

ЗАО "Научно-Производственная Компания ВИДЕОСКАН"



Экз №

Главный конструктор
проекта «ВидеоБолид»

М.С. Семин

Генеральный директор
ЗАО «НПК ВИДЕОСКАН»

В.П. Майоров

**Проект
комплекса устройств регистрации и
измерения параметров движения
быстролетающих объектов**

«ВидеоБолид»

Введение

Данный проект базируется на разработанном в ЗАО «НПК ВИДЕОСКАН» функционально-законченном семействе устройств ВидеоТрасса [1,2,4,5] технические возможности которого могут быть расширены за счет применения электронно-оптических камер серии НАНОГЕЙТ разработки ООО «НПП НАНОСКАН». Основой инновационных решений устройств семейства стало появление эффективных полупроводниковых лазерных излучателей в сочетании с применением световозвращающих материалов и специальным управлением твердотельными приемниками изображений. Все это позволило создать комплекс устройств, хорошо приспособленных к условиям проведения экспериментов, связанных с возникновением ударных волн и также климатических факторов на открытых площадках.

Ориентированный на решение задач баллистических экспериментов комплекс ВидеоБолид позволяет:

- решить комплекс задач, связанных с получением изображений и высокоточном измерении параметров движения быстролетающих объектов в широком диапазоне скоростей и калибров;
- решить задачу сплошной регистрации экспериментов с созданием электронной базы данных;
- на современном уровне решить проблемы эксплуатации оборудования и обслуживания экспериментов.

Эффективность технических решений, реализованных в комплексе ВидеоБолид, может быть проиллюстрирована тем, что питание всех устройств, включая устройства подсветки, решающих задачи получения изображений быстролетающих объектов с экспозицией порядка 100 нс, может быть осуществлено от USB порта ноутбука.

Макеты и опытные образцы всех регистрирующих устройств семейства ВидеоТрасса и серии НАНОГЕЙТ прошли натурные испытания на баллистических трассах различных организаций РФ.

В данном материале представлены данные баллистических экспериментов, полученных устройствами семейства «ВидеоТрасса» и серии «НАНОГЕЙТ» на трассах ФГУП «ПРИБОР» (г. Ногинск), ВНИИЭФ (г. Саров), стенде ЦНИИМАШ (г. Королев), лаборатории плазмодинамики, ФТИ, С. Петербург.

1. Назначение и область применения комплекса ВидеоБолид

Комплекс устройств «ВидеоБолид» предназначен для высокоточного измерения параметров движения, получения изображений быстролетающих объектов, в том числе для получения изображения всей поверхности быстролетающих объектов с высоким разрешением в широком диапазоне калибров и скоростей, а при использовании регистраторов серии «НАНОГЕЙТ» для решения задач получения изображений сверхкоротких процессов.

Реализация проекта ВидеоБолид позволит:

- решить задачу сплошного контроля с архивации результатов баллистических экспериментов, в том числе при стрельбе очередью;
- получать 3D изображения быстролетающего объекта и сопровождающих элементов;
- получать изображение всей поверхности объекта в полете;
- получать данные о геометрических размерах объекта в фазе полета;
- получать изображения ударных волн в натурных экспериментах;
- с высокой точностью измерять параметры движения объекта:
 - величины и направления вектора скорости;
 - скорости вращения объекта;
 - угла и скорости нутации;
 - координат и времени прохождения объектом участков траектории;
- исследовать и измерять параметры запреградных явлений, в том числе определять количество и размеры осколков, направления и скорости их разлета;
- регистрировать поле и направление движения микроосколков.

Применение электронно-оптических камер серии НАНОГЕЙТ в баллистических экспериментах позволяет:

- получать изображения фаз быстропротекающих процессов, в том числе не связанных с линейным перемещением объектов съемки;
- получать серию изображений быстролетающего объекта методом мультэкспозиции;
- получать серию изображений быстропротекающих процессов методом мультикамерной съемки в том числе беспараллаксной мультикамерной съемки;
- получать стереопары быстропротекающих процессов.

2. Состав комплекса ВидеоБолид

Измерительный комплекс ВидеоБолид состоит из набора регистрирующих устройств, устройств синхронизации, подсветки и управления сбором данных, разработанных в ЗАО «НПК ВИДЕОСКАН» и образующих функционально-законченное семейство ВидеоТрасса.

В настоящее время в семейство ВидеоТрасса входят следующие устройства:

- теневой импульсный регистратор – ВидеоТИР;
- теневой однострочный регистратор – ВидеоТОР;
- щелевой регистратор – ВидеоСтринг;
- лазерный однострочный регистратор – ВидеоЛОР;
- камера скоростной видеосъемки – ВидеоСпринт;
- устройства подсветки объектов съемки – ВидеоСвет;
- устройство наведения/контроля наведения ствола - ВидеоПрицел;
- устройства синхронизации съемки – ВидеоСтарт;
- устройства временной привязки хронографирующих устройств – ВидеоХрон.

Фотографии макетных и опытных образцов устройств приведены на Рис. 1. Примеры изображений, полученные различными регистрирующими устройствами семейства, приведены на Рис. 2.

Состав регистрирующих устройств комплекса может быть дополнен электронно-оптическими камерами серии НАНОГЕЙТ, разработки ООО «НПП НАНОСКАН».

3. Функциональные возможности и особенности комплекса ВидеоБолид

Ключевым решением, найденном в объединении свойств, используемых устройств и материалов, стало эффективное использование энергии излучения устройств подсветки.

