

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-1.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/40TVN117.pdf>

Статья опубликована 03.03.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Гейнце Э.А., Зубарь А.В., Решотка А.В., Панин А.С. Разработка способов диагностирования стабилизаторов танкового вооружения, автоматической коррекции демпфирования приводов наведения стабилизатора вооружения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/40TVN117.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 623.438.3

Гейнце Эдуард Александрович

ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва»
Омский автобронетанковый инженерный институт (филиал), Россия, Омск¹
Адыонкт 5 кафедры «Электрооборудования и автоматики»
E-mail: eduard.geince@mail.ru

Зубарь Алексей Владимирович

ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва»
Омский автобронетанковый инженерный институт (филиал), Россия, Омск
Старший преподаватель кафедры «Электрооборудования и автоматики»
Кандидат технических наук
E-mail: alexey_zubar@mail.ru

Решотка Александр Владимирович

ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва»
Омский автобронетанковый инженерный институт (филиал), Россия, Омск
Начальник службы - помощник начальника

Панин Алексей Сергеевич

ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва»
Омский автобронетанковый инженерный институт (филиал), Россия, Омск
Начальник курса I факультета автотехнического обеспечения

**Разработка способов диагностирования
стабилизаторов танкового вооружения, автоматической
коррекции демпфирования приводов наведения
стабилизатора вооружения**

Аннотация. В статье изложены способы диагностирования стабилизаторов танкового вооружения, автоматизации процесса измерения и поддержания на заданном уровне параметров стабилизатора вооружения, а именно величин демпфирования приводов наведения в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Особенностью предлагаемых способов диагностирования стабилизаторов танкового вооружения, автоматической коррекции демпфирования является применение в качестве датчика угла цифровой видеокамеры. Автором представлена структура измерительного приложения, реализующего данные способы, и

¹ 644098, г. Омск, 14 в/г, дом 45, ОАБИИ, Отдел ОНР и ПНПК

проведена его экспериментальная проверка. Определены основные направления совершенствования методик диагностирования стабилизаторов танкового вооружения.

Ключевые слова: стабилизатор танкового вооружения; демпфирование; цифровая видеокамера; измерительное приложение угловых отклонений; двумерная матрица интенсивностей; маркирующее устройство; блок компрессии видеоизображения; оптический фильтр

В военной технике автоматизация занимает одну из главнейших ролей, определяя такие важные качества образца вооружения как: огневая мощь, защищенность, подвижность и командная управляемость. Автоматизация все больше применяется в комплексах и системах защиты, управления вооружением, работой силовой установки и пр. Соответственно, все более актуальными является работы, например, [1, с. 176-180; 2, с. 214-224; 3, с. 44-46], направленные на разработку систем диагностирования данных автоматических систем. При чем желательно, чтобы сама система диагностирования требовала минимального привлечения человека и обеспечивала снятие и поддержание на необходимом уровне в автоматическом режиме контролируемых параметров.

Цель данной научной работы - разработка эффективного способа диагностирования танкового вооружения, автоматизаций измерения и поддержания на заданном уровне параметров стабилизатора вооружения, а именно величин демпфирования приводов наведения в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Особенностью предлагаемого первого способа автоматической коррекции демпфирования является применение в качестве датчика угла цифровой видеокамеры, что позволит в перспективе:

- во-первых, за счет применения только одного датчика для вертикальных и горизонтальных измерений обеспечить более простую конструкцию системы автоматической диагностики;
- во-вторых, повысить степень автоматизации выверки линий визирования прицелов и основного вооружения боевой машины.

Сущность данного способа поясняется схемой, представленной на рисунке 1.

Предполагается два варианта осуществления автоматической коррекции демпфирования - по удаленной точке и по измерительному щиту.

При коррекции по удаленной точке в качестве опорной точки принимается объект или участок местности, расположенные на значительном удалении от боевой машины. Например, для танка Т-72Б точка считается удаленной при её расположении на расстоянии не менее 1000 м. Коррекция по измерительному щиту предпочтительна в заводских и парковых условиях, когда дальность прямой видимости ограничена местностью или различными строениями.

В данном варианте предлагаемых способов установка цифровой камеры предполагается на дульном срезе канала ствола танковой пушки с таким исполнением, чтобы ось симметрии пушки и оптическую ось объектива камеры можно было считать параллельными.

Изображения окружающей местности в цифровом виде по проводной или по беспроводной связи передается в ЭВМ.

Изображение удаленного объекта на изображении с видеокамеры указывается или оператором в ручном режиме, или автоматически программным способом.

Начальный кадр с исходным положением опорной точки и все следующие кадры с текущими положениями опорной точки обрабатываются измерительным приложением, осуществляющим прием видеоизображений с цифровой камеры и их дальнейшую автоматическую обработку с получением переходных характеристик, определением показателей демпфирования и выработкой ступенчатых воздействий на приводы стабилизатора вооружения.

Согласование ЭВМ с приводами стабилизатора вооружения осуществляется через проводное соединение, выводы которого соединены с блоком электронных сопротивлений блока управления стабилизатора.

Предполагается, что в качестве электронных сопротивлений могут применяться ИС, например, семейства Dallastat DS1869 [4], представляющие собой цифровые реостаты с 64 равными ступенями изменения сопротивления в диапазоне полного сопротивления и выпускаемые в стандартных номиналах 10 кОм, 50 кОм, и 100 кОм. Потенциометры семейства Dallastat могут управляться либо управляющим сигналом с механическим замыканием контакта, либо источником цифрового сигнала, таким, как CPU.

Электронные сопротивления включаются в блоке управления стабилизатора вооружения для шунтирования цепей пульта управления и цепей обратных связей.

Таким образом, управляющие ступенчатые воздействия, выработанные измерительным приложением ЭВМ, через электронные сопротивления, шунтирующие цепи пульта управления, позволяют осуществлять выход танковой пушки и башни на перебросочные скорости в вертикальной и горизонтальной плоскостях. А через электронные сопротивления в обратных связях стабилизатора осуществляется изменение величин их передаточных коэффициентов, выполняя корректировку показателей демпфирования.

Функциональная структура измерительного приложения поясняется рисунком 2.

Измерительное приложение содержит исполняемые модули или команды, выполненные с возможностью исполнения, по меньшей мере, одним процессором и обеспечивающие: прием изображений с видеокамеры, прием исходных данных с устройства ввода, обработку полученных изображений в вычислительном блоке с формированием необходимой информации на мониторе ЭВМ, вывод сигналов в блок управления стабилизатора вооружения с целью коррекции его характеристик.

Модуль формирования видеоизображения обеспечивает возможность создания интерфейса программы для отображения через видео смотровое устройство, такое как жидкокристаллический монитор.

Интерфейс программы обеспечивает возможность отображения видеоданных, взаимодействие пользователя с видеоданными и указания опорных точек для проведения измерений.

Для обеспечения взаимодействия пользователя с видеоданными служит устройство управления и ввода данных (например, мышь, шаровой указатель, стилус, сенсорная панель и т.д.).

Модуль оверлейных маркеров выполнен с возможностью приема данных о положении объектов из памяти и маркирования их на изображении.

Модуль определения дальности содержит команды и модули, обеспечивающие возможность проведения точных измерений дальности до измерительного щита и определение угла относительно оптической оси камеры на щит. Пример работы измерительного приложения по распознаванию геометрических примитивов на измерительном щите на основе алгоритмов

математической морфологии [5, с. 747-759; 6, с. 229-239] представлен на рисунке 3. В данном случае модуль определения дальности применяет операции эрозии, что позволяет вычистить из изображения ненужные элементы и убрать шумы, а затем операции дилатации, позволяющие восстановить исходную форму и размер калибровочного изображения. Далее применяется алгоритм распознавания геометрических примитивов, в результате чего вычисляются геометрические центры «квадратов». Эта операция позволяет определить размер длин проекций калибровочного изображения от измерительного щита и вычислить расстояние до него.

Модуль автоматического слежения осуществляет операции:

- кадрирования изображения, полученного с камеры и определения размеров и координат области поиска - данная операция обеспечивает повышение быстродействия и надежности определения объекта на изображении за счет того, что в процессе нахождения координат анализируется не все изображение, а только его узкая часть, соответствующая области поиска;
- сканирования, путем осуществления последовательного кадрирования области поиска окном с размерами по горизонтали и вертикали, соответствующим размерам области положения объекта;
- вычисления нормированной двумерной корреляционной функции между областью положения объекта интереса и каждым из поступающих из модуля сканирования участков области поиска;
- определения координат максимума, путем определения порядкового номера (координат) и максимального значения массива значений корреляционной функции;
- перевода координат максимума нормированной двумерной корреляционной функции в координаты положения изображения объекта на изображении в текущем кадре относительно его положения в предыдущем кадре.

Модуль вычисления отклонений:

- принимает из модуля автоматического слежения данные по смещениям центра изображения объекта;
- преобразует эти смещения в значения углов отклонения орудия и башни;
- принимает данные из модуля управляющих воздействий;
- производит анализ переходных процессов и вырабатывает воздействие на электронные сопротивления, шунтирующие потенциометры изменения коэффициентов усиления в обратных связях стабилизатора горизонтального и вертикального наведения.

При этом преобразование смещений изображения объекта в пиксельной системе координат в значения углов отклонения орудия и башни в метрической системе координат осуществляется по выражениям [7, с. 74-80; 8, с. 34-42], приведенным ниже.

