



ООО «Научно-Производственное Предприятие НАНОСКАН»

111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 13Е, к. 618 (495) 362-77-83 E-mail: mail@nanoscan.ru

*Проект оснащения баллистической трассы
фотоэлектронным комплексом для регистрации изображений
летающих объектов со скоростями до 15 км/сек*

Директор, главный конструктор

_____ М.И. Крутик

Москва

2013

Фотоэлектронный комплекс для высокоскоростной съемки в режиме 2D изображений

Фотоэлектронный комплекс предназначен для высокоскоростной съемки баллистических процессов. Основой комплекса является электронно-оптический модуль, который конструктивно может быть выполнен или в виде отдельной камеры, или в виде одного из нескольких каналов в многоканальной камере.

Принцип работы электронно-оптического модуля.

Структурная схема одиночных электронно-оптических камер $K_1 \div K_n$ и каждого канала восьми канальной камеры идентичны. Вследствие этого, для указанных устройств используется универсальное ПО. На рис.1 показана упрощенная структурная схема электронно-оптической камеры.

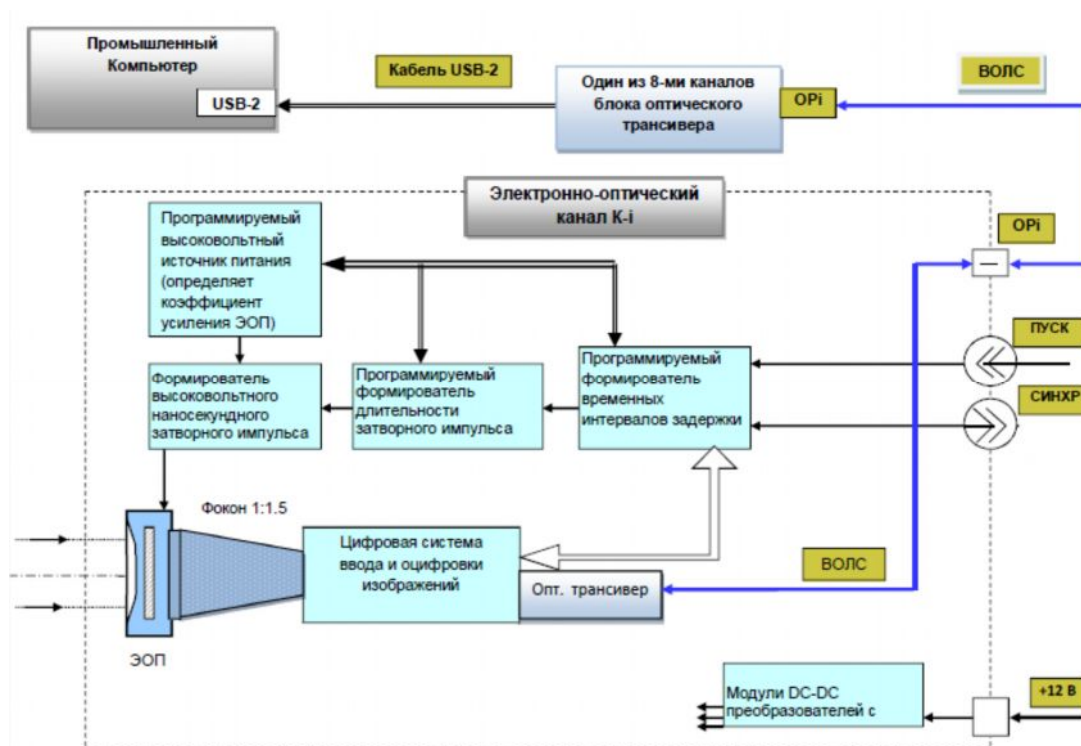


Рис.1

Принцип работы электронно-оптического модуля в режиме однокадровой съемки быстротекущего процесса основан на импульсном управлении (стробировании) электронно-оптического преобразователя (ЭОП), синхронном считывании полученного импульсного изображения с его экрана ПЗС камерой и записи оцифрованного кадра в память компьютера. После включения камеры и запуска программы управления **НАНОГЕЙТ** компьютера, производится установка параметров электронно-оптического канала (длительности затвора ЭОП, задержки его срабатывания, коэффициента усиления ЭОП).

