

На правах рукописи



Голицын Александр Андреевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ОПТИКО-
ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИЦЕЛОВ ДЛЯ СТРЕЛКОВОГО
ОРУЖИЯ**

Специальность 05.11.07

Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор
Дмитриев Александр Капитонович

Официальные оппоненты: **Айрапетян Валерик Сергеевич**, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», заведующий кафедрой «Специальные устройства и технологии»

Двойнишников Сергей Владимирович, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

Защита состоится 23 октября 2018 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д.212.173.08 в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по адресу: 630073, г. Новосибирск, проспект К.Маркса, 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» и на сайте www.nstu.ru

Автореферат разослан « » сентября 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат технических наук, доцент



Виктория Викторовна Вихман

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Стрелковое оружие – это основной вид вооружения любой армии мира или силовой структуры. Эффективность использования оружия зависит от нескольких факторов, среди которых не малую роль играет установленное на оружии прицельное приспособление, используемое для наведения оружия на цель. От используемого прицела зависит дальность эффективной стрельбы, количество выстрелов, необходимое для поражения цели, способность либо неспособность вести огонь в заданных условиях и некоторые другие факторы, которые определяют наличие или отсутствие технического преимущества перед противником.

Принцип действия цифровых оптико-электронных прицелов основан на преобразовании оптического изображения в электрические сигналы с последующей цифровой обработкой и отображением на дисплее. Конструктивно цифровой прицел напоминает собой цифровую видеокамеру, с той лишь разницей, что прицел имеет крепление для установки на оружие, на дисплее прибора помимо наблюдаемых объектов отображается также прицельная шкала, а сам прибор является устойчивым к ударным нагрузкам и обладает свойством «несбиваемости» – расположение и ориентация объектива и фотоприемника прибора относительно оружия после выстрела не изменяются. Впервые подобные приборы были предложены в середине XX века, однако не получили распространения из-за невозможности их производства с использованием существовавшей на тот момент элементной базы.

Известно, что мировой рынок оптических и оптико-электронных технологий последние 10–15 лет развивается очень высокими темпами, а оптическая и оптико-электронная техника занимает одно из ведущих мест в ряду высоких новейших технологий. Постоянное совершенствование элементной базы позволяет реализовывать новые схемотехнические решения в устройствах получения и обработки изображений, обладающие большей производительностью и меньшим энергопотреблением, и в последнее время цифровые прицелы получают все большее распространение.

Степень разработанности темы исследования. В зарубежной литературе возможность использования видеокамер в качестве прицельных приспособлений для стрелкового оружия описывается с 1960-х годов, в основном в научно-популярных журналах в разделах, посвященных экипировке и оружию будущего.

С появлением новой элементной базы с середины 1990-х годов одновременно с появлением цифровых фото- и видеокамер во многих странах стали финансироваться программы, в рамках которых разрабатывались цифровые прицельные системы, например, программы Land Warrior (США), IdZ (Германия), FIST (Великобритания), COMFUT (Испания), IMESS (Швеция), FELIN (Франция) и позднее Uhlan 21 (Польша), F-Insas (Индия), Ратник (Россия). Началось активное патентование отдельных узлов оптико-электронной прицельной техники. А с середины 2000-х годов начался выпуск отдельных опытных и макетных образцов цифровых прицелов, приборы начали описываться в литературе и регулярно демонстрироваться на выставках.

В настоящее время существует несколько типов цифровых прицелов для стрелкового оружия, предлагаемых отечественными и зарубежными производителями (ANT, Elcan, Дедал, Пульсар, НПЗ и др.). Помимо достоинств они обладают рядом недостатков, среди которых

- сложность управления прибором из-за большого числа функций-регулировок и настроек прибора, а также необходимости настройки прибора для работы в конкретных условиях вручную;

- недостаточная чувствительность прибора при наблюдении в условиях низкой освещенности;

- усталость глаза стрелка при длительном использовании прицела;

- большое время прицеливания по малоразмерным целям;

- недостаточная кучности стрельбы при использовании прицела.

Цель работы – разработка адаптивных цифровых оптико-электронных прицелов для стрелкового оружия, обеспечивающих высокую информативность поля зрения и методов повышения кучности и точности стрельбы, в том числе по малоразмерным объектам на предельной дальности.

Для достижения поставленной цели были **поставлены следующие задачи**:

1. Разработать метод адаптации оптико-электронного прицела к меняющимся условиям наблюдения и исследовать его эффективность на основе созданного макетного образца.