Так для получения теневых изображений в регистраторах ВидеоТИР и ВидеоТОР достаточно излученной энергии порядка единиц мкДж, что более чем на шесть порядков меньше чем в экспериментах, описанных в монографии С.И. Герасимова, Ю.И. Файкова «Теневое фотографирование в расходящемся пучке света» [3]. При этом следует отметить, что хотя качество получаемых изображений принципиально уступает примерам, приведенным в монографии [3] в части разрешения тонкой структуры ударных волн, функциональные возможности регистраторов в отличие от используемых в [3] экспериментальных установок обеспечивают:

- регистрацию эксперимента с оперативным просмотром и архивацией полученных изображений;
- регистрации быстро следующих экспериментов, например, регистрацию стрельбы

очередью;

- регистрации объектов в условиях постороннего освещения или сопровождающихся ярко светящимися образованиями, например, получение изображения трассирующего снаряда в полевых условиях,

при этом качеством получаемых изображений остается приемлемым для широкого круга задач.

4. Конструктивные особенности и возможности применения комплекса ВидеоБолид в условиях баллистических трасс

Конструктивные решения устройств ВидеоТрасса (малые габариты, небольшая потребляемая мощность и отсутствие элементов чувствительных к механическим воздействиям) позволяют применять их как в закрытых, так и в условиях открытых баллистических трасс, а также в зонах экстремального внешнего электромагнитного и механического воздействия.

Все устройства комплекса «ВидеоБолид» могут быть выполнены в виде портативных съемных устройств, устанавливаемых на специальных монтажных площадках стационарных и мобильных конструкций.

Унификация устройств комплекса ВидеоБолид позволяет использовать их в различных комбинациях в зависимости от задач, решаемых в конкретном эксперименте.

Состав набора устройств их опции и конструктивное исполнение определяются калибром исследуемых объектов и другими особенностями постановки экспериментов оборудуемой баллистической трассы (см. приложение 2).

Управление и сбор данных комплекса «ВидеоБолид» может осуществляется как по электрическому (медному) кабелю на расстоянии до 50 м, так и по оптоволоконным линиям на удалении до нескольких сотен метров специальным бронированным кабелем, позволяющим оперативное развертывание в полевых условиях, до десятков километров по стационарно установленному оптоволоконному кабелю. Так же возможна работа регистрирующих устройств комплекса в автоматическом (автономном) режиме, при этом сбор данных от каждого регистратора может осуществляться как по линии связи, например, по оптоволокну, так и «вручную» путем сбора съемных носителей (флеш-карт) с каждого регистратора.