Для измерительного щита:

$$\alpha_{\Pi} \cong \arctg \left(\frac{A_{K1}^{kor(1)} A_{K1}^{kor(2)} + A_{K0}^{kor(1)} A_{K1}^{kor(2)}}{A_{K1}^{kor(2)} A_{K1}^{kor(2)} - A_{K1}^{kor(1)} A_{K0}^{kor(1)}} \right) - \arcsin \frac{R_{\Pi} \sin \left(\arctg \left[\frac{A_{K1}^{kor(1)} A_{K1}^{kor(2)} + A_{K0}^{kor(1)} A_{K1}^{kor(2)}}{A_{K1}^{kor(2)} A_{K1}^{kor(2)} - A_{K1}^{kor(1)} A_{K0}^{kor(1)}} \right] \right)}{R_{\Pi} + D}; \quad (1)$$

$$\beta_{\Pi} \cong \arctg \left(\frac{A_{K1}^{kor(0)} A_{K1}^{kor(2)} + A_{K0}^{kor(0)} A_{K1}^{kor(2)}}{A_{K1}^{kor(2)} A_{K1}^{kor(2)} - A_{K1}^{kor(0)} A_{K0}^{kor(0)}} \right) - \arcsin \frac{R_{\Pi} \sin \left(\arctg \left[\frac{A_{K1}^{kor(0)} A_{K1}^{kor(2)} + A_{K0}^{kor(0)} A_{K1}^{kor(2)}}{A_{K1}^{kor(2)} A_{K1}^{kor(2)} - A_{K1}^{kor(0)} A_{K0}^{kor(0)}} \right] \right)}{R_{\Pi} + D}; \quad (2)$$

где: D - расстояние до измерительного щита;

$\alpha_{\Pi}, \beta_{\Pi}$ - углы отклонения соответственно пушки и башни при выверке по щиту;

R_{Π} - расстояние от дульного среза орудия до центра вращения башни;

R_{Π} - расстояние от цапф орудия до дульного среза;

$A_{K0}^{kor(0)}, A_{K0}^{kor(1)}$ - значения первого и второго столбцов матрицы

$A_{K0}^{kor} = (x_{\Pi 00}^{kor} \quad y_{\Pi 00}^{kor} \quad f \quad 1)$, содержащей слева на право скорректированные на величины дисторсии горизонтальную, вертикальную и продольную начальные координаты изображения опорной точки (координаты изображения центра измерительного щита, удаленной точки) в системе координат видеокамеры камеры, где f - фокусное расстояние объектива камеры;

$A_{K1}^{kor(0)}, A_{K1}^{kor(2)}$ - значения первого и третьего столбцов матрицы $A_{K1}^{kor} = (x_{\Pi 10}^{kor} \quad y_{\Pi 10}^{kor} \quad f \quad 1)$, содержащей в свою очередь соответствующие текущие скорректированные координаты опорной точки в кадре видеокамеры, снимаемые в процессе измерений.

Для удаленного объекта:

$$\alpha_{\Pi\infty} \approx \arctg \left(\frac{A_{K1}^{kor(1)} A_{K1}^{kor(2)} + A_{K0}^{kor(1)} A_{K1}^{kor(2)}}{A_{K1}^{kor(2)} A_{K1}^{kor(2)} - A_{K1}^{kor(1)} A_{K0}^{kor(1)}} \right); \quad (3)$$

$$\beta_{\Pi\infty} \approx \arctg \left(\frac{A_{K1}^{kor(0)} A_{K1}^{kor(2)} + A_{K0}^{kor(0)} A_{K1}^{kor(2)}}{A_{K1}^{kor(2)} A_{K1}^{kor(2)} - A_{K1}^{kor(0)} A_{K0}^{kor(0)}} \right), \quad (4)$$

где $\alpha_{\Pi\infty}, \beta_{\Pi\infty}$ - углы отклонения соответственно пушки и башни при выверке по удаленной точке.

Модуль управляющих воздействий вырабатывает управляющие ступенчатые воздействия, которые после обработки в модуле вычислений отклонений изменяют значения электронных сопротивлений.

На рисунке 4 показана реализация измерительного приложения в виде блок-диаграммы разработанной «Программы измерения угловых отклонений стабилизатора танкового

вооружения» с реализацией на языке G в среде графического программирования LabVIEW с библиотекой компонент обработки и анализа изображений IMAQ Vision.

Программа реализована на трех циклах по условию (While) (позиции 1, 2 и 3), аналогичных циклу While, используемому в текстовом языке программирования Си, выполняющих многократное повторение операции над потоком данных, пока не выполнится логическое условие выхода. Особенностью цикла 3 является то, что он запускается после подачи на его терминал условия TRU, он начинает выполняться и будет находиться в таком состоянии до подачи на терминал условия FALSE. За выработку данных условий отвечает форма «ЗАХВАТ ИЗОБРАЖЕНИЯ» на лицевой панели программы.

Виртуальные приборы 4 реализуют функцию инициализации камеры и задание условий её работы. Виртуальные приборы 5.1-5.3 реализуют функцию модуля оверлейных маркеров. Виртуальный прибор 5.4 реализуют функцию модуля вычисления отклонений. Виртуальный прибор 7 отвечает за формирование области поиска. Кроме того, в виртуальный прибор 7 интегрирована функция IMAQ Shape Match Tool [6, с. 32], выполняющая поиск геометрических примитивов с выводом координат центров маркеров.

При запуске цикла 3 осуществляется кадрирование (виртуальные приборы 8), сканирование изображения, вычисление двумерной корреляционной функции и поиск её максимума с переводом максимума в смещение изображения найденного объекта относительно центра изображения. Т.е. реализуются функции модуля автоматического слежения.

Испытание разработанной программы было проведено в ходе проверки демпфирования СТВ танка Т-72Б (рисунок 5). При проведении испытаний измерение показателей демпфирования проводилось по удаленной точке. В качестве цифровой камеры использовалась камера GoPro с широкоугольным объективом, закрепленная с помощью специального хомута на срезе канала ствола танковой пушки. Видеоизображения с камеры передавались в ЭВМ по Wi-Fi каналу в режиме реального времени, ЭВМ при этом находилась у оператора боевой машины, который и осуществлял воздействия на органы управления танка с целью выхода на перебросочные скорости вооружения в двух плоскостях. В результате обработки изображений с видеокамеры были получены переходные характеристики (рисунок 6), позволяющие определить степень демпфирования, а именно количество перебегов, величину первого перебега и перерегулирование в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Полученные переходные характеристики полностью подтвердили работоспособность разработанной программы для ЭВМ, практическую реализуемость предлагаемого способа автоматической коррекции демпфирования приводов наведения стабилизатора вооружения и справедливость принятых теоретических положений при его разработке. Это, в свою очередь, обуславливает возможность применения данного способа при проектировании системы автоматического диагностирования в составе перспективной информационно-управляющей системы управления огнем модернизируемых или вновь создаваемых образцов вооружения.