2. Разработать и исследовать методы повышения информативности поля зрения прибора.

3. Разработать методы повышения эффективности стрельбы по малоразмерным объектам на предельной дальности.

4. Разработать и исследовать методы повышения точности и кучности стрельбы.

Научная новизна

1. Впервые предложен способ обработки изображения, позволяющий вести наблюдение в условиях изменяющейся яркости наблюдаемой обстановки.

2. Впервые разработан способ учета поправок путем смещения изображения относительно неподвижной прицельной марки, расположенной по центру дисплея, благодаря чему увеличивается информативность поля зрения прибора.

3. Впервые предложен и исследован алгоритм сглаживания изображения, увеличенного электронным способом, применение которого приводит к повышению кучности и точности стрельбы по малоразмерным объектам на предельной дальности.

4. Впервые разработан и исследован метод повышения кучности и точности стрельбы путем индикации наличия бокового наклона.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке методов увеличения информативности поля зрения цифрового прицела благодаря обработке изображения в условиях изменяющейся яркости наблюдаемой обстановки и учету поправок путем смещения изображения относительно неподвижной прицельной марки, расположенной по центру дисплея, а также в разработке способов повышения точности и кучности стрельбы. Результаты исследования могут быть использованы при создании перспективных цифровых прицелов видимого диапазона и тепловизионных прицелов.

Методология и методы исследования. Для достижения цели и решения поставленных задач использовались: теоретические, экспериментальные, численные методы исследования, статистическая обработка результатов лабораторных и полигонных испытаний макета цифрового оптико-электронного прицела. При разработке основных элементов макета цифрового прицела использовались системы автоматизированного проектирования электрических схем и печатных плат, системы автоматизированного проектирования и расчета оптических систем, программная платформа для верификации и отладки проектов на языках описания аппаратуры, а также среды разработки программного обеспечения для сигнальных процессоров,

микроконтроллеров и программируемых логических интегральных схем.

Положения, выносимые на защиту

1. Применение способа обработки изображения, позволяющего вести наблюдение в условиях изменяющейся яркости наблюдаемой обстановки.

2. Способ выверки прицела и учета поправок путем смещения изображения относительно неподвижной прицельной марки.

3. Алгоритм сглаживания изображения, увеличенного электронным способом, приводит к повышению кучности и точности стрельбы по малоразмерным целям на предельной дальности.

4. Повышение кучности стрельбы для стрелков начального уровня подготовки за счет применения в цифровом прицеле индикации бокового наклона.

Личный вклад. Все основные результаты, выводы и научные положения, приведенные в диссертационной работе, получены лично соискателем. Из десяти статей по теме диссертации, опубликованных в журналах из перечня ВАК, пять опубликованы без соавторов, в остальных статьях вклад соискателя составляет не менее 70%, среди них постановка задач исследований, проведение экспериментов, обработка результатов экспериментов.

Достоверность исследования обеспечена согласованностью расчетов с результатами экспериментов, достаточным объемом полученных экспериментальных результатов, использованием устоявшихся, апробированных исследовательских процедур. Результаты исследований опубликованы в десяти рецензируемых журналах и докладывались на различных семинарах и конференциях. Результаты исследований используются в научно-технической научно-производственной деятельности ИАиЭ СО РАН и Филиала ИФП СО РАН «КТИПМ».

Апробация работы. Промежуточные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научных форумах, конференциях и конгрессах: Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения (г. Москва, 2012, 2016), Молодежная конкурс-конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, 2012, 2016), V всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Информационные технологии и технический дизайн в профессиональном образовании и промышленности» (г. Новосибирск,

2013), Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы радиоэлектроники» (г. Красноярск, 2013, 2016), Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых ВНКСФ (г. Архангельск, 2013; г. Омск, 2015; г. Ростов-на-Дону, 2016; г. Екатеринбург, 2017), Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы обеспечения взрывобезопасности и противодействия терроризму» (г. Санкт-Петербург, 2013, 2014), Всероссийская конференция «Информационно-измерительные и управляющие системы военной техники» (г. Владимир, 2014), Всероссийская научно-техническая конференция «Наука. Промышленность. Оборона» (г. Новосибирск, 2015, 2016), Российская конференция «Фотоника» (г. Новосибирск, 2015), Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (г. Новосибирск, 2016), Международная конференция «Прикладная оптика 2016» (г. Санкт-Петербург, 2016).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 33 работы, в том числе 10 статей в журналах, входящих в перечень ВАК, 1 статья в прочих журналах, 22 статьи в сборниках материалов конференций. Получен 1 патент РФ на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 164 наименований, одного приложения. Объем основного текста диссертации – 172 страницы, в том числе рисунков – 66, таблиц – 10.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертации отражены актуальность темы исследования, определены цель и задачи работы. Отражена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе приводится аналитический обзор существующей прицельной техники, используемой на стрелковом оружии. Описываются преимущества и недостатки тех или иных технических решений, примененных в существующих на данный момент изделиях. Рассматриваются современные цифровые прицелы производства отечественного и зарубежного производства (НПЗ, Пульсар, КТИПМ, АТН, Armasight и др.), демонстрировавшиеся на выставках вооружений или доступные для приобретения. Проводится результат патентного обзора.