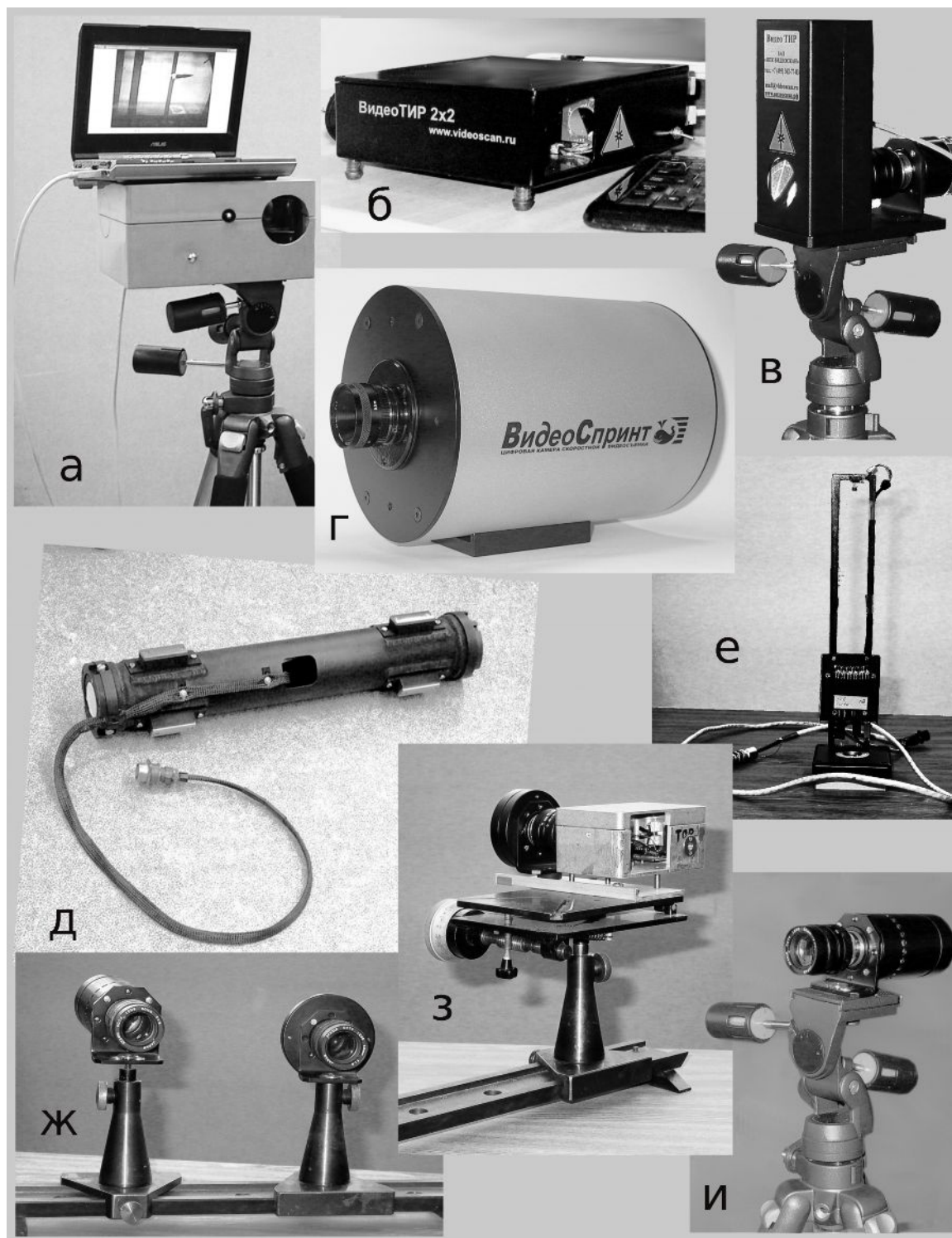


Рис. 1 Макетные и опытные образцы устройств семейства ВидеоТрасса: а) макетный образец комплекса ВидеоТИР – ВидеоСтарт – управляющий компьютер; б) опытный образец ВидеоТИР 2x2; в) серийный образец ВидеоТИР (начало поставок 2011г); г) камера скоростной съемки ВидеоСпринт (поставки с 2003г); д) серийный образец ВидеоПрицел; е) макет синхронизатора ВидеоСтарт; ж) макетный образец ВидеоЛОП; з) макетный образец ВидеоТОР; и) опытный образец ВидеоСвет.

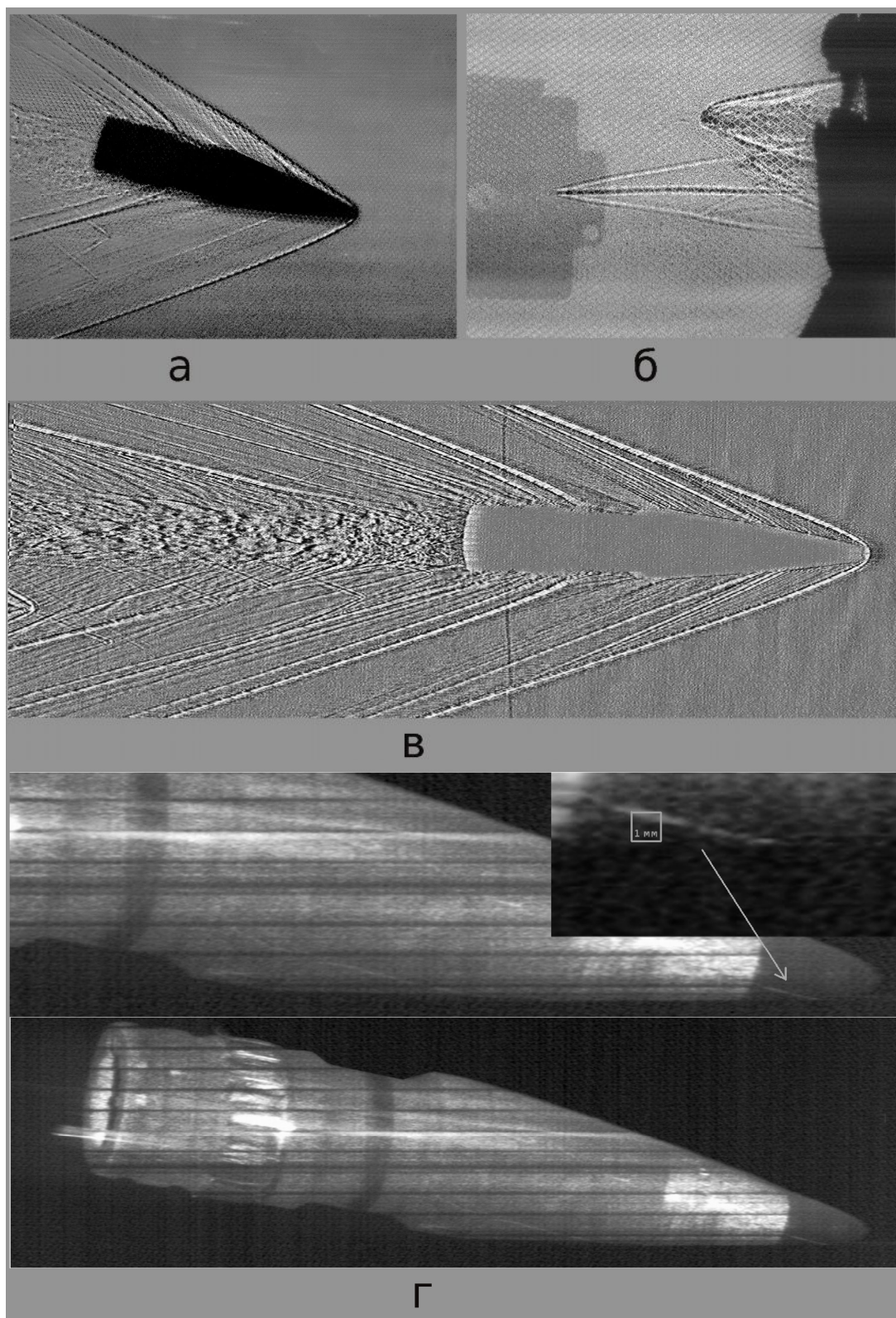


Рис. 2. Примеры изображений, полученные различными регистрирующими устройствами семейства ВидеоТрасса: а) теневое изображение 30 мм снаряда, скорость $\sim 1 \text{ км/с}$; б) теневое изображение 0,4 мм стального шарика скорость $\sim 2.5 \text{ км/с}$; в) теневая хронограмма пролета 30 мм снаряда; г) хронограмма в отраженном свете пролета 30 мм снаряда. Темные горизонтальные полосы на изображении обусловлены структурой тела свечения макетного образца устройства подсветки и могут быть устранены в серийных образцах.

5. Уровень разработки устройств комплекса ВидеоБолид.

Первое устройство семейства ВидеоТрасса – ВидеоТИР было разработано на предприятии ЗАО «НПК ВИДЕОСКАН» и испытано на трассе ФГУП «ПРИБОР» в апреле 2008 года. Учитывая этот успешный опыт на предприятии ЗАО «НПК ВИДЕОСКАН» были продолжены работы по созданию регистрирующих устройств на базе твердотельных фотоприемных устройств и устройств подсветки, а так же устройств синхронизации, позволяющих решать весь комплекс задач получения данных в баллистических экспериментах.