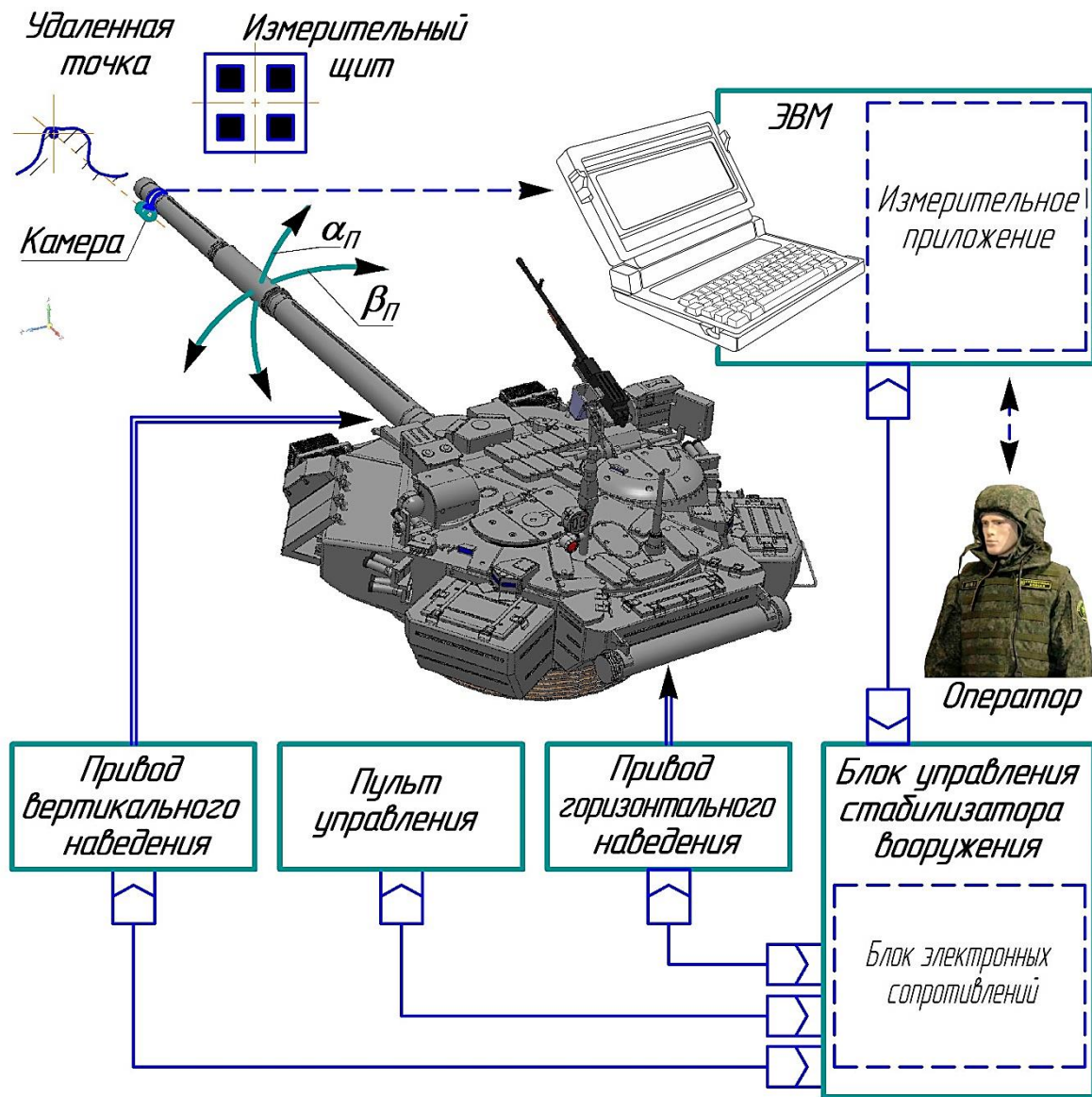


Рисунок 1. Способ автоматической коррекции демпфирования приводов наведения стабилизатора вооружения (сделано автором Гейнце Э.А.)

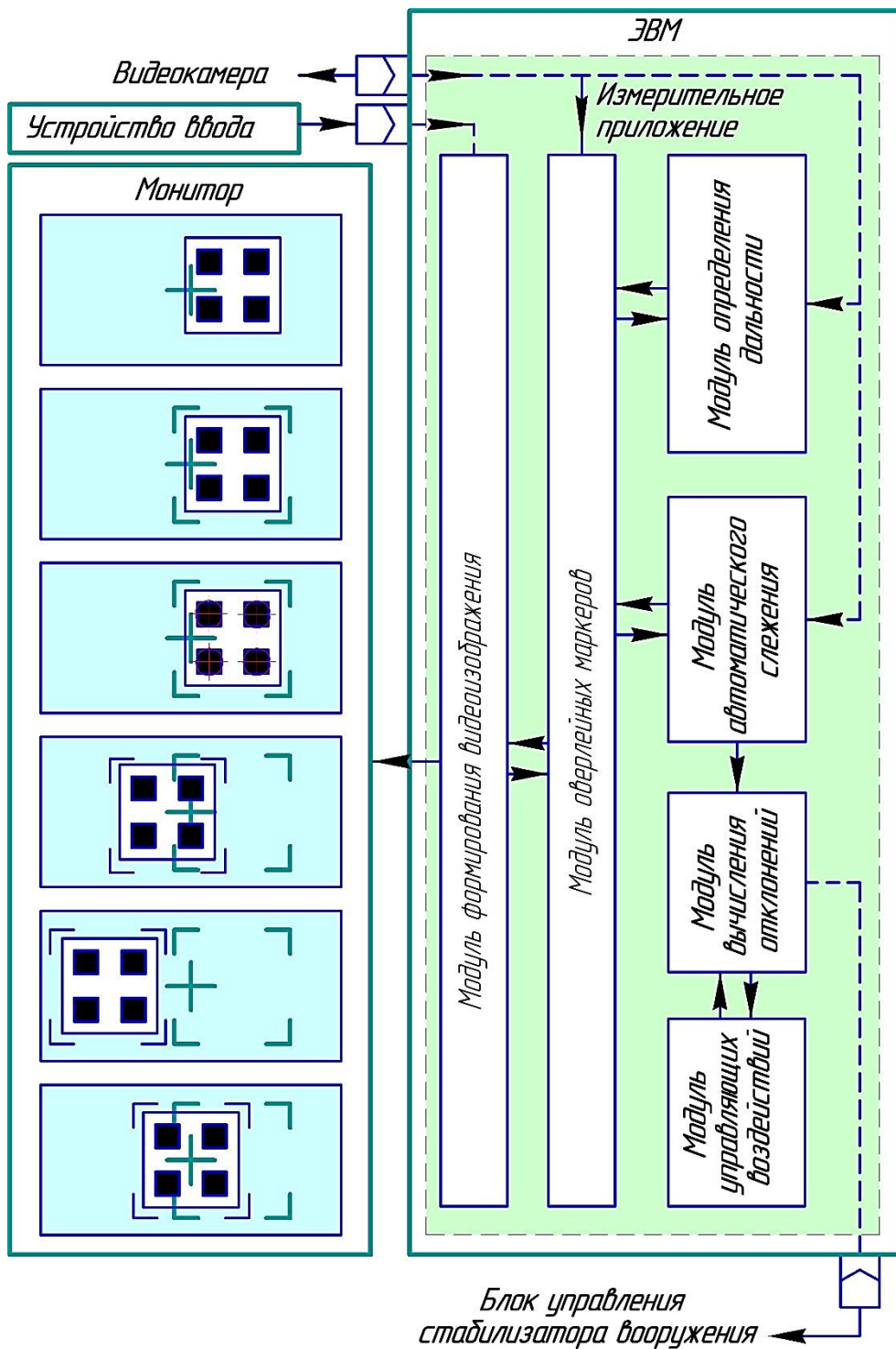


Рисунок 2. Функциональная схема измерительного приложения
(сделано автором Гейнце Э.А.)

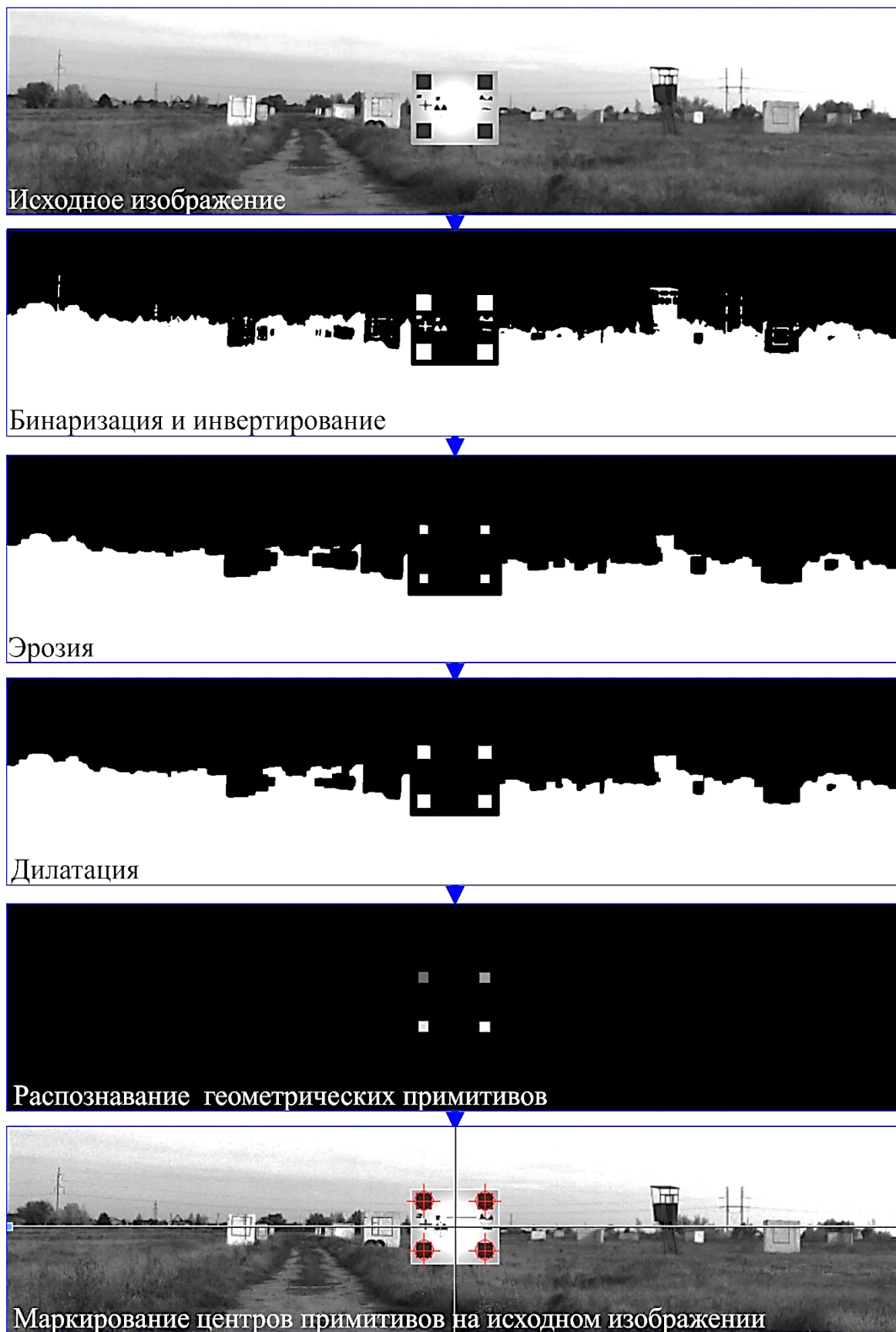


Рисунок 3. Пример работы измерительного приложения (сделано автором Гейнце Э.А.)