На основании проведенного аналитического обзора установлены проблемы и нерешенные задачи при разработке цифровых оптико-электронных прицелов:

- невозможность использования приборов в изменяющихся условиях наблюдения и необходимость их настройки для работы в конкретных условиях вручную;

- недостаточность чувствительности в условиях пониженной освещенности;

- недостаточность поля зрения при больших углах прицеливания;

- дискретность изображения цифрового прицельного устройства по сравнению с изображением, наблюдаемым в оптический прицел, трудность наблюдения малоразмерных объектов;

- необходимость проведения анализа способов повышения точности и кучности стрельбы при использовании цифрового прицела.

Во втором разделе рассмотрены вопросы построения основных узлов цифрового прицельного устройства и их взаимодействие между собой. На основе проведенного в первом разделе аналитического обзора сформулированы основные технические и эксплуатационные требования к новому цифровому прицельному комплексу. Разработаны и исследованы новые схемотехнические решения, предложены новые элементы конструкции некоторых узлов цифрового прицельного устройства, улучшающие технические характеристики изделия и упрощающие его использование.

Предложена схема построения процессора изображений на принципах реконфигурируемой высокопроизводительной системы, на базе которой реализованы аппаратно-программные модули, осуществляющие анализ и обработку изображений сцены автоматически без вмешательства оператора. Проведены исследования по применению различных алгоритмов обработки изображений, выбраны и реализованы наиболее оптимальные из них. Положительный эффект заключается в том, что прибор может применяться в быстроменяющихся условиях фоновой обстановки, одновременно отображать в полутонах яркие и темные объекты, и при этом ручная настройка и калибровка прибора не требуются.

На рисунке 1 представлен пример, демонстрирующий кусочно-линейное изменение контрастности изображения, алгоритм которого реализован в тракте получения и цифровой обработки изображения прибора. При наблюдении одновременно темных и светлых объектов, например, при попадании в поле зрения Солнца, возникает «пересвет»

одних объектов или «недосвет» других, признаком чего является двухмодальность гистограммы при значительно разнесенных друг относительно друга пиках (изображение и график слева). Алгоритм равномерно распределяет уровни интенсивности изображения по градациям яркости дисплея (изображение и график справа), но при этом не выводит элементы изображения в насыщение. Это позволяет повысить информативность всего изображения, а не его одной области в ущерб другим.

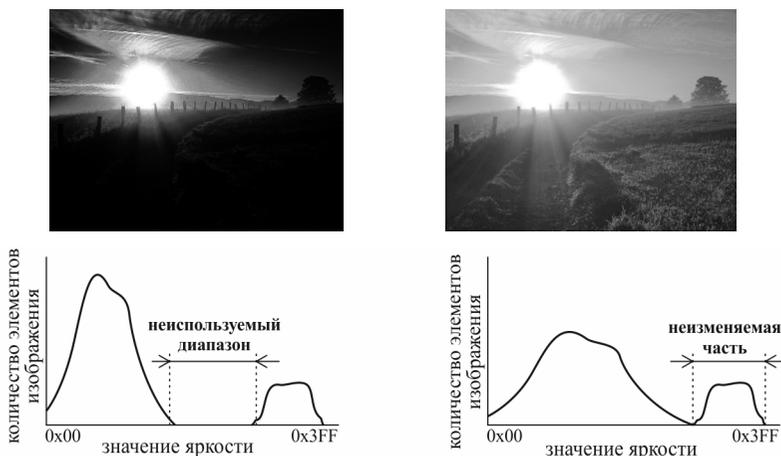


Рисунок 1 – Пример кусочно-линейного изменения гистограммы изображения

Для повышения чувствительности прицела предложено использование объектива класса суперапохромат, с хроматизмом положения, исправленным для четырех длин волн, и высоким относительным отверстием. На разработку подобного объектива было сформулировано техническое задание. Разработанный по этому заданию коллективом Филиала ИФП СО РАН «КТИПМ» объектив реализует широкий спектральный диапазон используемого фотоприемника (от 0,4 до 0,9 мкм), что увеличивает чувствительность всей системы за счет возможности наблюдения во всем диапазоне. Отсутствие необходимости перефокусировки объектива положительно сказывается на стабильности линии прицеливания прибора и на его герметичности за счет исключения из конструкции подвижных элементов.