К настоящему времени найдены и проверены в натурных испытаниях принципиальные технические решения задач:

- получения теневых изображений быстролетающих объектов;
- получения теневых хронограмм быстролетающих объектов;
- получения хронограмм изображений быстролетающих объектов в отраженном свете;
- создания устройств подсветки изображений
- создания устройств синхронизации
- обеспечения работы устройств в полевых условиях;
- оснащения устройств оптоволоконным кабелем в полевом исполнении.

Завершается изготовление устройства временной привязки хронографирующих устройств комплекса.

Так же в натурных испытаниях подтверждены технические возможности и определены достижимые параметры устройств комплекса для задач:

- высокоточного измерения величины скорости с погрешность заведомо меньшей 0,01% (см. приложение 1);
- измерения направления вектора скорости (см. приложение 1);
- измерения углов и скорости нутации объекта (см. приложение 1);
- получения подробного изображения всей поверхности быстролетающего объекта достигнутое разрешение 0,2 мм (см. приложение 1);
- получения серии детальных изображений быстролетающего объекта на протяженном участке траектории (см. приложение 1).

При этом следует особо отметить возможность комплекса решать указанные выше задачи при стрельбе очередью.

Таким образом, современный уровень разработок позволяет перейти к созданию технических проектов комплексного оснащения баллистических трасс в соответствии с техническими требованиями на них.

6. Применение оптико-электронных камер серии НАНОГЕЙТ в составе комплекса ВидеоБолид

Методы и средства регистрации изображений со сверхкороткими временами экспозиций на основе электронно-оптических камер являются одним из мощных инструментов для изучения пространственно-временных характеристик в таких областях, как физика плазмы, взаимодействия импульсных электронных пучков с веществом, импульсная спектрометрия и баллистика.

Уровень разработки электронно-оптических камер, достигнутый в ООО «НПП НАНОСКАН», позволил создать и серийно выпускать семейство кадровых электронно-оптических камер НАНОГЕЙТ с регулируемым временем экспозиции от 2 нс до десятков мкс.

В состав регистрирующего комплекса ВидеоБолид могут входить следующие камеры серии НАНОГЕЙТ (см. Рис. 3):

- камеры НАНОГЕЙТ-2 с длительностью экспозиции от 10 нс до 20 мкс;
- многокамерные комплексы НАНОГЕЙТ-9 (количество камер в комплексе может варьироваться от 2 до 9). Принцип регистрации: одна камера – один кадр. Минимальное время экспозиции каждой камеры составляет 10 нс, интервалы между кадрами от 5 нс до 1 300 мкс. При этом, имея предварительную информацию о развитии исследуемого процесса, возможно установить индивидуальные значения экспозиций и коэффициентов усиления для каждого ЭОП, а так же, различные интервалы между кадрами. Камера имеет высокое пространственное разрешение при всех значениях длительности экспозиции (32 пар лин/мм, что соответствует 1000х750 пикселей зарегистрированного изображения).
- камера нового поколения НАНОГЕЙТ-3. Двухкадровая электронно-оптическая камера, с минимальной длительностью экспозиции 20 нс и регулируемым интервалом между кадрами от 1,8 до 1 000 мкс.
- камера нового поколения СПУ-1. В камере достигнута предельная, однофотонная чувствительность за счет волоконно-оптического переноса изображения с экрана ЭОП на ПЗС матрицу цифровой системы считывания. Она может быть выполнена как в герметичном термостатированном корпусе для работы в широком диапазоне температур и влажности, так и в варианте сверх помехоустойчивой системы, для работы в условиях физического эксперимента при наличии мощных импульсных электромагнитных полей. Длительность экспозиции может быть установлена в диапазоне от 2 нс до 20 мкс.



Рис. 3. Камеры серии НАНОГЕЙТ: а) электронно-оптическая камера НАНОГЕЙТ -2 с контроллером ввода изображения в компьютер. б) многокадровый электронно-оптический комплекс НАНОГЕЙТ-9 (в комплекте с промышленным компьютером. в) двухкадровая электронно-оптическая камера НАНОГЕЙТ -3В. г) универсальная электронно-оптическая камера СПУ-1

Все камеры нового поколения могут выпускаться в вариантах исполнения:

- с высоким пространственным разрешением (32 пар лин/мм), но не предельно высокой чувствительностью;
- с предельной, однофотонной чувствительностью с пространственным разрешением (28 пар лин/мм);
- для применения в условиях средних электромагнитных помех;
- для применения в условиях сверх мощных электромагнитных помех.

На Рис. 4 приведены результаты применения многокамерных комплексов.

Качество изображения обеспечивается высоким пространственным разрешением электронно-оптических камер в наносекундной области времени с одной стороны и оптимальной установкой двух импульсных источников подсветки достаточной мощности с другой стороны.

