качество ствола определяют жесткие стандарты производителя и качество металла.

Технология изготовления ствольных заготовок начинается сковки, которая не только придает заготовке ствола внешнюю форму, приближающуюся к готовому стволу, но и обеспечивает улучшение структуры стали благодаря уменьшению ее зернистости. Следует отметить, что при обычной

ковке около 15 % стали уходит в окалину. Для снятия внутренних напряжений в откованных заготовках их нагревают до (примерно) 850–860 градусов и выдерживают около получаса. Точные параметры нагрева зависят от марки ствольной стали и толщины заготовки. Задача снятия внутренних напряжений очень важна для всех стадий производства стволов. Особенно важно, чтобы не было напряжений в готовой ствольной трубке, предназначенной для образования ствольных блоков из двух или более ство-

лов. Наличие внутренних напряжений приводит к заметной деформации стволов после пайки. Более того, высокий разогрев внутренней поверхности стволов при стрельбе, особенно интенсивной, может вызвать необратимую деформацию ствола, если в нем оставались напряжения. После нормализации проводят закалку. Суть ее заключается в получении оптимальных свойств за счет формирования тонкой структуры металла.

Термически обработанную заготовку тщательно рихтуют. Это делают, чтобы при сверлении, которое происходит при вращении заготовки, она не вибрировала. Рихтуют заготовку в горизонтальном положении при вращении, корректируя ее форму прижимными роликами.

После рихтования заготовку снова подвергают нагреву для снятия внутренних напряжений, затем торцуют с обеих сторон и снимают фаски. После этого приступают к самому тонкому процессу в изготовлении ствола – сверлению. Для глубокого сверления, особенно в длинной заготовке с низкой продольной устойчивостью, используют специальные станки, похожие на токарные. В них закрепленная заготовка вращается, а специальное сверло движется поступательно.

Перед тем как приступить к обработке наружной поверхности ствола, его рихтуют: проверяют прямолинейность оси канала и при необходимости выправляют ее с помощью винтового прессы. Проверку правильности канала осуществляют по теневым кольцам.

После формирования канала ствола далее идет операция токарной обработки ствола снаружи. Эти токарные обработки могут привести к некоторой деформации ствола. Поэтому ствол в очередной раз контролируют по теневым кольцам и при необходи-

мости рихтуют. Чистовое обтачивание и шлифование производится после того, как отдельно прошлифовываются шейки для люнетов. Заключительная стадия изготовления ствольных трубок – тонкое шлифование, называемое в оружейном деле хонингованием. Существенным прогрессом в изготовлении ружейных стволов является их ковка на оправке. При изготовлении стволов методом ротационной горячейковки используют заготовки длиной 260–280 мм и диаметром около 35 мм. В ней сверлом Байснера делают сквозное отверстие диаметром 20,5 мм. Заготовку закрепляют на закаленной, тщательно отполированной оправке, имеющей форму внутренней поверхности готового ствола. После электроиндукционного прогрева заготовки до необходимой температуры ее подают в зонуковки, где она, вращаясь вдоль своей оси, проходит под ударами крестообразно расположенных молотов. За полторы минуты заготовка принимает внешнюю и внутреннюю форму ствола с патронником. Закалка после такой проковки не проводится. Внешнюю форму ствола доводят токарным обтачиванием и шлифованием. Канал ствола начерно проходит разверткой. Окончательную обработку канала ствола, включая патронник и дульное сужение, проводят после сборки ствольного блока.

Еще более прогрессивным методом изготовления стволов является холодная ковка на оправке. Одно из ее преимуществ в том, что она экономит около 15 % дорогой ствольной стали, уходящей в окалину при горячейковке. Кроме того, внутренняя поверхность ствола получается точной копией оправки, так что можно получать полностью готовые стволы (с патронником, дульным сужением и нарезами). Поверхность канала ствола требует только полировки.

К тому же структура холоднокованого ствола обеспечивает ему высокие механические свойства. Правда, холодная ковка требует более мощных молотов и большей продолжительности. Она длится чуть более трех минут. Внешнюю форму доводят обтачиванием и полированием. Проверку правильности оси канала проводят и после этой технологии и, если есть необходимость, рихтуют. Завершающей стадией изготовления отдельных ствольных заготовок является отстрел и клеймение [1].

Известно, что на результат выстрела влияет:

1. Подбор боеприпасов.

Подбор патрона сводится к поиску наиболее прогнозируемой вибрации ствола, чтобы пуля покидала ствол при одном и том же пространственном положении дульного среза. Повреждение донца пули ведет к резкому ухудшению кучности.