Определено, что при выборе фотоприемного устройства не следует ограничиваться разрешением микромонитора. Более целесообразным является выбор фотоприемника с избыточным на первый взгляд разрешением, дающий возможность реализации метода

ввода поправок с неподвижной относительно центра поля зрения прицельной шкалой. Так как при этом прицельная марка остается по центру дисплея, у стрелка появляется возможность более эффективно использовать поле зрения прибора в момент прицеливания, как показано на рисунке 2. При смещении прицельной шкалы (Рисунок 2а) верхняя часть поля зрения не используется, а при смещении изображения (Рисунок 2б) в нижней части поля зрения появляются ранее невидимые объекты, являющиеся потенциальными целями.

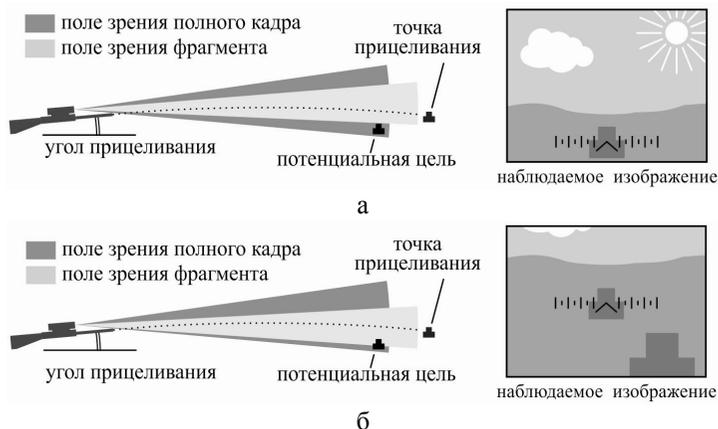


Рисунок 2 – Схематичное изображение процесса прицеливания

В третьем разделе рассмотрены способы улучшения кучности и точности стрельбы, а также уменьшения времени, необходимого на прицеливание. Предложена конструкция органов управления и функции, упрощающие взаимодействие стрелка с прибором.

Для удобства наблюдения и прицеливания по малоразмерным целям на предельной дальности, в условиях, когда в большом поле зрения необходимость отсутствует, в прицеле предусмотрена возможность электронного масштабирования изображения. Обычно для экономии вычислительных ресурсов в качестве электронного увеличения применяется алгоритм дублирования пикселей изображения, имеющий свой недостаток: при наблюдении увеличенного изображения возникает мерцание контуров объектов и изменяется их форма. Причиной этих эффектов является то, что в момент прицеливания происходит перемещение объекта относительно пикселей фотоприемника, а интенсивность яркости каждого пикселя, попавшего на границу малоразмерного объекта и фона, зависит от соотношения их площадей на данном пикселе (см. рисунок 3).

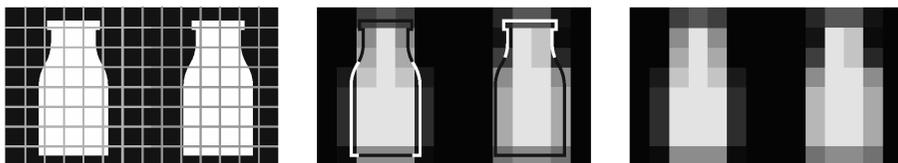


Рисунок 3 – Изменение формы изображения малоразмерного объекта в зависимости от его расположения на матрице фотоприемника

Применение алгоритмов сглаживания увеличенного изображения при его выводе на дисплей позволяет избежать ряби и изменения контуров наблюдаемых объектов, что приводит к увеличению точности позиционирования прицельного знака и к уменьшению времени прицеливания. Для реализации сглаживания в модуле видеообработки предложено использовать алгоритмы интерполяции. Экспериментальная проверка показала, что при использовании интерполяции увеличенного изображения мерцание контуров малоразмерных объектов при их движении в поле зрения не наблюдается, благодаря чему время наведения прицельного знака уменьшается. За счет возможности прицеливания с субпиксельной точностью также повышается точность и кучность стрельбы по малоразмерным объектам на предельной дальности.