Регистрируемое изображение через входной объектив фокусируется на фотокатод электронно-оптического модуля. В момент прихода пускового импульса (ПУСК) через

установленное время задержки (Модуль «Программируемый формирователь временных интервалов») открывается затвор ЭОП на время, так же установленное при подготовке эксперимента (Модули «Программируемый формирователь длительности затворных импульсов» и «Формирователь высоковольтного наносекундного импульса»). Одновременно формируется импульс, переводящий ПЗС матрицу в режим накопления. Прошедшие через затвор электроны усиливаются в микроканальной пластине (МКП) ЭОП, коэффициент усиления которой определяется приложенным к ней напряжением (Модуль «Программируемый высоковольтный источник питания»). На выходе СИНХР формируется импульс, фронт которого опережает на 15-20 нс момент открытия затвора ЭОП.

Через фокон импульсное и усиленное изображение переносится на фоточувствительную поверхность ПЗС матрицы. Время накопления ПЗС матрицы установлено равным времени послесвечения люминофора модуля ЭОП. Для данного типа люминофора (Р46) это время равно 1 мкс. Накопленные в ячейках секции накопления заряды параллельно переносятся в секцию хранения и через 2 мкс секция накопления подготовлена для приема следующего изображения с экрана ЭОП. В соответствии с установленным интервалом между первым и вторым кадром (от 2 мкс до 1 мс), затвор ЭОП открывается второй раз и с экрана ЭОП повторно переносятся на фоточувствительную поверхность ПЗС матрицы. и в секции накопления формируется электронное изображение второго кадра. Таким образом в ПЗС-матрице теперь хранится два последовательно зарегистрированных электронных изображений. Следующая фаза работы системы – преобразование электронных изображений и перенос двух изображений через оптический интерфейс в компьютер. Рядом с компьютером устанавливаются многоканальные волоконно-оптические трансиверы T_N и T_8 . Выходной кабель USB-2 подключен к USB входу промышленного компьютера. Рабочая программа обеспечивает возможность независимой установки параметров съемки индивидуально для каждой камеры $K_1 \div K_n$ и для каждого из восьми каналов камеры K8-16.

Фотоэлектронный комплекс для высокоскоростной съемки в режиме 2D изображений

Конкретный состав фотоэлектронного комплекса зависит от задачи, которую ставит перед собой экспериментатор при проведении опыта.

Состав комплекса:

- Компьютер с установленным программным обеспечением (ПО) для управления работой всех камер, установки их параметров и приема данных зарегистрированных изображений.

- Одиночные стробируемые электронно-оптические камеры ($K_1 \div K_n$), размещаемые вдоль баллистической трассы длиной до нескольких километров (определяется параметрами волоконно-оптических линий связи с трансиверами. Длительности экспозиций камер устанавливаются независимо в диапазоне от 10 нс до 20 мкс. Камера обеспечивает возможность получения двух независимых кадров с регулируемым интервалом между ними от 2 мкс до 1мс. Количество указанных камер составляет от 2 до 16, но при необходимости указанное значение может быть увеличено. Каждая камера соединена с управляющим компьютером волоконно-оптической линией связи.

- Восьми канальная камера (K8-16), имеет возможность получать по два кадра с каждого канала и, соответственно, регистрировать по 16 кадров регистрируемого процесса с регулируемыми интервалами между ними от 250 нс до 1 мс (от 10 нс до 1 мс для каналов, работающих в однокадровом режиме). Длительности экспозиций камер устанавливаются так же независимо для каждого канала (кадра в режиме 16-ти кадровой регистрации) в диапазоне от 10 нс до 20 мкс. Камера соединена с управляющим компьютером кабелем из восьми волоконно-оптических линий связи.

- Волоконно-оптические трансиверы (T_N и T_8) преобразования оптических сигналов, передающихся по ВОЛС, в электрические сигналы для подключения к разъемам USB компьютера.

- Импульсные осветители ($L_1 \div L_n$), обеспечивающие достаточный энергетический уровень подсветки регистрируемого объекта за время экспозиции камер ($K_1 \div K_n$) и импульсный осветитель Л8-16, обеспечивающий необходимые энергетические и временные характеристики подсветки для регистрации 8-ми (или 16-ти) кадров контактного взаимодействия объекта с мишенью.

- Датчики ($D_1 \div D_n$), формирующие сигнал, запускающие камеры ($K_1 \div K_n$ и K8-16) и импульсные осветители ($L_1 \div L_n$ и Л8-16) при появлении объекта в зоне регистрации.