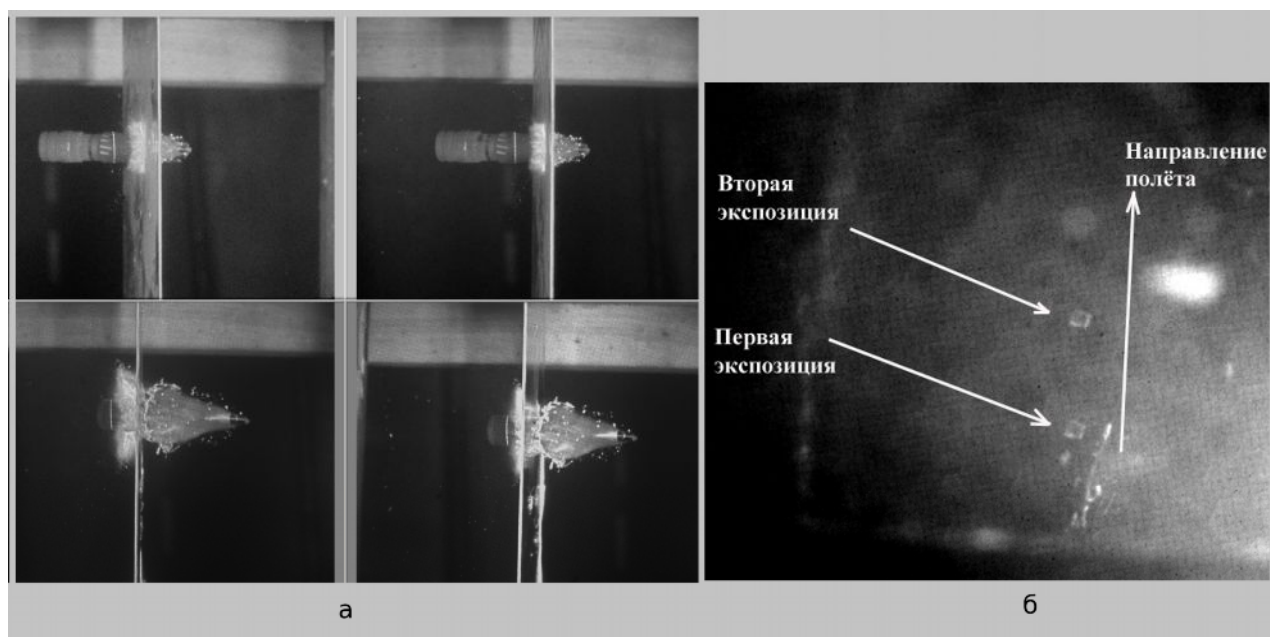


Рис. 4. Примеры изображений, полученных камерами серии НАНОГЕЙТ: а) Съемка четырехкамерным комплексом НАНОГЕЙТ-9. Две стереопары изображений пробоя снарядом алюминиевого листа. Скорость снаряда 980 м/сек. Длительность экспозиции 100 нс, интервал между стереокадрами 46 мкс; б) Съемка камерой НАНОГЕЙТ-2 в режиме двойной экспозиции. Полет поликарбонатного кубика - 2х2х2 мм. Скорость 3 км/сек. Длительность каждой экспозиции 20 нс. Интервал между экспозициями 5,46 мкс.

Лаборатория плазмогазодинамики, ФТИ, С. Петербург

Список литературы

1. В.П. Майоров, М.С. Семин. Функционально-законченное семейство устройств «ВидеоТрасса» - основа для создания измерительных комплексов. Доклад на VII научно-технической конференции РАРАН "Проектирование систем и измерительных комплексов". Нижний Тагил 2010г. Интернет-журнал «Красный угол» <http://www.videoscan.ru/page/632>.
2. М.И. Крутик, Ю.Н. Липченко, В.П. Майоров, В.Г. Романов, М.С. Семин, Р.Р. Шарипов. Результаты натурных испытаний устройств семейства регистраторов ВидеоТрасса и электронно-оптических камер серии Наногейт. Доклад на VII научно-технической конференции РАРАН "Проектирование систем и измерительных комплексов". Нижний Тагил. Интернет-журнал «Красный угол» <http://www.videoscan.ru/page/632>. 2010 г.
3. С.И. Герасимов Ю.И. Файков. Теневое фотографирование в расходящемся пучке света. Саров. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» 2010.
4. В.П. Майоров, М.С. Семин. Актуальные разработки НПК ВИДЕОСКАН в области регистраторов быстро протекающих процессов в 2009 году. Доклад на VI конференции Волжского регионального центра. Интернет-журнал «Красный угол» <http://www.videoscan.ru/page/632>. 2009 г.
5. М.И. Крутик, Ю.Н. Липченко, В.П. Майоров, В.Г. Романов, М.С. Семин О.Т. Чижевский, Р.Р. Шарипов. Опыт совместной разработки по комплексному оснащению баллистических трасс видеорегистрирующей аппаратурой Пленарный доклад на V всероссийской конференции "Проектирование боеприпасов, систем и измерительных комплексов. Интернет-журнал «Красный угол» <http://www.videoscan.ru/page/632>. 2008 г.

Примеры применений комплекса «ВидеоБолид»

Применение комплекса ВидеоБолид для задачи измерения скорости движения объектов

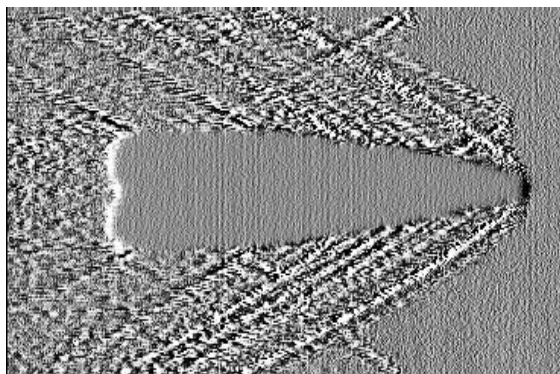


Рис.5. Разность пары изображений хронограммы полета снаряда, полученной регистратором ВидеоТОР.

Устройство ВидеЛТОР комплекса «ВидеоБолид» позволяет получать теневые изображения быстролетящих объектов с разрешением по оси времени до 100 нс, что при корреляционной обработке пар изображений, полученных двумя регистраторами, разнесенными на некоторое базовое расстояние друг от друга, позволяет определять время прохождения объектов этого расстояния с погрешностью заведомо меньшей 100 нс (субпиксельное разрешение).