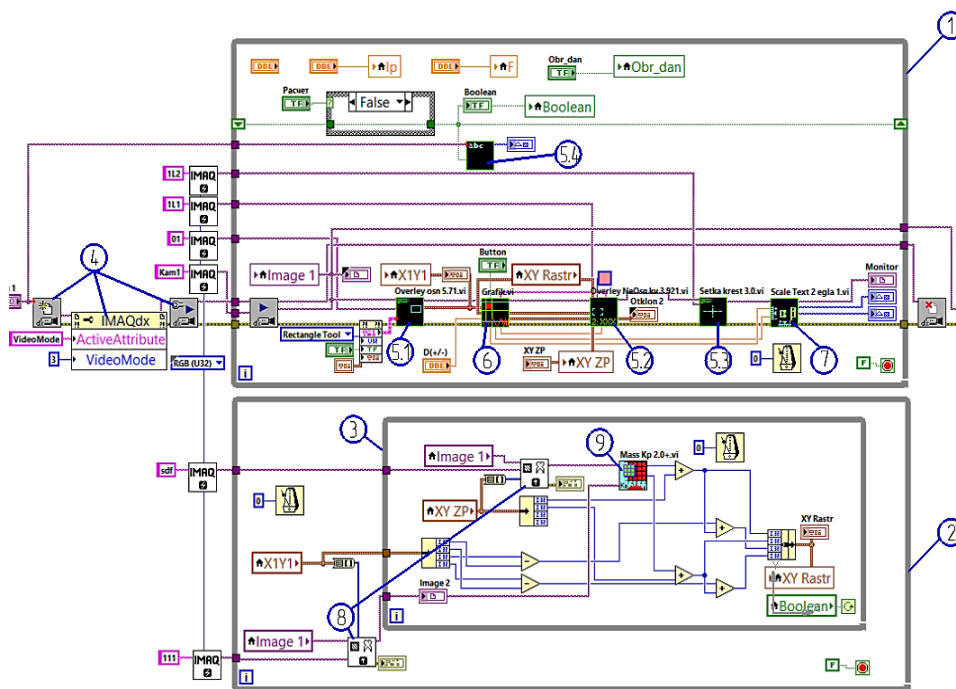


Рисунок 4. Блок-диаграмма измерительного приложения в среде графического программирования LabVIEW (сделано автором Зубарь А.В.)



Рисунок 5. Экспериментальная проверка программы измерения угловых отклонений стабилизатора вооружения и её интерфейс (сделано автором Зубарь А.В.)

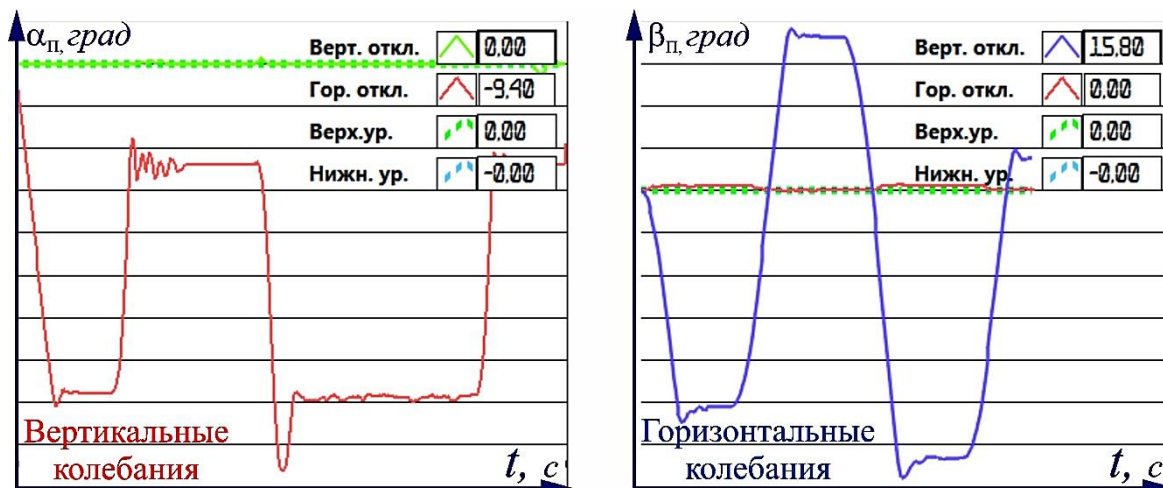


Рисунок 6. Переходные характеристики (сделано автором Зубарь А.В.)

Подбор устройства регистрации и видеозахвата маркирующего сигнала (видеокамеры)

Сущность второго способа заключается в математическом обеспечении применения цифровой камеры в качестве датчика угла, в качестве прибора регистрации полученного сигнала маркирующего устройства по расчётным требованиям необходимо устройство - видеокамера, отвечающее нижеперечисленным требованиям:

Видеокамера должна быть пылезащищенной, с наименьшим количеством движущихся механических частей, исполнительных и управляющих приводов, уверенно работать при температуре окружающего воздуха от 0 до +40⁰С и относительной влажности 60%.

Видеокамера должна осуществлять прием видеосигнал с его последующим преобразованием в цифровой сигнал собственной аппаратной частью.

Массо-габаритные параметры должны быть минимальными при сохранении технических характеристик не хуже:

- Разрешение формируемого видеокadra.....1920x1080 пикс
- CMOS матрица.....≥5 Мпикс (2500x2030 пикс стабилизационной интерполяции)
- Угол обзора по диагонали.....≥70⁰
- Фокусная авторегулировка в диапазоне.....≥0,1-10 м

Максимальная программная совместимость с операционными системами разработки не ранее 10 лет.

По исходным данным целесообразно рассматривать устройства видео захвата типа Веб-камеры.

Видеокамера должна представлять собой цифровое устройство, производящее видеосъемку, преобразование аналогового видеосигнала в цифровой, сжатие цифрового видеосигнала и передачу видеоизображения по интерфейсному кабелю в устройство обработки сигнала. Функциональная схема камеры (рисунок 7) состоит из:

- ПЗС-матрица,
- объектив,

- оптический фильтр,
- плата видео захвата,
- блок компрессии (сжатия) видеоизображения,
- центральный процессор и встроенный веб-сервер,
- ОЗУ,
- флэш-память,
- сетевой интерфейс,
- последовательные порты.

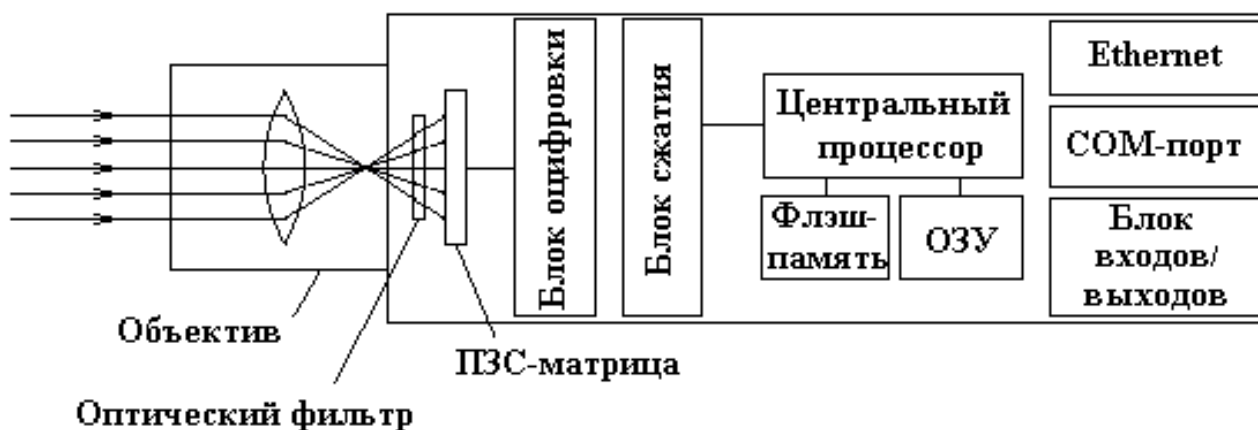


Рисунок 7. Функциональная схема работы видеокамеры (сделано автором Зубарь А.В.)

В качестве фотоприемника применяется **ПЗС-матрица** (ПЗС, CCD - прибор с зарядовой связью) - прямоугольная светочувствительная полупроводниковая пластинка с отношением сторон 9:16, которая преобразует падающий на нее свет в электрический сигнал. ПЗС-матрица состоит из большого числа светочувствительных ячеек. Для того чтобы повысить световую чувствительность ПЗС-матрицы, нередко формируют структуру, которая создает микролинзу перед каждой из ячеек. В технических параметрах веб-камеры обычно указывают формат ПЗС-матрицы (длина диагонали матрицы в дюймах), число эффективных пикселей, тип развертки (построчная или чересстрочная) и чувствительность.

Объектив - это линзовая система, предназначенная для проецирования изображения объекта наблюдения на светочувствительный элемент веб-камеры. Объектив характеризуется рядом важнейших параметров, таких как фокусное расстояние, относительное отверстие (F), глубина резкости, тип крепления (С, CS), формат.

Оптические инфракрасные отсекающие фильтры, представляют собой оптически точные плоскопараллельные пластинки, монтируемые сверху ПЗС-матрицы. Они работают как оптические низкочастотные фильтры с частотой среза около 700 нм, вблизи красного цвета. Они отсекают инфракрасную составляющую световых волн, обеспечивая веб-камере правильную цветопередачу.