Прежде всего, различия скоростей пуль могут быть связаны с используемыми боеприпасами. Различия могут проявляться в геометрических размерах пуль и гильз, их форме, весе, соосности осей пули и гильзы, а также в глубине посадки пули в гильзу, в усилении обжима (кримпа). Может быть, также различно качество пороха, плотность и вес заряда. Наиболее точные патроны имеют минимальные допуски [2].

Другим фактором, влияющим на начальную скорость, является нагрев или состояние ствола. Различие начальных скоростей может быть также связано с различием температуры порохового заряда, которая, например, изменяется от нахождения патрона в патроннике, нагретого от стрельбы ствола или от температуры наружного воздуха.

2. Дульный срез ствола.

Пуля должна покидать ствол правильно, и отвечает за это дульный срез. Если дуль-

ный срез выполнен с наклоном по отношению к оси ствола, то пороховые газы, истекающие за пулей, создают реактивный эффект, который отклоняет пулю и приводит к ухудшению кучности. Такой же эффект наблюдается, если дульный срез выщербленный или повреждена околoduльная нарезная часть ствола. Дульный срез должен быть ровным по всей окружности, любые отклонения от нормы серьезно ухудшают кучность.

3. Подгонка затворной группы и затяжка ложевых винтов.

Подобные манипуляции могут улучшить показатели хорошо изготовленного ствола, но заставить точно стрелять дефектный ствол они не в состоянии.

Затворная группа, расположенная со смещением относительно оси ствола, может частично ухудшить кучность винтовки, все же качество изготовления ствола в гораздо большей степени влияет на кучность.

В целом можно сказать, что изготовление высококачественной винтовки – процесс весьма трудоемкий, который в большей степени основывается на опытном подборе всех комплектующих и патрона. Но в то же время этот вопрос мало изучен, так как существует масса серийных моделей винтовок, которые отличаются отменным кучным боем, несмотря на невысокое качество деталей, из которых они собраны [3].

4. Подготовка стрелка.

Понимается целенаправленный процесс овладения специальными тактическими знаниями, умениями и навыками, позволяющими наиболее эффективно использовать все разнообразие технических приемов и способов их выполнения и развивать у стрелков способность формировать, выбирать и реализовывать наиболее рациональные и адекватные сложившимся условиям программы тактики выполнения одиночного выстрела.

Совершенно очевидно, что производство точного выстрела находится в прямой зависимости от степени неподвижности тела стрелка с оружием при подготовке к стрельбе. Необходимо уметь сохранять от выстрела к выстрелу не только устойчивую, но и однообразную изготровку. Поэтому-то стрелок и должен, приступив к отстрелу серии выстрелов, стараться в изготровке сохранять по возможности все неизменным: не сходить с места (или в точности восстанавливать перед каждым выстрелом ранее принятое расположение стоп ног), однообразно откидывать туловище влево, сохранять неизменной хватку, стараться однообразно загружать мышечный аппарат, в первую очередь правой части плечевого пояса и правой руки, то есть создавать одинаковые условия для производства каждого в отдельности выстрела.

Различие углов вылета и боковых смещений оружия влияет на точность стрельбы. Их можно разделить на две подгруппы: субъективные факторы и факторы, возникающие вследствие конструктивных особенностей оружия. К первым относят ошибки в прицеливании, смещение оружия в вертикальной и горизонтальной плоскости, возникающее вследствие неоднобразной изготровки к стрельбе, неустойчивого и неоднородного удержания оружия, нарушения дыхания, неплавного спуска и т. п. Ко вторым следует отнести колебания ствола, возникающие вследствие движения и ударов подвижных частей автоматики и отдачи оружия [4].

5. Условия.

Различие атмосферных условий, при которых ведется огонь. Сюда следует отнести температуру воздуха, направление и скорость ветра, атмосферное давление, влажность и т. п. Вследствие того что каждый выстрел производится в уникальных, только в данный момент существующих условиях,

определяемых каждым из перечисленных параметров, траектория полета пуль будет различаться. Однако если стрельба ведется в похожих условиях, в относительно короткий промежуток времени, то и траектории их полета должны быть схожими.

После проведения термоциклической обработки и сборки оружия в стволе остаются остаточные напряжения различной величины, которые влияют на конечную геометрию канала ствола, так как, например, при снятии металла для установки мушки или комбинированной мушки с пламегасителем производится подготовка внешней поверхности ствола в районе установки указанных выше деталей. В результате съема части наклепанного материала (упрочненного материала при ковке) размер канала ствола в соответствующей области изменится в большую сторону, что отрицательно сказывается на кучности стрельбы.