На Рис. 5 приведена разность пары изображений одной и той же хронограммы снаряда сдвинутых относительно друг друга на 1 пиксел. Высокий контраст полученной разности подтверждает возможность получения данных о времени прохождения объектом базового расстояния с разрешением заведомо лучше 1 временного отсчета. Так для снаряда, летящего со скоростью 1км/с, время прохождения базового расстояния 1 м составит 1 мс, что при временном разрешении 100 нс соответствует 10 тыс. отсчетов. Для этого примера методическая погрешность определения скорости снаряда будет заведомо меньше чем 0,1 м/с или 0,01%.

Применение комплекса ВидеоБолид для задачи получения изображения поверхности быстролетящего объекта.

Регистратор ВидеоЛОР и устройство подсветки ВидеоСвет комплекса ВидеоБолид позволяют получать хронограммы быстролетящих объектов в отраженном свете. Квадрат на фрагменте увеличенного изображения снаряда (см. Рис.2г) имеет размер 1х1 мм. Темные горизонтальные полосы являются следствием неравномерности излучения лазерного диода и могут быть устранены.

Такое изображение может быть использовано как для анализа внешнего вида объекта, так и для измерения геометрических размеров артефактов поверхности.

Разрешение по пространственной оси устройства ВидеоЛОР (перпендикулярной к

направлению движения) определяется фокусным расстоянием применяемого объектива устройствами регистраторов и расстоянием до объекта, а пространственное разрешение по оси времени величиной смещением объекта за период между регистрациями строк

Для объектов меньшего калибра и объектов, летящих с меньшей скоростью, пространственное разрешение пропорционально увеличивается.

Применение комплекса ВидеоБолид для задачи получение изображений ударных волн.

Теневые регистраторы ВидеоТИР и ВидеоТОР позволяют получать изображения ударных волн сопровождающих движение быстролетящих объектов в воздухе (см. Рис. 2).

Применение комплекса ВидеоБолид для задач измерения угла нутации, скорости движения и получения полного изображения поверхности быстролетящего объекта

На Рис. 6а представлена функциональная схема одного из вариантов применения комплекса ВидеоБолид для высокоточного определения скорости движения снаряда, измерения угла нутации и получения изображения всей поверхности снаряда непосредственно в полете.

Конструктивно данный вариант комплекса ВидеоБолид может быть выполнен в виде фермы, на которую монтируются пара регистраторов ВидеоТОР (внутренняя треугольная часть конструкции фермы), обеспечивающих измерение скорости, и три регистратора ВидеоЛОР, позволяющие получать изображение всей поверхности снаряда (наружная часть конструкции фермы).

В данном варианте комплекс ВидеоБолид имеет следующие параметры:

- Калибр снарядов до 125 мм
- Допустимое отклонение снаряда от номинальной траектории 250 мм
- Погрешность измерения скорости движения снаряда менее 0,1 м/с
- Разрешение полученных изображений
 - временное разрешение 100 нс
 - пространственное разрешение для скоростей движения до 1 км/с 0,1 мм
- Точность измерения угла нутации не хуже 0,01 рад
- Возможность определения параметров движения и получения изображений снарядов при стрельбе очередью до 3000 выстр./мин
- Возможность получения изображения ударных волн да
- Возможность применения в полевых условиях да

Применение комплекса ВидеоБолид для задачи получения серии изображений быстролетящего объекта.

Одной из задач баллистических испытаний является получение изображения объекта в полете и серии изображений объекта на протяженном участке трассы.

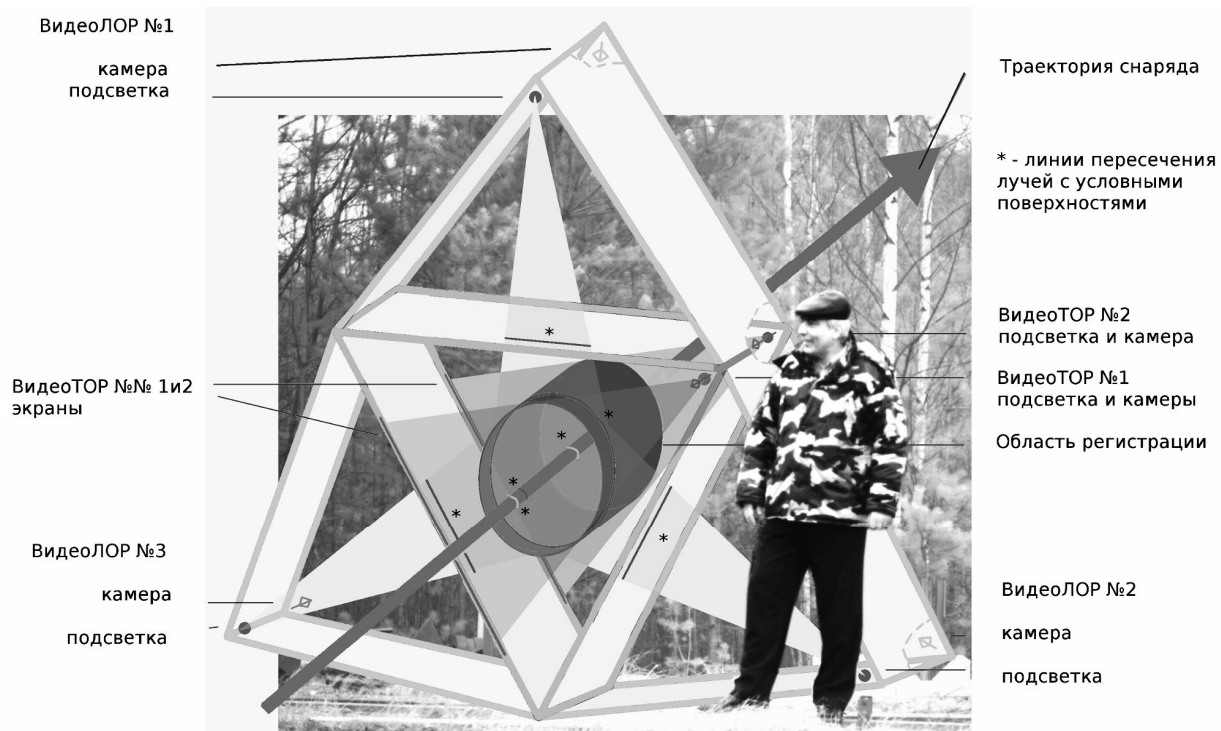
Данная задача может быть решена, в том числе с учетом проблем подсветки и синхронизации, с помощью комплекса устройств ВидеоЛОР, ВидеоСвет и ВидеоСтарт. Полученное таким образом устройство - автономный мобильный оптический регистратор «ВидеоАМОР» - будучи установленным в нужной точке трассы будет получать изображение пролетающего мимо него объекта. В случае же установки нескольких регистраторов ВидеоАМОР вдоль трассы (см. Рис.6б) будет возможно получение серии детальных изображений объекта в полете или даже нескольких серий изображений объектов при стрельбе очередью.