Удаление камер от управляющего компьютера, определяется только возможной длиной волоконно-оптических линий связи и составляет дистанцию от нескольких метров до 5÷10 км. Таким образом, возможно устанавливать камеры вдоль трассы с произвольным интервалом или группами в требуемых зонах (при выходе из ствола, при подлете к мишени, в запреградной зоне и т.п.).

При выстреле объект, вылетевший из ствола, последовательно пересекает области действия датчика подлета $D_1 \div D_n$. После срабатывания датчиков подлета $D_1 \div D_n$ и формирования импульсов для запусков соответствующих импульсных осветителей $L_1 \div L_n$ и камер $K_1 \div K_n$ и K8-16,

каждая камера и каждый электронно-оптический канал камеры К8-16 срабатывает в соответствии с установленными параметрами (задержка, длительность экспозиции и напряжения на МКП, определяющее коэффициент усиления) и все изображения визуализируются на экране монитора (или нескольких мониторов) компьютера, отображая все фазы зарегистрированного процесса. Каждое записанное изображение может быть развернуто на весь экран монитора со своим разрешением. Автоматически формируется текстовый файл со всеми установленными параметрами камер и каналов камеры.

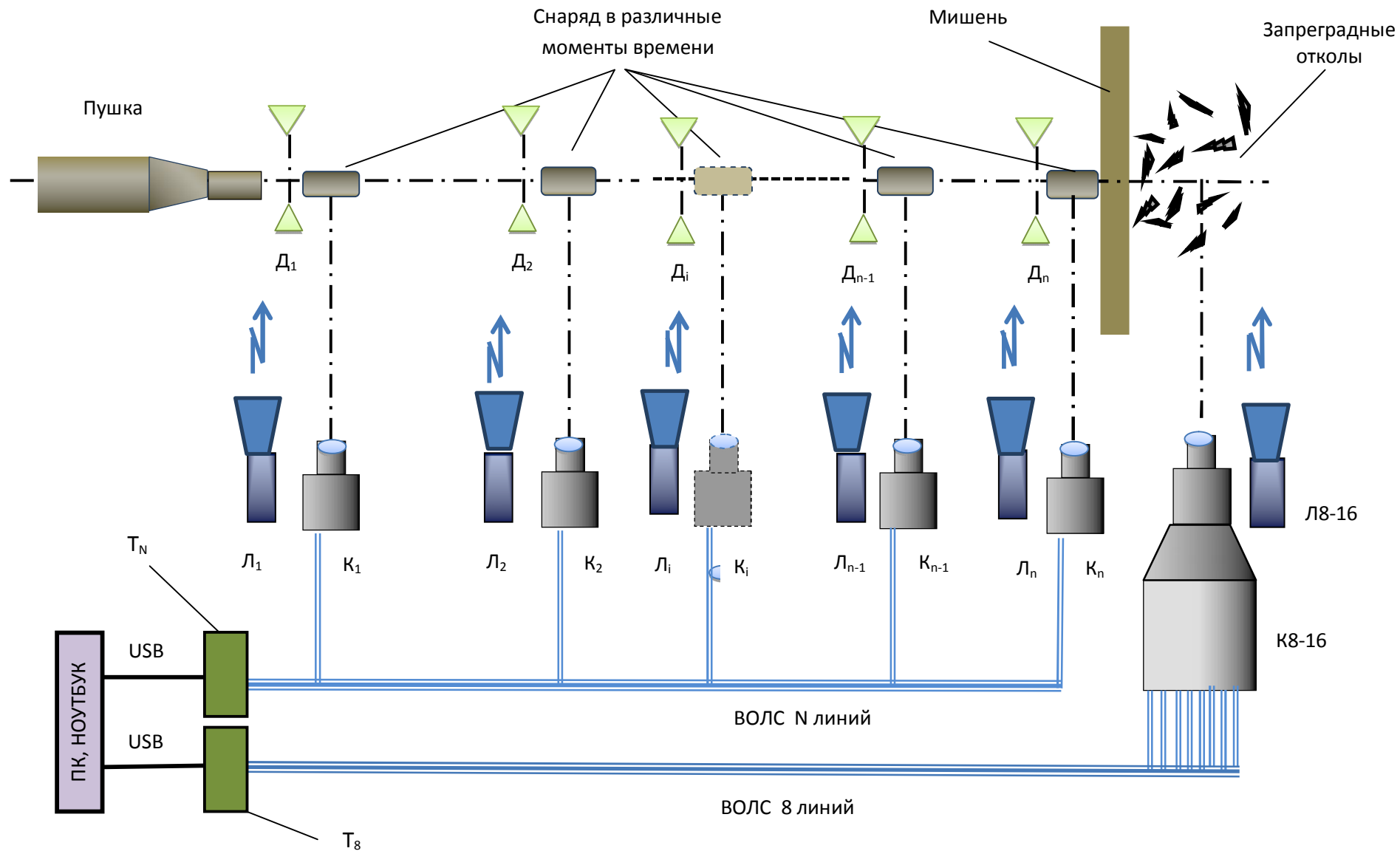


Рис.2 Общий вид трассы

Фотоэлектронный комплекс для высокоскоростной съемки в режиме 3D изображений