Обзор современных устройств и способов измерения длинных отверстий с макрорельфом

В современном мире имеется множество методов диагностики длинных отверстий с различным диаметром. Выбор мехатронного измерительного устройства зависит от того, какие задачи и проблемы следует решить измеряемым прибором. В табл. 1 приведены известные измерительные приборы.

С целью исследования влияния отделочных и конечных операций на геометрию ствола создается мобильное мехатронное устройство. Наличие такого устройства позволит провести контроль параметров канала ствола как российских, так и зарубежных производителей, для проведения анализа, спустя некоторое время, позволит установить, как происходит износ канала ствола во время его эксплуатации.

Таблица 1. Сравнительная таблица известных измерительных приборов для длинных отверстий с малым диаметром

Устройство	Комплектующие	Чувствительный элемент	Преимущества / недостатки
Жесткие эндоскопы	Визуальная и осветительная системы. Визуальная система: линзовая, стержневая или градиентная оптика, которая заключена во внутреннюю металлическую трубку. Осветительная система оптического волокна, которое расположено между двумя металлическими трубками: наружной и внутренней	Оптический чувствительный элемент	Высокая разрешающая способность – до 2S линий на миллиметр. При этом необходимо учитывать, что увеличение поля зрения приводит к уменьшению детализации, т. е. можно видеть много и мелко или мало и крупно
Гибкие эндоскопы	Визуальная система и система передачи света: волоконная оптика смонтированной внутри гибкой трубки с управляемым дистальным концом. Канал для передачи изображения: линзовый объектив, оптоволоконно окуляр, диоптрийная подвижка. Канал для передачи света: светорассеивающая линза, вклеенная в головку прибора, световолоконный жгут, осветитель	Оптический чувствительный элемент	Является более низкая разрешающая способность
Видеоэндоскопы	Оптико-механический адаптер с видеокамерой, присоединяемый к окуляру эндоскопа, блок управления и монитора	Видеокамера, оптоволоконно	Производятся видеоэндоскопы с диаметрами рабочей части 6, 8, 10, 12, 16 и 20 мм и длиной от 2 до 30 м. Имеют разрешающую способность порядка 470 ТВ линий (Б-УНЗ)
Пневмопробки	Корпус, измерительная головка, камера, индикаторный прибор, измерительная головка, съемная камера	Видеокамера	Предельная погрешность измерений не превышает 0,25 мкм, для измерения проходных сечений отверстия $D = 2,5+0,0005$ мм длиной 13–0,1 мм
Измерительное устройство канала ствола	Состоит из автоматической головки определенного диаметра, оснащенной конденсаторными датчиками по диаметру. Дополнительно оснащена камерой, и лазерным датчиком для исследования трещин	Видеокамера, конденсаторные датчики, лазерные датчики	Бесконтактная, самоцентрирующаяся, набор головок под различные калибры от 4,6 мм и до 155 мм и более и головкой для проверки камер. Недостатки: при малых диаметрах не исследует ствол на эрозию

В качестве прототипов проанализируем несколько наиболее близких по технической сущности устройств измерения диаметра канала ствола.

В рассматриваемом изобретении [5] описывается устройство, относящееся к военной технике, и может быть использовано для контроля возникших в процессе эксплуатации отклонений от первоначальной формы внутренних поверхностей стволов артиллерийских орудий с целью оценки пригодности таких стволов для последующей эксплуатации. Устройство контроля радиальных размеров канала ствола артиллерийского орудия содержит закрепленный на штанге корпус. На корпусе жестко закреплены контрольный и направляющий диски и, шарнирно, через сферический подшипник, соединительная втулка. Наружный диаметр контрольного диска выполнен равным максимальному наружному диаметру корпуса снаряда. Наружный диаметр направляющего диска выполнен равным диаметру внутреннего канала ствола, уменьшенному на величину, обеспечивающую свободное перемещение устройства по каналу. Достигается возможность оперативного контроля состояния артиллерийских стволов в местах эксплуатации [6].

Преимущество известного изобретения заключается в том, что устройство обеспечивает возможность оперативного контроля состояния артиллерийских стволов непосредственно в местах эксплуатации, что способствует безопасной эксплуатации военной техники.

Недостатками известного устройства являются:

- значительное усложнение аппаратуры;
- использование большого количества подвижных элементов точной механики, определяющих точность измерений.