Другим способом повышения точности и кучности стрельбы является индикация наличия бокового наклона, при превышении порогового значения 1° . Если винтовка держится не точно в вертикальной плоскости, а наклонена, например, в левую сторону, то пуля уйдет левее и ниже, как показано на рисунке 4.

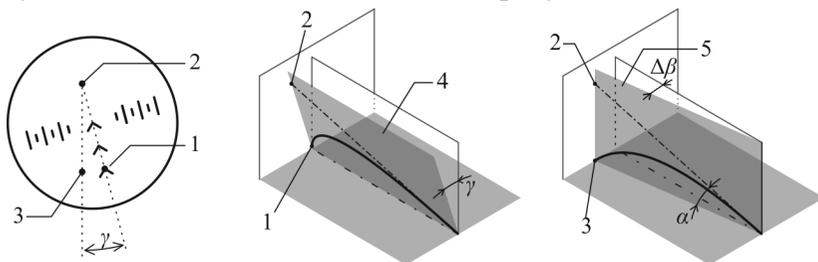


Рисунок 4 – Предполагаемая и реальная траектории полета пули при наличии бокового наклона оружия. 1 – точка прицеливания; 2 – точка направления ствола оружия; 3 – точка попадания; 4 – плоскость бокового наклона оружия (плоскость предполагаемой траектории полета пули); 5 – плоскость реальной траектории полета пули.

Отклонение пули тем больше, чем больше расстояние до цели и угол сваливания. Данный эффект возникает из-за того, что при стрельбе на некоторое расстояние ствол оружия расположен не

горизонтально, а с определенным наклоном (угол α), называемым углом прицеливания, необходимым для того чтобы компенсировать снижение пули, происходящее в процессе ее полета за счет действия силы тяжести. В случае, когда имеется боковой наклон (угол γ), точка направления ствола оружия оказывается смещенной относительно точки прицеливания, а, следовательно, смещается и точка попадания пули.

Ошибка вертикального угла прицеливания при этом равна

$$\Delta\alpha = (1 - \cos \gamma) \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

а ошибка горизонтального угла прицеливания равна

$$\Delta\beta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \gamma \quad (2)$$

Так как для попадания в одну и ту же точку необходимо однообразное удерживание оружия в обеих плоскостях, целесообразно не учитывать ошибки углов прицеливания при наведении оружия на цель, а устранить эти ошибки путем индикации их наличия, чтобы стрелок сам мог скорректировать положение винтовки. Пример индикации представлен на рисунке 5.

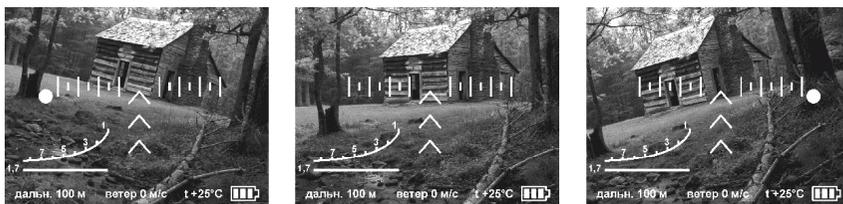


Рисунок 5 – Изображение, наблюдаемое в цифровой прицел. На изображениях слева и справа оружие имеет боковой наклон, о чем сообщает соответствующая индикация возле прицельной шкалы.

У стрелков начального уровня подготовки угол бокового наклона обычно находится в пределах 5° в обе стороны, что описано в «Наставлениях по стрелковому делу», следовательно, по расчетам индикация наличия наклона более 1° позволяет уменьшить горизонтальный разброс в 2,5 раза:

$$\frac{\Delta\beta_5}{\Delta\beta_{\pm 1}} = \frac{\sin \gamma_5}{\sin \gamma_2} = \frac{\sin 5^\circ}{\sin 2^\circ} = \frac{0,087}{0,035} \approx 2,5 \quad (3)$$

Испытания на стрельбище показали, что действительно при использовании датчика наклона в прицеле точность попадания в мишень и кучность стрельбы возрастают, а горизонтальный разброс точек попаданий в среднем уменьшается в 2,5 раза. На рисунке 6 в

качестве примера представлен один из результатов отстрела по мишеням с выключенным датчиком наклона (слева) и с включенным (справа). Отношение среднеквадратических отклонений по боковому направлению от средней точки попадания для левой и правой мишеней составляет 2,4 раза, что сопоставимо с теоретическим значением, полученным по формуле (3).