Плата видео захвата видеокамеры (блок оцифровки) осуществляет преобразование аналогового электрического сигнала, сформированного ПЗС-матрицей, в цифровой формат. Процесс преобразования сигнала состоит из трех этапов:

- Дискретизация,
- Квантование,

- Кодирование.

Дискретизация - считывание амплитуды электрического сигнала через равные промежутки времени (период). Этот этап преобразования сигнала характеризуется частотой дискретизации.

Квантование - это процесс представления результатов дискретизации в цифровой форме. Изменение уровня электрического сигнала за период дискретизации представляется в виде кодового слова из 8, 10 или 12 бит, которые дают соответственно 256, 1024 и 4096 уровней квантования. От числа уровней квантования зависит точность представления сигнала в цифровой форме.

Кодирование. Помимо информации об изменении уровня сигнала, полученной на предыдущем этапе, в процессе кодирования формируются биты, сообщающие о конце синхроимпульса и начале нового кадра, а также дополнительные биты защиты от ошибок.

Блок компрессии веб-камеры выполняет сжатие оцифрованного видеосигнала в один из форматов сжатия (JPEG, MJPEG, MPEG-1/2/4, Wavelet). Благодаря сжатию, сокращается размер видеокadra. Это необходимо для хранения и передачи видеоизображения.

Сжатие видеоизображения может быть представлено как аппаратно, так и программно. Программная реализация компрессии дешевле, однако из-за высокой вычислительной емкости алгоритмов сжатия она малоэффективна, особенно когда требуется просматривать видеоизображение с веб-камеры в online режиме. Поэтому большинство ведущих производителей выпускают веб-камеры с аппаратной реализацией сжатия.

Центральный процессор является вычислительным ядром камеры. Он осуществляет операции по выводу оцифрованного и сжатого видеоизображения.

Карта флэш-памяти позволяет обновлять управляющие программы видеокамеры.

В результате анализа и отбора из уже выпускаемых промышленностью видеокамер решено использовать Web-камеру (как наиболее отвечающую массо-габаритным требованиям) MicrosoftLiveCam (рисунок 8) полностью отвечающую техническим требованиям, требованиям совместимости программного обеспечения и требованиям к условиям эксплуатации.

Технические характеристики выбранного устройства видеозахвата:

Габариты.....114x60x45 мм

Масса.....128 г

Длина интерфейсного кабеля.....1800 мм

Разрешение формируемого видеокadra.....1920x1080 пикс

CMOS матрица.....≥5 Мпикс (2530x2048 пикс стабилизационной интерполяции)

Угол обзора по диагонали.....≥75°

Фокусная авторегулировка в диапазоне.....≥0,1-10 м

Полностью совместима с операционными системами компании-производителя от 2001 года по настоящее время.



Рисунок 8. Общий вид устройства видеозахвата MicrosoftLiveCam (сделано автором Зубарь А.В.)

Растровое изображение как двумерный массив данных

В общем виде последовательность для получения изображения может быть охарактеризована рисунком 9.

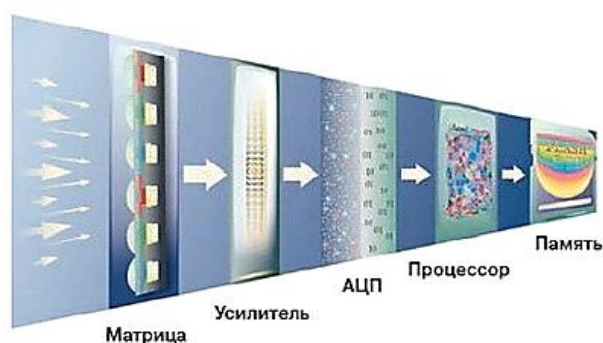


Рисунок 9. Последовательность получения изображения (сделано автором Зубарь А.В.)

Как видно из рисунка в память сохраняется изображение сцены, которое само по себе не несет информации о пространственном положении тех или иных интересующих объектов.

Для того, чтобы иметь возможность по изображению, полученному с цифровой камеры, выполнять реальные физические измерения необходимо установить связь между полученным изображением и физическим изображением, формируемым объективом в плоскости ПЗС - матрицы.

Для выполнения данной задачи рассмотрим принцип формирования растрового изображения, в том виде, в котором оно может быть использовано для обработки графическим процессором или компьютерной программой для извлечения необходимой информации.

Двумерное изображение - это видимое поле, представляющее собой лишь некоторую функцию распределения яркости или цвета на двумерной плоскости: $f(x,y)$, где x и y - декартовы координаты, описывающие плоскость изображения.

Цифровое изображение с математической точки зрения представляет собой двумерную матрицу $CCD'(n,m)$ размера $N \times M$, где n - целое число от 0 до $N-1$, описывающее номер элемента в строке матрицы, m - целое число от 0 до $M-1$, описывающее номер строки матрицы, в которой расположен данный элемент. При этом сам элемент цифрового изображения (ячейка прямоугольной матрицы) носит название пиксель (*pixel, pictureelement*). В простейшем случае каждый пиксель $CCD'(n,m)$ имеет скалярное целочисленное значение, пропорциональное значению функции распределения яркости $f(x,y)$ в данной точке плоскости.

На рисунке 10 слева показано изображение немецкого танка Leopard 2A7, представленное как изображение, а справа показан увеличенный фрагмент изображения этого же танка (часть маскировочной сети), где для каждого элемента изображения указано соответствующее числовое значение пикселя. Светлым элементам изображения соответствуют большие значения матрицы, темным - меньшие значения. Никакой другой информации цифровое изображение не содержит.

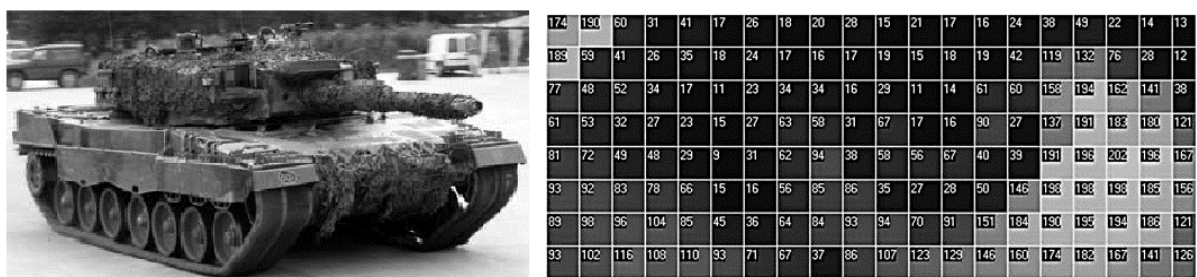


Рисунок 10. Цифровое изображение как двумерная матрица интенсивностей
(сделано автором Зубарь А.В.)

В компьютере в качестве цифрового изображения хранится только и исключительно двумерный массив чисел того или иного формата. Любые другие данные (фигуры, линии, объекты, размеры, содержание изображенного текста и т.д. и т.п.) - могут быть получены лишь в результате применения ряда процедур обработки и анализа изображения, которые мы должны либо сами запрограммировать, либо использовать готовые процедуры, имеющиеся в известных пакетах программ.

Особенность цифровых изображений состоит в том, что отдельные элементы изображения находятся в определенной связи с соседними элементами. Поэтому, большинство алгоритмов преобразования изображений носит локальный характер, т.е. обрабатывают изображения по группам элементов, располагающихся в окрестности вокруг данного.

Переход из системы координат ПЗС в систему координат камеры

Любой объектив от самого простого в виде одной собирающей линзы до сложного, где применяются много различных оптических элементов, характеризуется фокусным расстоянием f - физической величиной, выражающей расстояние вдоль оптической оси объектива, отсчитываемой от его оптического центра O_K (рисунок 11) до плоскости, на которой будет формироваться резкое изображение. Именно в этой плоскости и располагают ПЗС - матрицу. В результате луч света отраженный от интересующего объекта, проходя через оптический центр объектива O_K , с проецируется на пиксель ПЗС - матрицы CCD , а множество лучей от окружающих объектов в результате сформируют на плоскости расположение ПЗС - матрицы физическое изображение, которое после преобразования примет вид двумерной матрицы CCD' . При чем, если ПЗС - матрица CCD располагается в задней фокальной плоскости объектива на расстоянии f , то для выявления связи между физическим изображением и цифровым

изображением, разместим двумерную матрицу CCD' в передней фокальной плоскости также на расстоянии f .

Поместим в оптический центр O_K объектива начало левой системой координат XYZ , ось Z которой направим вдоль оптической оси объектива, ось X - вдоль строк, а ось Y - вдоль столбцов ПЗС - матрицы, при этом плоскость XY параллельна плоскостям размещения ПЗС - матрицы CCD и плоскости изображения CCD' . Назовем эту систему системой координат камеры.