Получение изображения быстролетящего объекта с помощью регистратора ВидеоАМОР производится следующим образом:

- регистратор устанавливается в заданной точке трассы;
- оптические устройства регистратора наводятся и фокусируются на плоскость пролета объекта;
- устанавливаются параметры съемки: диафрагмы объективов, частота съемки, время начала и окончания регистрации, величина предварительного усиления видеосигнала;
- выбирается и устанавливается режим «однократного ввода» или «многократного ввода», позволяющего регистратору получать серию изображения объектов в последовательных экспериментах;
- регистратор переводится в режим активного ожидания.

При прохождении объектом плоскости срабатывания устройства синхронизации ВидеоСтарт включается устройство подсветки ВидеоСвет и регистратор ВидеоЛОР производит запись изображения в соответствии с установленными параметрами, после этого полученные данные считываются и сохраняются в энергонезависимой памяти и регистратор ВидеоАМОР переходит либо в режим активного ожидания следующего процесса, либо в энергоэкономный режим.

Принципиальной особенностью постановки эксперимента с применением регистраторов ВидеоАМОР является то, что в каждой точке регистрации будет получено изображение быстролетящего объекта с высоким разрешением деталей поверхности вне зависимости от длины участка траектории, что технически невозможно при съемке одной камерой, пусть даже и обеспечивающей необходимую экспозицию и кадровую частоту съемки.



а



б

Рис. 6. Примеры применения комплекса ВидеоБолит.

а) Функциональная схема одного из вариантов применения комплекса ВидеоБолит для высокоточного определения скорости движения снаряда, измерения угла нутации и получения изображения всей поверхности снаряда непосредственно в полете.

б) «Расстановка регистраторов ВидеоАМОР вдоль трассы» для получения серии детальных изображений объекта в полете.

Например, если необходимо получить серию изображений объекта на участке траектории длиной 50м, то, при использовании видеокамеры с разрешением 1000х1000 элементов и установке ее линии визирования перпендикулярно траектории полета, размер элемента разрешения в получаемых изображениях будет равен 50 мм. В случае же применения регистратора ВидеоАМОР разрешение всех изображений объекта в серии может быть не хуже тысячной доли длины объекта.

Сбор данных от регистратора может осуществляться как по линии связи, например, по оптоволокну, так и «вручную», например, путем сбора съемных носителей (флеш-карт) с каждого регистратора.

Применение нескольких регистраторов ВидеоАМОР, при условии обеспечения их относительной геометрической привязки, а также применения устройства временной привязки хронографирующих устройств – ВидеоХрон, позволит получить значения скоростей движения объекта на выбранных участках траектории.

Применение комплекса ВидеоБолид для задачи получение прямого изображения быстролетающего объекта.

Эффективное использование энергии излучения устройств подсветки ВидеоСвет позволяет получать изображения быстролетающих объектов в отраженном свете см. Рис.7 с помощью ПЗС камеры - ВИДЕОСКАН 285.



Рис.7. Изображение 30 мм снаряда, полученное камерой ВИДЕОСКАН-285 с расстояния 1,5 м со времени экспозиции 130 нс и относительном отверстии объектива 1:1,8 при подсветке четырьмя устройствами подсветки ВидеоСвет.

Следует отметить, что возможность эффективной концентрации излученной световой энергии в устройствах подсветки ВидеоСвет на объекте съемки, принципиально позволяет получать изображения объектов до 125 мм и более. При этом высокий КПД всего устройства подсветки как отношение потребленной энергии от источника питания к излученной световой энергии, составляющий более 20%, принципиально позволяет осуществлять его запитку от маломощных источников, например, от USB порта ноутбука.