Рисунок 6 – Фотографии мишеней

Для выверки прицела на оружии разработан способ пристрелки по одной группе выстрелов. Его заключается в том, что после выверки прицела с использованием ствольного коллиматора производится группа из нескольких выстрелов по проверочной мишени. В диалоговое окно выверки прибора вносятся данные о вертикальном и горизонтальном смещении средней точки попадания относительно точки прицеливания на заданном расстоянии до мишени. В прицеле автоматически рассчитываются необходимые смещения прицельного знака в зависимости от введенных параметров. Способ позволяет осуществлять пристрелку оружия по одной группе выстрелов, что сокращает время приведения оружия к нормальному бою.

Четвертый раздел посвящен рассмотрению основных технико-эксплуатационных характеристик цифрового прицела для стрелкового оружия. Дается описание используемых испытательных стендов для проверки технических характеристик, описание используемого программного обеспечения. Изложены общие принципы испытаний прицела.

Испытания показали, что прицел является устойчивым к воздействиям внешней среды в объеме требований стандартов ГОСТ РВ 20.39.303-98 и MIL-STD-810G, кроме того, прибор показал свою устойчивость к ударным нагрузкам не менее 500g (при длительности импульса 1 мс), позволяющую применять его, в том числе на крупнокалиберном стрелковом оружии. Подтверждено преимущество использования объектива, реализующего широкий

спектральный диапазон фотоприемника при наблюдении в условиях низкой освещенности. Нижняя граница рабочего диапазона составила величину не хуже 0,005 лк. Продемонстрировано преимущество использования органов управления и окуляра предложенных конструкций.

Результаты полигонных испытаний показали, что, в большинстве условий цифровой прицел по основным показателям стрельбы практически не уступает образцам сравнения – и ночным, и дневным прицелам, т.е. является фактически всесуточным.

Кучность стрельбы из снайперских винтовок СВД и СВ-98 на дальности до 300 м с цифровым прицелом, не уступает современным ночным и дневным телескопическим прицелам, что свидетельствует о стабильности положения линии визирования цифрового прицела и о высоком качестве его изображения в широком диапазоне условий наблюдения. Максимальные значения показателей точности стрельбы из винтовки СВ-98 с цифровым прицелом на дальностях 400 и 500 м составили 0,5 угловых минут, что в два раза меньше (соответственно, точность выше) принятого критерия точности и соответствует типовым требованиям, принятым для дневных снайперских прицелов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации:

1. Разработаны и исследованы методы адаптации оптико-электронного прицела к меняющейся целефоновой обстановке, что позволяет вести наблюдения без необходимости настройки прибора под конкретные условия.

2. Предложен и реализован способ выверки и учета поправок путем смещения изображения относительно неподвижной прицельной марки, расположенной по центру дисплея, что позволяет увеличить информативность поля зрения прибора.

3. Предложен и исследован алгоритм сглаживания изображения, увеличенного электронным способом, применение которого повышает эффективность стрельбы по малоразмерным объектам на предельной дальности.

4. Разработан и исследован методы повышения точности и кучности стрельбы путем индикации наличия бокового наклона.

5. Результаты испытаний прицела показали возможность его использования на высокоточном оружии.