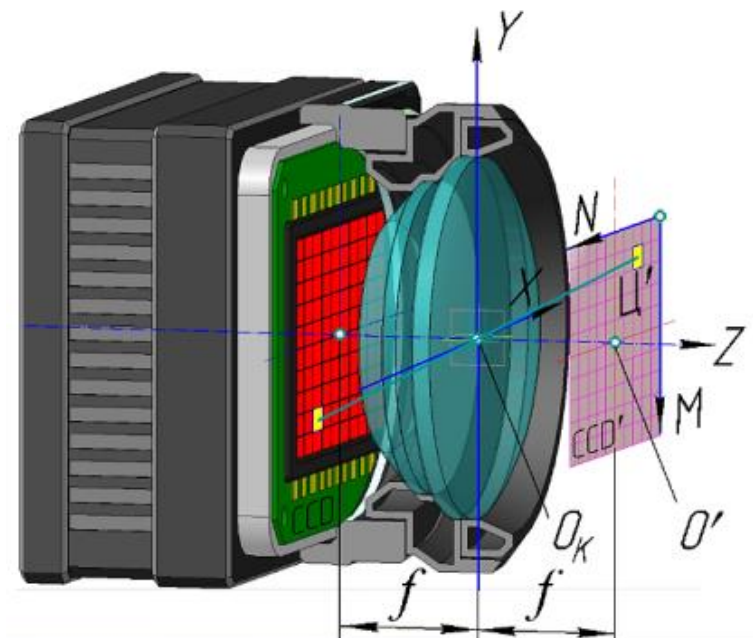


Рисунок 11. Геометрическая модель цифровой камеры (сделано автором Зубарь А.В.)

ПЗС - матрица (рисунок 12) представляет собой фото приемные устройство высокого разрешения разрешением $M \times N$ (по вертикали M , по горизонтали N) отдельных фотоэлементов - пикселей. Такое же разрешение будет иметь и растровое изображение CCD' .

Пусть на изображении CCD' точка C' соответствует изображению объекта C . При чем положение C' будет охарактеризовано номерами столбца $n_{C'}$ и строки $m_{C'}$, где $n_{C'} \in 0 \dots N-1$, $m_{C'} \in 0 \dots M-1$ (рисунок 13).

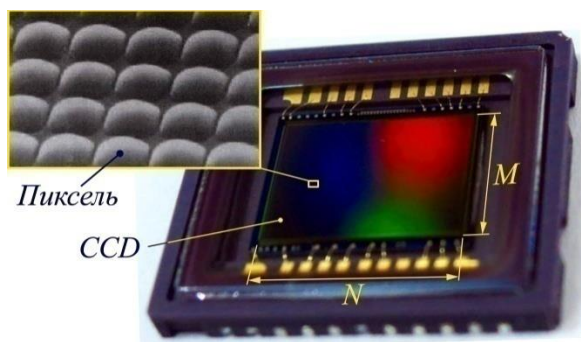


Рисунок 12. ПЗС - матрица (сделано автором Зубарь А.В.)

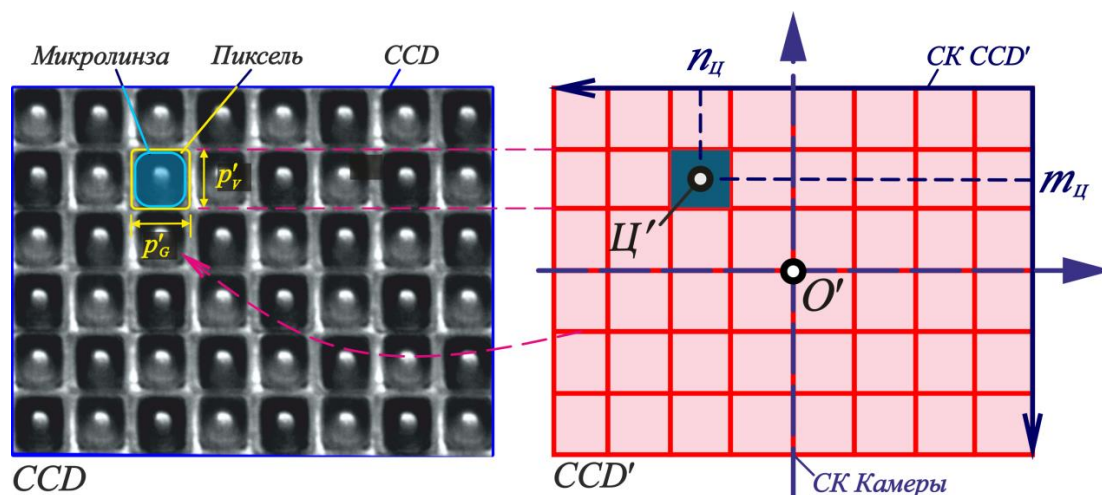


Рисунок 13. Соответствие размеров пикселя, положения пикселя в системе координат изображения положению пикселя в системе координат камеры (сделано автором Зубарь А.В.)

Учитывая направления осей N и M системы координат изображения CCD' , а также физические размеры пикселя (p_v - высота, p_g - ширина) положение точки \mathcal{C}' в системе координат камеры O_KXYZ может быть выражено следующими зависимостями (5-8):

$$y_{ц} = -m_{ц}p_v + 0.5p_v + 0,5p_vM; \quad (5)$$

$$x_{ц} = -n_{ц}p_g + 0.5p_g + 0,5p_gN; \quad (6)$$

$$y_{ц} = -m_{ц}p_v + 0.5p_v + 0,5p_vM; \quad (7)$$

$$y_{ц} = -m_{ц}p_v + 0.5p_v + 0,5p_vM; \quad (8)$$

где: $x_{ц}$ - координата точки \mathcal{C}' относительно оси O_KX ;

$y_{ц}$ - координата точки \mathcal{C}' относительно оси O_KY .

Данные выражения получены с привязкой к геометрическим центрам пикселей, а точнее к их месту в системе координат камеры.

Перейдем к более удобной матричной форме записи.

Для этого запишем матрицу \mathcal{C} - расширенную матрицу-строку размером 1×4 , соответствующую координатам изображения интересующего объекта на изображении CCD' , выраженным номерами столбца $n_{ц}$ и строки $m_{ц}$

$$\mathcal{C} = (n_{ц} m_{ц} 1 1). \quad (9)$$

Тогда матрица K размером 4×4 , содержащая внутренние параметры камеры,

$$K = \begin{pmatrix} -p_g & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -p_v & 0 & 0 \\ 0,5p_gN & 0,5p_vM & f & 0 \\ 0,5p_g & 0,5p_v & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (10)$$

при умножении на матрицу \mathcal{C}

$$\begin{aligned}
 ЦК &= \begin{pmatrix} n_{ц} \\ m_{ц} \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} -p_G & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -p_V & 0 & 0 \\ 0,5 p_G N & 0,5 p_V M & f & 0 \\ 0,5 p_G & 0,5 p_V & 0 & 1 \end{pmatrix} = \\
 &= \begin{pmatrix} -n_{ц} p_G + 0,5 p_G N + 0,5 p_G \\ -m_{ц} p_V + 0,5 p_V M + 0,5 p_V \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} X_{ц} \\ Y_{ц} \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T = A
 \end{aligned} \tag{11}$$

позволит осуществить переход от координат $n_{ц}$, $m_{ц}$ в координаты $x_{ц}$, $y_{ц}$, $z_{ц} = f$ путем получения матрицы A размером 1×4 , содержащую координаты точки $Ц'$ в системе координат камеры.

Вычисление расстояния и угла с помощью видеокamеры

Рассмотрим схему, представленную на рисунке 12. На представленной схеме видно, что на продолжении оптической оси камеры располагается щит с четырьмя геометрическими маркерами в виде маркеров - простейших геометрических примитивов.

В данном случае геометрические примитивы имеют квадратную форму. Связано это с достаточной простотой организации алгоритмов автоматического распознавания на изображении подобных форм на основе алгоритмов математической морфологии. Для решения поставленной задачи достаточно и двух примитивов, увеличение их количества до четырех позволит увеличить количество извлекаемой полезной информации и как следствие точность измерения расстояния D . В любом случае и количество и форма маркеров могут иметь и существенно большее число, и более сложные формы, а определяться это будет только требованиями по точности результата измерения и ограничениями по производительности применяемых вычислительных ресурсов.

Центрам маркеров B_1, B_2, B_3, B_4 , расположенных на щите на расстоянии L друг от друга, будут соответствовать точки b_1, b_2, b_3, b_4 на изображении CCD' . То есть для каждой точки изображения могут быть на основании выражений (5-8) записаны матрицы

$$A_{b1} = \begin{pmatrix} x_{b1} \\ y_{b1} \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T ; A_{b2} = \begin{pmatrix} x_{b2} \\ y_{b2} \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T ; A_{b3} = \begin{pmatrix} x_{b3} \\ y_{b3} \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T ; A_{b4} = \begin{pmatrix} x_{b4} \\ y_{b4} \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T , \tag{12}$$

содержащие координаты этих точек в системе координат, применяемой камерой.

Рассмотрим вертикально расположенную плоскость YZ системы координат камеры, а именно прямоугольный треугольник $ОКb_1O'$, имеющий катеты $ОКO' = f$ и $b_1O' = y_{b1}$.

Вертикальный угол $b_1OКO'$ обозначим γ_{b1} . Тогда из определения тангенса угла следует:

$$y_{b1} = f \operatorname{tg} \gamma_{b1}. \tag{13}$$

Из данного выражения может быть получено значение угла γ_{b1}

$$\gamma_{b1} = \arctg\left(\frac{y_{b1}}{f}\right) = \arctg\left(\frac{A_{b1}^{(2)}}{A_{b1}^{(3)}}\right). \quad (14)$$

Аналогично из вертикальной плоскости можно найти значение угла δ_{b1}

$$x_{b1} = f \operatorname{tg} \delta_{b1}, \quad (15)$$

$$\delta_{b1} = \arctg\left(\frac{x_{b1}}{f}\right) = \arctg\left(\frac{A_{b1}^{(1)}}{A_{b1}^{(3)}}\right). \quad (16)$$

Рассмотрим решение задачи вычисления дальности до щита.