Комплекс, показанный на рис.2 может быть функционально доработан для осуществления 3D съемки. Для этого в точках съемки, в которых были установлены по одной камере, устанавливаются по две ортогонально расположенных по отношению друг к другу одиночных камер вдоль трассы и по две восьми канальные (так же, расположенные ортогонально) в зоне мишени(рис. 3 и 4).

Для каждой пары камер устанавливаются равные значения задержки начала экспозиции и, вследствие этого, открытие затворов соответствующих ЭОП происходит одновременно. Погрешность несовпадения моментов открытия затворов ЭОП в двух камерах относительно величины установленной задержки составляет менее 2×10^{-5} . Это означает, что при скорости объекта 2 000 м/сек, значении задержки запуска камер равное, к примеру, 500 мкс (время от момента формирования импульса на выходе датчика подлета D_i и моментом открытия затворов камер) пространственное положение объекта для первой и второй камер будет отличаться не более, чем 20 мкм. С учетом масштаба переноса изображения из плоскости объекта в плоскость фотокатода ЭОП, данная величина значительно меньше размера одного разрешаемого пикселя и, таким образом, обеспечиваются идеальные условия для 3D съемки, вычисления пространственных координат объекта и его осколочных фрагментов.

Конструктивно камеры могут быть закреплены с наружной стороны цилиндрического корпуса небольшой длины. На цилиндрической поверхности корпуса вырезаны круглые окна, закрытые защитным стеклом, через которые камеры "смотрят" на летящий объект. Для защиты аппаратуры со стороны пушки каждый цилиндр по всему диаметру защищен мощным выступом (рис.5).