Таблица устройств комплекса ВидеоБолид в зависимости от калибра объекта

Наименование	Основные параметры
ВидеоТИР***	Теневой импульсный регистратор Предназначен для получения теневых изображений объектов и ударных волн Время экспозиции 30-100 нс Максимальный калибр объектов до 50 мм Максимальная скорость движения объекта до 10 км/с
ВидеоТОР 30*	Теневой однострочный регистратор Предназначен для получения теневых изображений-(хронограмм) объектов и ударных волн Максимальная частота регистрации строк 10МГц Калибр регистрируемых объектов до 50мм Максимальная скорость движения объекта до 2.5 км/с
ВидеоТОР 100*	Теневой однострочный регистратор Предназначен для получения теневых изображений-(хронограмм) объектов и ударных волн Максимальная частота регистрации строк 10МГц Калибр регистрируемых объектов от 30 до 150мм Максимальная скорость движения объекта до 2.5 км/с
ВидеоЛОР 30**	Лазерный однострочный регистратор Предназначен для получения изображений-(хронограмм) объектов в отраженном свете Максимальная частота регистрации строк 10МГц Калибр регистрируемых объектов до 50мм Максимальная скорость движения объекта до 2.5 км/с
ВидеоЛОР 100*	Лазерный однострочный регистратор Предназначен для получения изображений-(хронограмм) объектов в отраженном свете Максимальная частота регистрации строк 10МГц Калибр регистрируемых объектов от 30 до 150мм Максимальная скорость движения объекта до 2.5 км/с
ВидеоАМОР 30*	Автономный мобильный однострочный регистратор Предназначен для получения изображений-(хронограмм) объектов в отраженном свете, имеет в своем составе устройство синхронизации съемки ВидеоСтарт Максимальная частота регистрации строк 10МГц Калибр регистрируемых объектов до 50мм Максимальная скорость движения объекта до 2.5 км/с
ВидеоАМОР 100*	Автономный мобильный однострочный регистратор Предназначен для получения изображений-(хронограмм) объектов в отраженном свете, имеет в своем составе устройство синхронизации съемки ВидеоСтарт Максимальная частота регистрации строк 10МГц Калибр регистрируемых объектов от 30 до 150мм Максимальная скорость движения объекта до 2.5 км/с

ВидеоПрицел10*	Прицельное устройство Предназначено для наведения ствола на цель, контроль и документирование прицеливания. Устанавливается в ствол. Для калибров от 5 до 30 мм
ВидеоПрицел 100*	Прицельное устройство Предназначено для наведения ствола на цель, контроль и документирование прицеливания. Устанавливается в ствол со стороны дульного тормоза для калибров от 30 до 100
ВидеоПрицел 150****	Прицельное устройство Предназначено для наведения ствола на цель, контроль и документирование прицеливания. Устанавливается в ствол со стороны дульного тормоза для калибров от 100 до 152
ВидеоБолидСк 10*	Измерительный комплекс для калибров до 50 мм Предназначен для измерения с высокой точностью параметров движения объекта - величины и направления вектора скорости, координат и времени прохождения объектом участков траектории: • обеспечения сплошного контроля с архивации результатов баллистических экспериментов, в том числе при стрельбе очередью; • получения изображения ударных волн в натурных экспериментах; Погрешность измерения скоростей объектов 0,01%
ВидеоБолидСк 30*	Измерительный комплекс для калибров от 30 до 100 мм Предназначен для измерения с высокой точностью параметров движения объекта - величины и направления вектора скорости, координат и времени прохождения объектом участков траектории: • обеспечения сплошного контроля с архивации результатов баллистических экспериментов, в том числе при стрельбе очередью; • получения изображения ударных волн в натурных экспериментах; Погрешность измерения скоростей объектов 0,01%
ВидеоБолидСк 100*	Измерительный комплекс для калибров от 100 до 150 мм Предназначен для измерения с высокой точностью параметров движения объекта - величины и направления вектора скорости, координат и времени прохождения объектом участков траектории: • обеспечения сплошного контроля с архивации результатов баллистических экспериментов, в том числе при стрельбе очередью; • получения изображения ударных волн в натурных экспериментах; Погрешность измерения скоростей объектов 0,01%
ВидеоБолидИ 10*	Измерительный комплекс для калибров до 50 мм Предназначен для: получения 3D изображения быстролетящего объекта, в том числе получение изображений, для задач измерения геометрии всей поверхности объекта и обеспечения сплошного контроля с архивации результатов баллистических экспериментов, в том числе при стрельбе очередью.

ВидеоБолидИ 30*	Измерительный комплекс для калибров от 30 до 100 мм Предназначен для: получения 3D изображения быстролетящего объекта, в том числе получение изображений, для задач измерения геометрии всей поверхности объекта и обеспечения сплошного контроля с архивации результатов баллистических экспериментов, в том числе при стрельбе очередью.
ВидеоБолидИ 100*	Измерительный комплекс для калибров от 10 до 150 мм Предназначен для: получения 3D изображения быстролетящего объекта, в том числе получение изображений, для задач измерения геометрии всей поверхности объекта и обеспечения сплошного контроля с архивации результатов баллистических экспериментов, в том числе при стрельбе очередью.
ВидеоСпринт***	Камера скоростной видеосъемки Предназначена для видеосъемки быстропротекающих процессов

Примечания:

- * прототип устройства прошел натурные испытания
- ** устройство разработано и прошло натурные испытания
- *** серийно выпускаемые устройства

Оглавление:

1. Назначение и область применения комплекса ВидеоБолид	4
2. Состав комплекса ВидеоБолид	5
3. Функциональные возможности и особенности комплекса ВидеоБолид.....	5
4. Конструктивные особенности и возможности применения комплекса ВидеоБолид в условиях баллистических трасс	6
5. Уровень разработки устройств комплекса ВидеоБолид.	9
6. Применение оптико-электронных камер серии НАНОГЕЙТ в составе комплекса ВидеоБолид.....	10
Приложение 1.....	14
Примеры применений комплекса «ВидеоБолид»	14
Применение комплекса ВидеоБолид для задачи измерения скорости движения объектов...14	
Применение комплекса ВидеоБолид для задачи получения изображения поверхности быстролетящего объекта.	14
Применение комплекса ВидеоБолид для задачи получение изображений ударных волн.15	
Применение комплекса ВидеоБолид для задач измерения угла нутации, скорости движения и получения полного изображения поверхности быстролетящего объекта	15
Применение комплекса ВидеоБолид для задачи получения серии изображений быстролетящего объекта.	16
Применение комплекса ВидеоБолид для задачи получение прямого изображения быстролетящего объекта.	18
Приложение 2.....	20
Таблица устройств комплекса ВидеоБолид в зависимости от калибра объекта	20