Из схемы (рисунок 13) видно, что треугольник $O_k b_1 b_2$ в вертикальной плоскости подобен треугольнику $O_k B_1 B_2$, следовательно, справедливы следующие соотношения:

$$\frac{\overline{b_1 b_2}}{f} = \frac{L}{D_{12}}; \quad (17)$$

$$\frac{\overline{b_3 b_4}}{f} = \frac{L}{D_{34}}. \quad (18)$$

Из данных соотношений можно выразить расстояния до щита, которые с учетом обозначений элементов матриц (12) примут вид:

$$D_{12} = L \frac{f}{\overline{b_1 b_2}} = L \frac{A_{b1}^{(3)}}{|A_{b1}^{(1)} - A_{b2}^{(1)}|}; \quad (19)$$

$$D_{34} = L \frac{f}{\overline{b_3 b_4}} = L \frac{A_{b3}^{(3)}}{|A_{b3}^{(1)} - A_{b4}^{(1)}|}. \quad (20)$$

Аналогично, можно получить соотношения для горизонтальной плоскости:

$$D_{23} = L \frac{f}{\overline{b_2 b_3}} = L \frac{A_{b2}^{(3)}}{|A_{b2}^{(2)} - A_{b3}^{(2)}|}; \quad (21)$$

$$D_{14} = L \frac{f}{\overline{b_1 b_4}} = L \frac{A_{b1}^{(3)}}{|A_{b1}^{(2)} - A_{b4}^{(2)}|}. \quad (22)$$

Для повышения точности измерения расстояния D проведем осреднение результата

$$D = 0,25(D_{12} + D_{34} + D_{23} + D_{14}). \quad (23)$$

Выражение (23) может быть представлено в следующем виде:

$$D = 0,25LA_{b_1}^{(3)} \left(\left| A_{b_1}^{(1)} - A_{b_2}^{(1)} \right|^{-1} + \left| A_{b_3}^{(1)} - A_{b_4}^{(1)} \right|^{-1} + \left| A_{b_2}^{(2)} - A_{b_3}^{(2)} \right|^{-1} + \left| A_{b_1}^{(2)} - A_{b_4}^{(2)} \right|^{-1} \right). \quad (24)$$

Вычисление угла отклонения орудия (башни)

Найдём решение задачи определения угла отклонения орудия с применением в качестве датчика угла цифровой видеокамеры (рисунок 14).

Разместим цифровую видеокамеру на дульном срезе горизонтально выставленного орудия, так, чтобы оптический центр объектива соответствовал координатам дульного среза, а оптическая ось камеры должна совпадать с осью симметрии орудия. В данном положении обозначим оптический центр камеры O_{K0} . На продолжении оси симметрии орудия на расстоянии D поместим щит. Геометрический центр щита расположится в точке ζ_0 . Тогда координаты изображения щита на видеокамере могут быть записаны матрицей A_{K0}

$$A_{K0} = \begin{pmatrix} x_{\zeta 00} \\ y_{\zeta 00} \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T. \quad (25)$$

При отклонении орудия относительно цапф (точка O_{Π}) на угол α_{Π} оптический центр видеокамеры займет положение O_{K1} . Изображение центра щита в этом случае на изображении CCD' выразим матрицей A_{K1}

$$A_{K1} = \begin{pmatrix} x_{\zeta 10} \\ y_{\zeta 10} \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T. \quad (26)$$

Из треугольника $O_{\Pi}O_{K1}O_{K0}$, из равенства отношений синусов к противолежащей стороне запишем

$$\frac{R_{\Pi}}{\sin \alpha_{\zeta 0}} = \frac{R_{\Pi} + D}{\sin \varphi_{\zeta 0}}, \quad (27)$$

где: R_{Π} - расстояние от цапф орудия до дульного среза (для пушки 2А42 $R_{\Pi} = 6,381$ м);
 $\varphi_{\zeta 0}$ - угол относительно положения орудия в верхней точки и направлением на центр щита;

$\alpha_{\zeta 0}$ - угол между сторонами $O_{K1}\zeta_0$ и $O_{\Pi}\zeta_0$ треугольника $O_{\Pi}O_{K1}O_{K0}$.

Так как сумма всех углов в треугольнике равна 180° , имеем

$$\varphi_{\zeta 0} = 180^\circ - \alpha_{\zeta 0} - \alpha_{\Pi}. \quad (28)$$

Обозначим угол относительно оптической оси камеры в верхней точке на центр щита $\gamma_{K1\zeta 0}$. Для данного угла будет справедлива запись

$$\gamma_{K1\zeta 0} - \alpha_{\Pi} = \alpha_{\zeta 0}. \quad (29)$$

Подставив значение $\alpha_{Ц0}$ в выражение (29) получим

$$\varphi_{Ц0} = 180^\circ - (\gamma_{К1Ц0} - \alpha_{П}) - \alpha_{П} = 180^\circ - \gamma_{К1Ц0}. \quad (30)$$

Тогда выражение (30) с учетом (29) примет вид

$$\frac{R_{П}}{\sin \alpha_{Ц0}} = \frac{R_{П} + D}{\sin (180^\circ - \gamma_{К1Ц0})}. \quad (31)$$

Учитывая, что

$$\sin (180^\circ - \gamma_{К1Ц0}) = \sin \gamma_{К1Ц0}, \quad (32)$$

выразим из выражения (32) значение угла $\alpha_{Ц0}$

$$\alpha_{Ц0} = \arcsin \frac{R_{П} \sin \gamma_{К1Ц0}}{R_{П} + D}. \quad (33)$$

Произведя несколько подстановок, найдем выражение для вычисления угла отклонения орудия по изображению щита цифровой видеокамерой:

$$\alpha_{П} = \gamma_{К1Ц0} - \alpha_{Ц0}; \quad (34)$$

$$\alpha_{П} = \gamma_{К1Ц0} - \arcsin \frac{R_{П} \sin \gamma_{К1Ц0}}{R_{П} + D}; \quad (35)$$

$$\alpha_{П} = \arctg \left(\frac{A_{К1}^{(2)}}{A_{К1}^{(3)}} \right) - \arcsin \frac{R_{П} \sin \left(\arctg \left(\frac{A_{К1}^{(2)}}{A_{К1}^{(3)}} \right) \right)}{R_{П} + D}. \quad (36)$$

На этом можно было бы остановиться, но на практике щит вряд ли удастся идеально поместить так, чтобы его геометрический центр совпал в пространстве с оптической осью камеры. Вероятнее всего центр щита будет отклонён от «идеального» положения (точка $Ц_0$) и займет в пространстве некоторую точку $Ц_1$.

Тогда координаты изображения центра щита на изображении камеры CCD в исходном положении будут выражены матрицей с ненулевыми значениями

$$A_{К0} = \begin{pmatrix} x_{Ц01} \\ y_{Ц01} \\ f \\ 1 \end{pmatrix}^T. \quad (37)$$

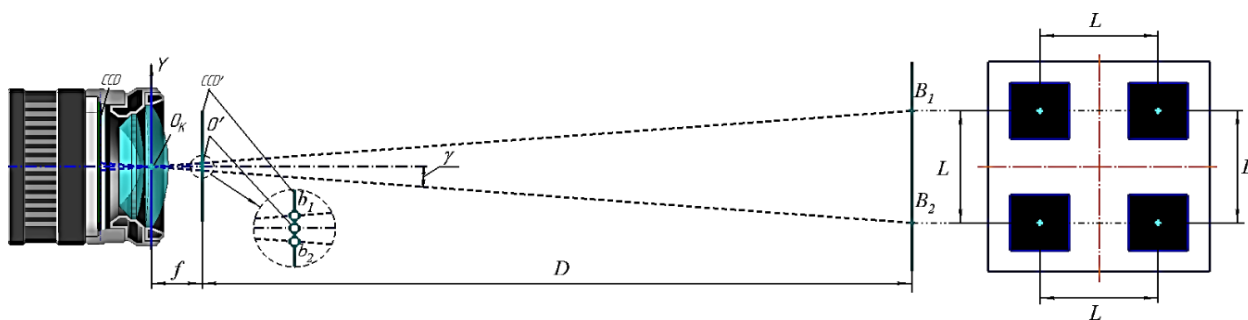


Рисунок 14. Схема вычисления расстояния до щита и угла на объект (сделано автором Гейнце Э.А.)