Рассматриваемое изобретение [7] относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения износа гладких или нарезных стволов. Устройство для реализации способа на основе гидродинамических измерений содержит измерительный цилиндр с установочной штангой, герметизирующий фланец для подвода масла к казенной части ствола, заглушки для эжекторных отверстий, редуктор для регулирования давления и манометр для его измерения, масляный насос, резервуар с маслом, выходной дульный фланец с отверстиями для выпуска масла и фиксатором установочной штанги, мерный сосуд и секундомер для измерения времени наполнения мерника. В варианте устройства на основе аэродинамических измерений содержатся компрессор или баллон со сжатым воздухом и ротаметр для измерения расхода воздуха [8].

Изобретение повышает точность измерений, увеличивает долговечность измерительного оборудования при уменьшении его стоимости.

Недостатками известного изобретения являются:

- сложность конструкции;
- трудоемкость изготовления устройства;
- наличие большого количества составляющих устройства;
- сложность измерения.

При проведении информационно-патентного поиска было найдено несколько похожих аналоговых изобретений, решающих проблему диагностики длинных отверстий с макрорельефом, но все рассматриваемые известные изобретения обладают сложностью конструкции, трудоемкостью, большими габаритными размерами, соответственно, изготовление измерительного прибора является дорогостоящим процессом. Однако та-

кого измерительного устройства, у которого диагностика небольших длинных отверстий осуществлялась на основе пьезодачика, найдено не было. Вопросы миниатюризации требуют отдельного рассмотрения.

Анализ чувствительных элементов и датчиков и условий их применения

Разрабатываемое устройство может быть реализовано на датчиках, работающих по различным принципам, представленных в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительная таблица чувствительных элементов

Чувствительный элемент	Принцип работы	Преимущества / недостатки
Тензодатчик	Преобразование механической деформации в малое изменение сопротивления. Подходят для измерения статических и динамических напряжений, не искажают полученные данные	– Удобны при использовании в транспортных средствах или в экстремальных условиях работы; – небольшие размеры и масса позволяют использовать в любых измерительных устройствах; – простота в изготовления
Пьезодатчик	Основаны на использовании пьезоэлектрического эффекта: появление электрических зарядов на поверхности некоторых кристаллов под влиянием механических напряжений. Позволяют использовать пьезоэлектрические чувствительные элементы в датчиках илы, давления, вибрации. Пьезоэлектрический ЧЭ является знакочувствительным, т. е. знак заряда изменяется при замене сжатия на напряжение	– Практически безынерционны, поэтому они могут использоваться для исследования быстроизменяющихся усилий и деформаций; – высокая механическая прочность и надежность работы в широком диапазоне температур. Так, пьезокристаллические датчики надежно работают при температурах от -240 до 260 °С, а пьезокерамические – от -55 до 100 °С; – не позволяют производить измерения от 0 Гц и требуют динамической калибровки
Оптический	Применим в паре светоизлучатель – светоприемник. Бесконечный метод измерения основан на поглощении, лучепреломлении, лучеотражении	– Высокая чувствительность, быстродействие позволяют строить высоконадежные и точные датчики; – низкая разрешающая способность
Емкостной	Датчик работает на определение изменения емкости в этой цепи. Между окружающей средой и датчиком существует электростатическое поле, при изменении емкости в данном поле (при попадании в поле любого объекта) происходит срабатывание. Датчик имеет чувствительную поверхность, образованную двумя электродами конденсатора, включенного в цепь обратной связи высокочастотного генератора. Приближение объекта воздействия из металла или диэлектрика к чувствительной поверхности	– Простота изготовления, использование недорогих материалов для производства; – малые габариты и вес; – низкое потребление энергии; – высокая чувствительность; – отсутствие контактов (в некоторых случаях – один токосъем); – долгий срок эксплуатации; – потребность весьма малых усилий для перемещения подвижной части емкостного датчика; – простота приспособления формы датчика к различным задачам и конструкциям;

Окончание табл. 2

Чувствительный элемент	Принцип работы	Преимущества / недостатки
	увеличивает емкость между электродами конденсатора и вызывает увеличение амплитуды колебаний генератора. При достижении амплитудой генератора порогового значения, схемой управления формируется выходной сигнал электронного ключа датчика, который используется для коммутации электрических цепей и сигнализации	– сравнительно небольшой коэффициент передачи (преобразования); – высокие требования к экранировке деталей; – необходимость работы на повышенной (по сравнению с 50 Гц) частоте [9]

Задачей изобретения является апробация предлагаемого способа измерения диаметра канала ствола, на основе которого можно создать гамму устройств, пригодных для проведения контроля стволов любых калибров. Одними из предъявляемых требований к устройству являются низкая стоимость, долговечность, простота процесса измерения при сохранении высокой точности.

Технический результат – повышение точности измерений при уменьшении стоимости измерительного оборудования, выявление дефектов диаметра канала ствола.