6. Материалы диссертационного исследования используются в научно-производственной деятельности ИАиЭ СО РАН и Филиала ИФП СО РАН «КТИПМ».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Бутримов, И.С. Повышение точности стрельбы при использовании цифрового прицела с помощью системы индикации сваливания оружия / И.С. Бутримов, **А.А. Голицын**, С.С. Мишанин // Специальная техника. – 2012. – № 5. – С. 47–52.
2. Голицын, А.А. Электронный модуль цифровой обработки изображения для устройства круглосуточного наблюдения / **А.А. Голицын**, Н.А. Сейфи // Вестник Новосибирского гос. университета. Серия: Физика. – 2012. – Т. 7. – Вып. 3. – С. 129–136.
3. Голицын, А.А., Преимущества и недостатки цифровых прицелов для стрелкового оружия / **А.А. Голицын** // Спецтехника и связь. – 2012. – № 5-6. – С. 14–18.
4. Голицын, А.А. Механизм ввода поправок в прицельный знак цифровых и тепловизионных прицелов для стрелкового оружия на базе датчика направления магнитного поля / **А.А. Голицын** // Спецтехника и связь. – 2013. – № 1. – С. 15–20.
5. Голицын, А.А. Тепловизионный канал на базе неохлаждаемой матрицы микроболометров / **Голицын А.А.**, Голицын А.В., Журов Г.Е., Цивинский М.Ю., Чибурун С.Д., Яшина Т.В. // Оптический журнал. – 2013. – Т.80. – № 6. – С. 8–13.
6. Голицын, А.А. Цифровые прицелы для стрелкового оружия: их преимущества и недостатки / **А.А. Голицын** // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2013. – Вып. 7-8. – С. 121–123.
7. Бутримов, И.С. Тепловизионные прицелы для стрелкового оружия: итоги выставки «Комплексная безопасность 2014» / И.С. Бутримов, **А.А. Голицын** // Спецтехника и связь. – 2014. – № 5. – С. 12–16.
8. Голицын, А.А. О необходимости применения в цифровых прицелах фотоприемников с избыточным разрешением / **А.А. Голицын** // Спецтехника и связь. – 2015. – № 1. – С. 17–19.
9. Голицын, А.А. Схема управления питанием носимого прибора наблюдения / **А.А. Голицын** // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2015. – Т.20. – № 3. – С. 275–281.
10. Голицын, А.А. Алгоритм сглаживания увеличенного изображения в тракте видеобработки цифрового прибора наблюдения / **А.А. Голицын**, М.Ю. Цивинский // Прикладная физика. – 2017. – № 4. – С. 46–50.

Публикации в прочих журналах и сборниках конференций:

11. Голицын, А.А. Программный комплекс для управления тепловизионными и многоканальными приборами наблюдения по шине USB 2.0 / **А.А. Голицын** // Апробация. – 2015. – № 11. – С. 10–12.

12. Голицын, А.А. Цифровой визирный канал круглосуточного прибора наблюдения / **А.А. Голицын** // Труды XXII Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения. – М: НПО «Орион», 2012. – С. 68–70.

13. Голицын, А.А. Модуль управления ПЗС-фотоприемником, совмещенный с модулем обработки полученного изображения, на базе программируемой логической интегральной схемы / **А.А. Голицын**, А.К. Дмитриев // Мат. молодежной конф. «Фотоника и оптические технологии». – Новосибирск: НГУ, 2012. – С. 8–9.

14. Голицын, А.А. Модуль получения и обработки изображения для цифрового прицела «день-ночь» или устройства круглосуточного наблюдения / **А.А. Голицын**, Н.А. Сейфи // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012): сборник статей II международной заочной научно-технической конференции. Часть 1. – Тольятти: ПВГУС, 2012. – С. 379–383.

15. Голицын, А.А. Механизм ввода поправок в прицельный знак цифрового прицела / **А.А. Голицын** // Информационные технологии и технический дизайн в профессиональном образовании и промышленности: сб. мат. V всероссийской научно-практической конф. с междунар. участием – Новосибирск: НГТУ, 2013. – С. 31–34.

16. Голицын, А.А. Устройство ввода поправок в прицельный знак электронного прицела / **А.А. Голицын**, А.К. Дмитриев // Современные проблемы радиоэлектроники: сборник научных трудов – Красноярск: СФУ, 2013. – С. 234–236.

17. Голицын, А.А. Аппаратно-программный комплекс получения и обработки изображения в реальном времени для переносимого прибора наблюдения или прицела / **А.А. Голицын**, Н.А. Сейфи, А.К. Дмитриев // Мат. XIX всеросс. научной конф. студентов-физиков и молодых ученых. – Архангельск: АСФ России, 2013. – С. 435–436.

18. Голицын, А.А. Цифровые прицелы для стрелкового оружия: их преимущества и недостатки / **А.А. Голицын** // Тр. VIII всероссийской науч.-прак. конф. «Проблемы обеспечения взрывобезопасности и противодействия терроризму». – СПб.: Любавич, 2013. – С. 117–121.

19. Голицын, А.А. Применение в цифровых прицелах фотоприемников с избыточным разрешением / **А.А. Голицын** // Мат.

IV всероссийской научно-технической конференции «Информационно-измерительные и управляющие системы военной техники», г. Владимир, 13-14 ноября 2014 г. – М.: РАН, 2014. – С. 37–38.

20. Голицын, А.А. Обзор современных цифровых прицелов для стрелкового оружия / **А.А. Голицын** // Труды Девятой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы обеспечения взрывобезопасности и противодействия терроризму». – СПб.: Любавич, 2014. – С. 155–166.