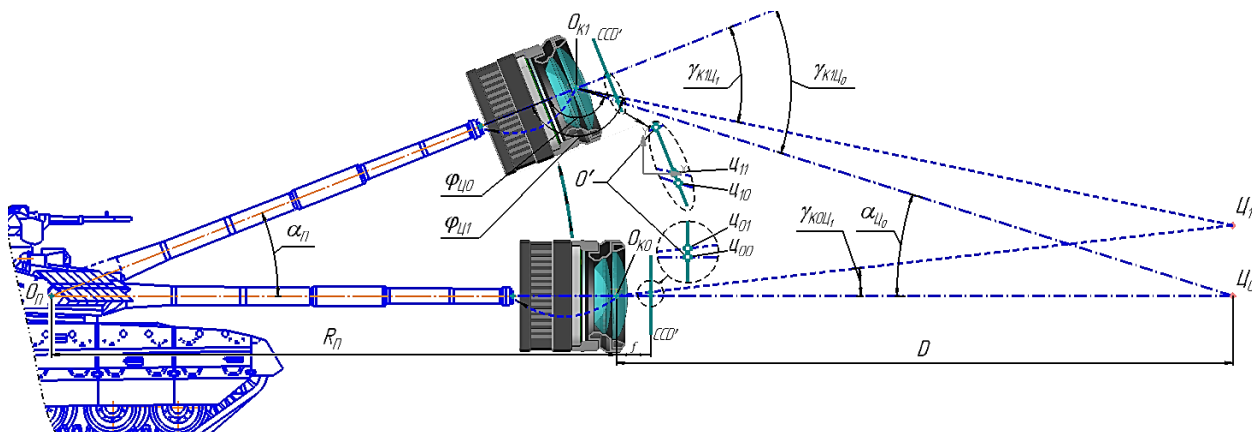


Рисунок 15. Схема определения угловых отклонений орудия при выверке демпфирования СТВ (сделано автором Зубарь А.В.)

При допущении, что поперечное отклонение положения центра щита, т.е. расстояние $Ц_0Ц_1$ будет невелико, можно записать

$$\gamma_{K1Ц0} = \gamma_{K1Ц1} + \gamma_{K0Ц1} = \arctg \left(\frac{A_{K1}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)}} \right) + \arctg \left(\frac{A_{K0}^{(2)}}{A_{K0}^{(3)}} \right), \quad (38)$$

Преобразуем сумму арктангенсов (38)

$$\gamma_{K1Ц0} = \arctg \left(\frac{\frac{A_{K1}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)}} + \frac{A_{K0}^{(2)}}{A_{K0}^{(3)}}}{1 - \frac{A_{K1}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)}} \frac{A_{K0}^{(2)}}{A_{K0}^{(3)}}} \right). \quad (39)$$

Так как третий элемент матриц A_{K0} и A_{K1} обозначает одну и ту же величину, т.е. $A_{K1}^{(3)} = A_{K0}^{(3)} = f$, заменим $A_{K0}^{(3)}$ в выражении (39) на $A_{K1}^{(3)}$, и произведя преобразование, получим

$$\gamma_{K1Ц0} = \operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{A_{K1}^{(2)} + A_{K0}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)} + A_{K0}^{(3)}}}{1 - \frac{A_{K1}^{(2)} A_{K0}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)} A_{K0}^{(3)}}} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{A_{K1}^{(2)} + A_{K0}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)} + A_{K1}^{(3)}}}{1 - \frac{A_{K1}^{(2)} A_{K0}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)} A_{K1}^{(3)}}} \right) =$$

$$= \operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{A_{K1}^{(2)} + A_{K0}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)}}}{\frac{A_{K1}^{(3)} A_{K1}^{(3)} - A_{K1}^{(2)} A_{K0}^{(2)}}{A_{K1}^{(3)} A_{K1}^{(3)}}} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{A_{K1}^{(2)} A_{K1}^{(3)} + A_{K0}^{(2)} A_{K1}^{(3)}}{A_{K1}^{(3)} A_{K1}^{(3)} - A_{K1}^{(2)} A_{K0}^{(2)}} \right). \quad (40)$$

Тогда выражение (36) примет вид

$$\alpha_{II} = \operatorname{arctg} \left(\frac{A_{K1}^{(2)} A_{K1}^{(3)} + A_{K0}^{(2)} A_{K1}^{(3)}}{A_{K1}^{(3)} A_{K1}^{(3)} - A_{K1}^{(2)} A_{K0}^{(2)}} \right) - \arcsin \frac{R_{II} \sin \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{A_{K1}^{(2)} A_{K1}^{(3)} + A_{K0}^{(2)} A_{K1}^{(3)}}{A_{K1}^{(3)} A_{K1}^{(3)} - A_{K1}^{(2)} A_{K0}^{(2)}} \right) \right)}{R_{II} + D}. \quad (41)$$

Руководствуясь аналогичными преобразованиями запишем выражения для определения угла отклонения башни на угол β_{II}

$$\beta_{II} = \operatorname{arctg} \left(\frac{A_{K1}^{(1)} A_{K1}^{(3)} + A_{K0}^{(1)} A_{K1}^{(3)}}{A_{K1}^{(3)} A_{K1}^{(3)} - A_{K1}^{(1)} A_{K0}^{(1)}} \right) - \arcsin \frac{R_B \sin \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{A_{K1}^{(1)} A_{K1}^{(3)} + A_{K0}^{(1)} A_{K1}^{(3)}}{A_{K1}^{(3)} A_{K1}^{(3)} - A_{K1}^{(1)} A_{K0}^{(1)}} \right) \right)}{R_B + D}. \quad (42)$$

где R_B - расстояние от дульного среза орудия до центра вращения башни танка (для танка Т-72 $R_B = 7,346$ м).

Таким образом, задача применения цифровой видеокамеры в качестве датчика вертикального и горизонтального углов с математической точки зрения полностью решена.

В заключение отметим, что в ряде случаев проверка демпфирования может быть упрощена, в случае если в качестве щита используется объект, расположенный на значительном расстоянии от танка ($D \geq 9 R_{II}$). В данном случае щит можно не использовать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. - 168 с.
2. Кисмерешкин, В.П. Диагностика стабилизатора танкового вооружения [Текст] / Материалы II Межвузовской научно-практической конференции «Совершенствование систем эксплуатации вооружения, военной и специальной техники» / Кисмерешкин В.П., Майстренко В.А., Мусин А.Б. - Омск: ОАБИИ, 2015. - С. 176-180.
3. Никитина Т.Б. Робастная стабилизация танкового вооружения. Вестник НТУ «ХПИ», Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Автоматика и приборостроение». 2007, №10. С. 134-144.
4. Кудрявцев А.М. Электрооборудование бронетанковой техники. Электрооборудование боевых машин. Стабилизаторы вооружения 2Э36: устройство и обслуживание: учеб. пособие / А.М. Кудрявцев, О.Е. Уласевич, В.Н. Жеглов, В.Ю. Гумилев. - Рязань: РВВДКУ(ВИ), 2013. - 144 с.
5. Пивоваров, В.П. Оптико-электронный комплекс диагностирования стабилизаторов танкового вооружения [Текст] / Материалы II Межвузовской научно-практической конференции «Совершенствование систем эксплуатации вооружения, военной и специальной техники» / Пивоваров В.П., Тишин С.А., Соломин О.О., Поречин А.А. - Омск: ОАБИИ, 2015. - С. 214-224.
6. Кисмерешкин В.П. Диагностика стабилизаторов танкового вооружения [Текст] / Науч.-практ. журнал Национальные приоритеты России. Наука и военная безопасность / Кисмерешкин В.П., Майстренко В.А., Пивоваров В.П. - Омск: ООО «Издательский центр «Омский научный вестник», 2015. - №1 (1). - С. 44-46.
7. Рынок микроэлектроники, DS1869-010 Dallastat™ - 3 В, электронный реостат с цифровым управлением [Электронный ресурс] // http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component_detail&id=29041 (дата обращения: 29.09.2016).
8. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Гонзалес Р., Вудс Р. - М.: Техносфера, 2005. - 1072 с.
9. Визильтер, Ю.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEWIMAQVision [Текст] / Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов, В.А. Князь и др. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 464 с.
10. Зубарь, А.В. Математическое обеспечение процесса определения параметров демпфирования приводов наведения стабилизатора танкового вооружения [Текст] / Воен.-науч. журнал Вестник академии военных наук. / Зубарь А.В., Пивоваров В.П., Гейнце Э.А. - Москва: АВН - 2016 - №3 (56) - С. 74-80.
11. Зубарь, А.В. Автоматизация процесса определения параметров демпфирования стабилизатора вооружения [Текст] / Науч.-практ. журнал Национальные приоритеты России. Наука и военная безопасность / Зубарь А.В., Пивоваров В.П., Ковалев А.В. и др. - Омск: ОАБИИ - 2016 - №1 (5) - С. 34-42.

Geyntse Eduard Aleksandrovich

Omsk-automotive engineering institute (branch), Russia, Omsk
E-mail: eduard.geince@mail.ru

Zubar Alexey Vladimirovich

Omsk-automotive engineering institute (branch), Russia, Omsk
E-mail: alexey_zubar@mail.ru

Reshotka Aleksandr Vladimirovich

Omsk-automotive engineering institute (branch), Russia, Omsk

Panin Alexey Sergeyevich

Omsk-automotive engineering institute (branch), Russia, Omsk

Development of methods of diagnosing stabilizers tank weapons, automatic correction damping of the actuators, the guidance of the stabilizer arms

Abstract. The purpose of this research - the measurement automation and the maintenance of a given level of armament stabilizer parameters, namely, the amount of damping guidance actuators in vertical and horizontal planes. A feature of the process of automatic correction damping is used as a digital video camera angle detector. The structure of the measuring application that implements the method, and held its experimental verification.

Keywords: stabilizer tank weapons; damping; digital video camcorder; measuring the application of angular misalignments; two-dimensional matrix of intensities; marking device; block compression of video image; optical filter