Одним из перспективных видов измерения параметров отверстия с малым диаметром является контактный метод, основанный на применении в качестве чувствительного элемента пьезодатчика. Стоимость измерительного комплекса незначительная, он может быть изготовлен в большом количестве, по доступным для простого потребителя ценам. С точки зрения промышленности легок в изготовлении.

Заключение

На сегодняшний день общество нацелено на развитие ОПК и мехатроники.

Развитие научно-технического прогресса в измерительной и микропроцессорной технике, разработка новых качественных измерительных устройств дают импульс для раз-

вития приборов диагностики длинных отверстий с малым диаметром, которые могут использоваться не только в ОПК, но и в медицине, строительстве и других областях.

С целью исследования влияния отделочных и конечных операций на геометрию ствола определены принципы работы создаваемого мобильного мехатронного устройства. Наличие такого устройства позволит провести контроль параметров канала ствола как российских, так и зарубежных производителей, для проведения анализа, спустя некоторое время, позволит установить, как происходит износ канала ствола во время его эксплуатации, и выявить закономерность износа.

Библиографические ссылки

1. Пат. 2487308 Российская Федерация. МПК: F41A31/00, F41A31/02, F41A35/00. Устройство для контроля каналов стволов артиллерийских орудий при эксплуатации [Электронный ресурс] / Краснопольский В. Н., Ярыгин С. А., Сойкин Г.Т.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Завод № 9» (ОАО «Завод № 9»); заявл. 08.11.2011; опубл. 10.07.2013. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/248/2487308.html> (дата обращения: 29.11.16).
2. Там же.
3. Пат. 2368885 Российская Федерация. МПК: G01N3/56 (2006.01), G01B13/12 (2006.01),

F41A31/02 (2006.01). Способ измерения износа канала ствола и устройство для его осуществления (варианты) [Электронный ресурс] / Зверев Ю. В., Котляр П. Е., Мишнев В. И., Назаренко С. И.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирское высшее военное командное училище (военный институт)» Министерства обороны Российской Федерации. – № 2007125489/28; заявл. 10.01.2009; опубл. 27.09.2009 URL: <http://www.findpatent.ru/patent/236/2368885.html> (дата обращения: 29.11.16)

4. Там же.

5. Юрьев А. А. Пулевая спортивная стрельба [Электронный ресурс]. – URL: http://www.shooting-ua.com/books/book_111.htm (дата обращения: 29.11.2016).

6. Там же.

7. Шерешевский М. С., Гонтарев А. Н., Минаев Ю. В. Эффективность стрельбы из автоматического оружия. – М. : ЦНИИ информации, 1979. – 328 с.

8. Там же. С. 148.

9. Электротехническая энциклопедия. Датчики [Электронный ресурс]. – URL: http://electrolibrary.info/subscribe/sub_16_datchiki.htm (дата обращения: 19.12.2016).

V. V. Skobeleva, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU

A. V. Shchenyatskiy, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

Yu. B. Bryzgalov, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU

Analysis of errors of long holes and methods for their control

In order to study the influence of finishing and final operations on the geometry of the barrel, the principles of operation of the mobile mechatronic device being created are determined.

The aim of the invention is to test the proposed method for measuring the diameter of the barrel bore, on the basis of which it is possible to create a gamut of devices suitable for monitoring barrels of any caliber. One of the requirements for the device is low cost, durability, simplicity of the measurement process while maintaining high accuracy.

The technical result is an increase in the accuracy of measurements with a reduction in the cost of measuring equipment, detection of defects in the diameter of the barrel bore.

The paper gives an analysis of the parameters influencing the density and accuracy of firing. Modern devices and methods for measuring long holes with macrorelief are considered. In this section, the most famous measuring instruments are considered. For clarity, the devices are presented in a comparative table, which indicates: the sensor element, components, advantages and disadvantages.

Sensors working on different grounds are considered, with the help of which the device under development can be realized. A comparative table of sensing elements is also given, where the principle of operation, advantages and disadvantages are considered. Based on the analysis, one of the promising types of measurement of the parameters of a hole with a small diameter is the contact method based on the use of a piezoelectric sensor as a sensitive element. The cost of the measuring complex is insignificant and can be made in a large number, at affordable prices for a simple consumer. From the point of view of the industry it is easy to manufacture. The presence of such a device will allow monitoring the parameters of the barrel channel of both Russian and foreign manufacturers, for analysis, after some time, it will be possible to establish the wearing process of the barrel bore during its operation and to reveal the regularity of wear.

Keywords: contact method, sensor, measuring device of the barrel bore, long hole with small diameter.

Получено: 07.06.2017