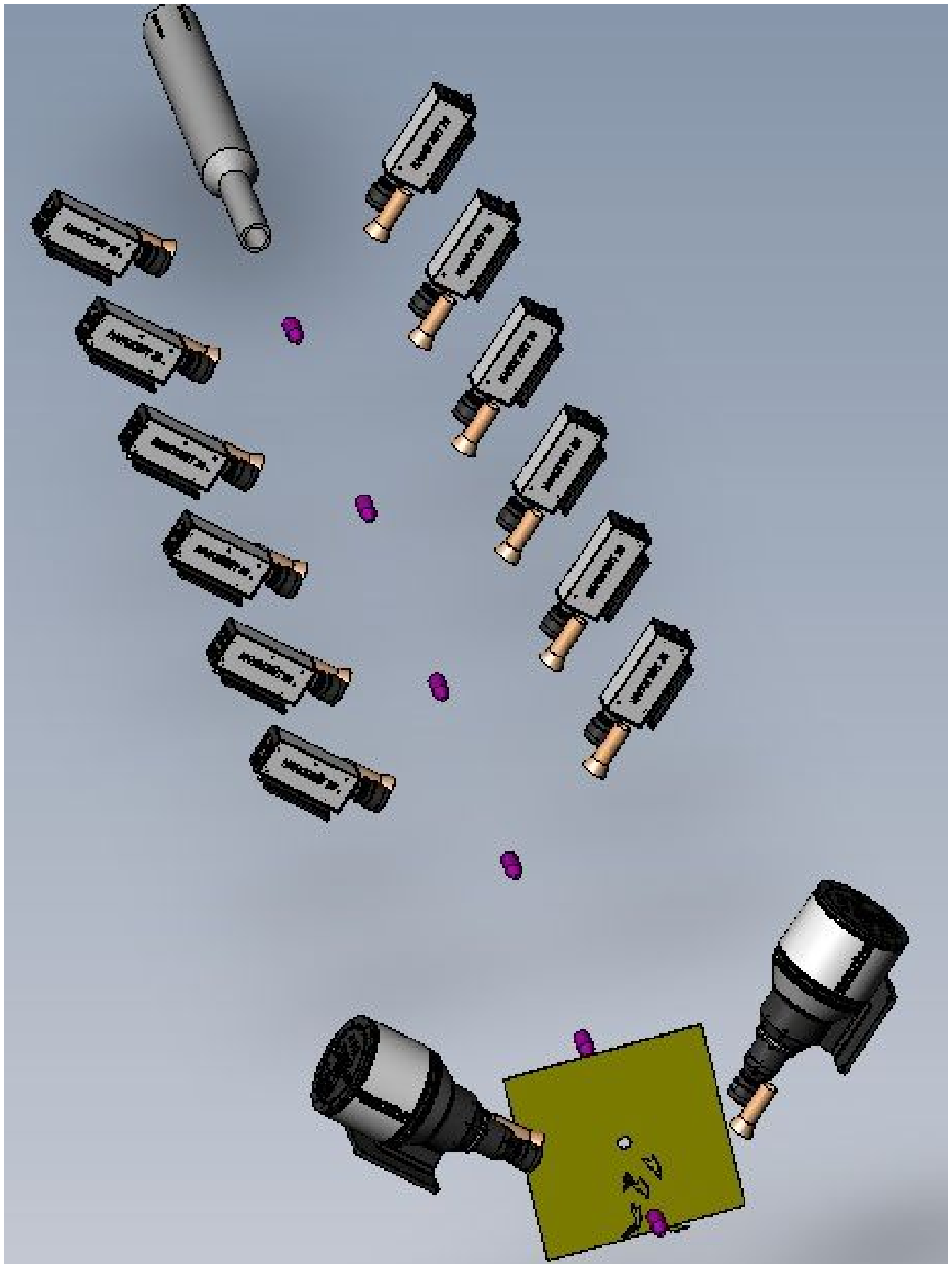


Рис.3

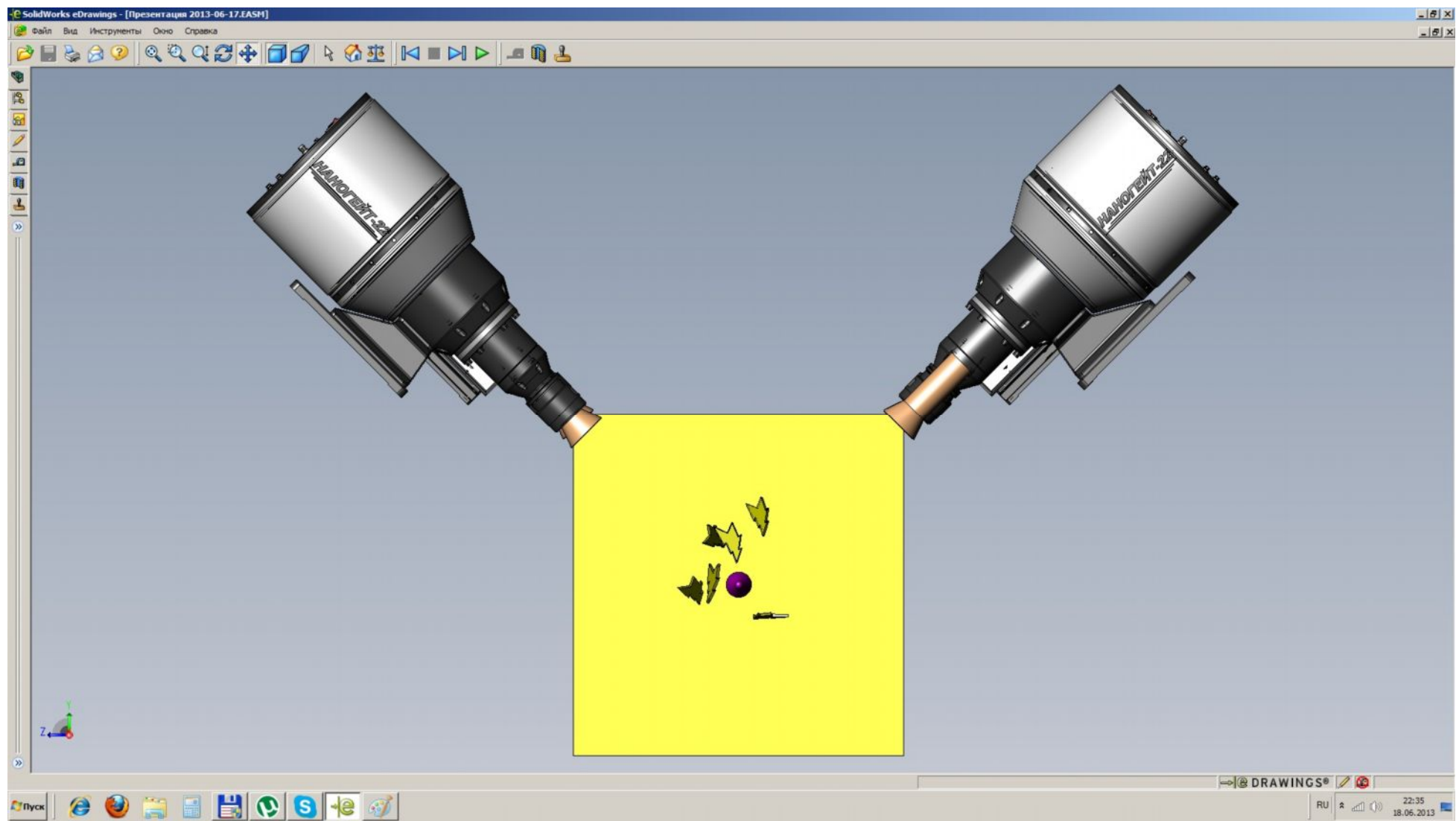


Рис. 4