21. Голицын А.А. О необходимости применения алгоритма сглаживания при электронном увеличении изображения в составе цифровых и тепловизионных прицельных комплексов / **А.А. Голицын**, М.Ю. Цивинский // Наука Промышленность Оборона: труды XVI Всероссийской научно-технической конференции – Новосибирск: НГТУ, 2015. – С. 213–216.

22. Голицын, А.А. Применение ретинальных дисплеев в составе оптико-электронных приборов наблюдения и прицельных комплексов / **А.А. Голицын** // Мат. XXI Всероссийской конференции студентов-физиков и молодых ученых. – Омск: АСФ России, 2015. – С. 294–295.

23. Голицын, А.А. Реализация алгоритма кусочно-линейного изменения контрастности изображения в приборах наблюдения / **А.А. Голицын** // Тезисы российской конференции по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники «Фотоника-2015». – Новосибирск: ИФП СО РАН, 2015. – С. 172.

24. Голицын, А.А. Применение в составе цифровых прицельных комплексов фотоприемников с избыточным разрешением / **А.А. Голицын** // Мат. XXII всеросс. научн. конф. студентов-физиков и мол. ученых. – Ростов-на-Дону: АСФ России, 2016. – С. 276–277.

25. Голицын, А.А. Использование в составе цифрового прицела фотоприемника с избыточным разрешением / **А.А. Голицын** // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Международный научный конгресс, Международная научная конференция «СибОптика-2016»: сб. мат. в 2 т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – Т.1. – С. 108–111.

26. Голицын, А.А. Варианты и способы совершенствования цифровых прицелов для стрелкового оружия / **А.А. Голицын** // Наука. Промышленность. Оборона: тр. XVII всеросс. научно-технической конференции: в 4 т. – Новосибирск: НГТУ, 2016. – С. 25–30.

27. Голицын, А.А. Применение в составе цифровых прицелов фотоприемников с избыточным разрешением / **А.А. Голицын** // Современные проблемы радиоэлектроники: сборник научных трудов,

г. Красноярск, 5-6 мая, 2016. [Электронный ресурс] – Красноярск: СФУ. 2016. – С. 186–188. – 1 электр. опт. диск.

28. Голицын, А.А. Реализация алгоритма кусочно-линейного изменения контрастности изображения в приборах наблюдения / **А.А. Голицын** // Труды XXIV международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения. – М.: НПО «Орион». 2016. – С. 194–195.

29. Голицын, А.А. Применение алгоритмов сглаживания электронно увеличенного изображения в составе цифровых и тепловизионных прицельных комплексов / **А.А. Голицын**, М.Ю. Цивинский // Труды XXIV международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения. – М.: НПО «Орион». 2016. – С. 191–193.

30. Голицын, А.А. Применение алгоритма сглаживания электронно увеличенного изображения в цифровых прицелах / **А.А. Голицын**, М.Ю. Цивинский // Материалы молодежной конкурс-конференции «Фотоника и оптические технологии», 7–9 сентября 2016 г. – Новосибирск: ИАиЭ СО РАН, 2016. – С. 14–15.

31. Голицын, А.А. Преимущества использования в составе цифрового прицельного комплекса фотоприемника с избыточным разрешением / **А.А. Голицын** // XII международная конференция «Прикладная оптика 2016». Сборник трудов в 3 томах – СПб.: ГОИ, 2016. – Т. 2. – С.137–139.

32. Голицын, А.А. Применение в цифровых системах прицеливания алгоритма сглаживания изображения, увеличенного электронным способом / **А.А. Голицын**, М.Ю. Цивинский // XII международная конференция «Прикладная оптика 2016». Сборник трудов в 3 томах – СПб.: ГОИ, 2016. – Т. 2. – С.311–312.

33. Голицын, А.А. Реализация алгоритмов сглаживания электронно увеличенного изображения в составе цифровых и тепловизионных приборов наблюдения / **А.А. Голицын**, М.Ю. Цивинский // Материалы XXIII всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых. – Екатеринбург: Уральское издательство, 2017. – С. 384–385.

Патенты:

Способ активно-импульсного видения [Текст]: пат. РФ RU 2657292 С1 / **Голицын А.А.**, Сейфи Н.А.; заявитель и патентообладатель ИФП СО РАН – заявка № 2017100286; заявл. 09.01.2017; опубл. 13.06.2018; Бюл. № 17.

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 20
тел./факс. (383) 346-08-57
формат 60×84/16, объем 1.25 п.л., тираж 100 экз.
заказ № 991, подписано в печать 5 июля 2018 г.