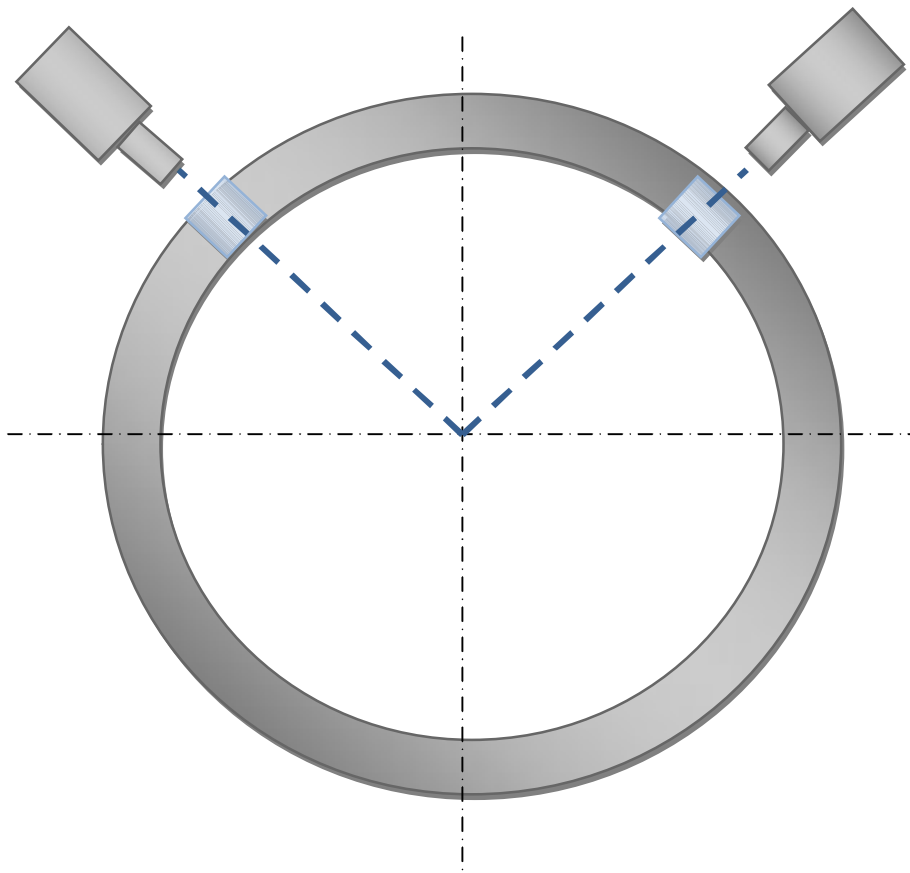


Рис. 5 Один из цилиндрических модулей с камерами для 3D съемки