

# «Стереофотограмметрические приборы и системы»

1. Назначение и классификация стереофотограмметрических приборов и систем
2. Аналитические стереофотограмметрические системы
3. Цифровые стереофотограмметрические системы
4. Устройства ввода (сканеры)
5. Алгоритм, обеспечивающий функционирование аналитических и цифровых стереофотограмметрических систем

# 1. Назначение и классификация стереофотограмметрических приборов и систем

Стереофотограмметрические приборы и системы предназначены для фотограмметрической обработки стереопар аэрокосмических и наземных снимков.

На этих приборах и системах выполняются следующие виды работ:

- создание топографических, кадастровых и других видов карт и планов, в том числе и в цифровом виде;
- создание цифровых моделей рельефа;
- построение и уравнивание фототриангуляции и др.

Стереофотограмметрические приборы и системы можно классифицировать на:

- аналоговые;
- аналитические;
- цифровые.

В *аналоговых* стереофотограмметрических приборах для построения связки проектирующих лучей и модели местности используются оптические или механические, т.е. аналоговые моделирующие системы.

В *аналитических* стереофотограмметрических системах измерения координат точек снимков выполняется на стереокомпараторе, а построение связки проектирующих лучей и модели местности осуществляется по формулам, т.е. аналитически с помощью компьютера.

В *цифровых* стереофотограмметрических системах снимки предварительно переводятся в цифровую форму, а стереоскопические наблюдения и измерения выполняются на экране дисплея компьютера.

Построение связки проектирующих лучей и модели местности осуществляется по формулам, т.е. аналитически с помощью компьютера.

## 2. Аналитические стереофотограмметрические системы

Любая аналитическая стереофотограмметрическая система состоит из стереокомпаратора, датчиков координат и компьютера.

*Стереокомпаратор* служит для наблюдения и измерения стереопар снимков (рисунок 1).

Стереокompatopop содержит стереоскопическую наблюдательную систему с измерительными марками и каретки снимкодержателей.

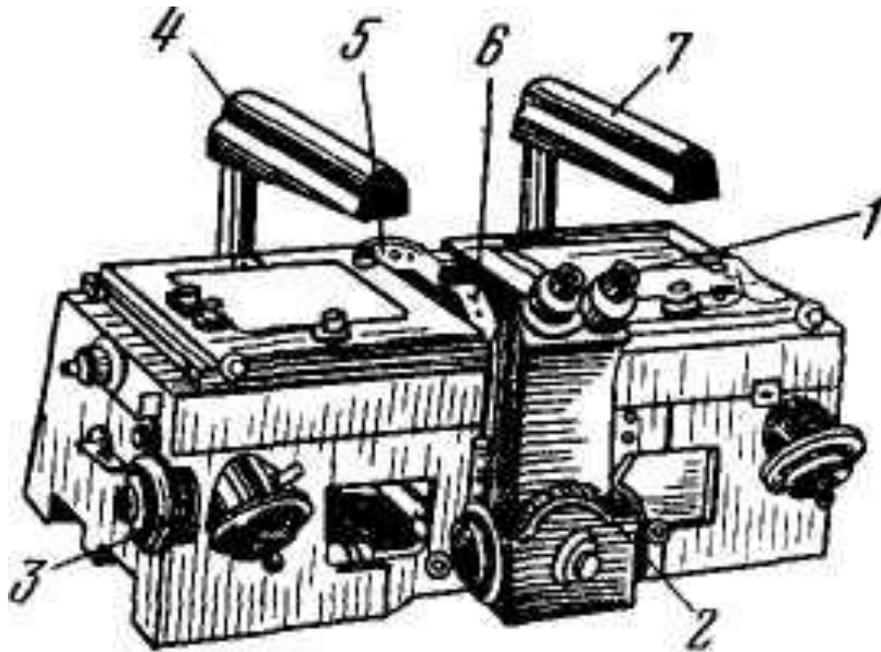


Рисунок 1 – Стереокompatopop Steko 1818

*Датчики координат* предназначены для задания пространственных координат точек объекта.

*Компьютер* с помощью специального программного обеспечения регистрирует координаты точек снимков и объекта, решает фотограмметрические задачи и управляет каретками стереокомпаратора (при помощи сервоприводов).

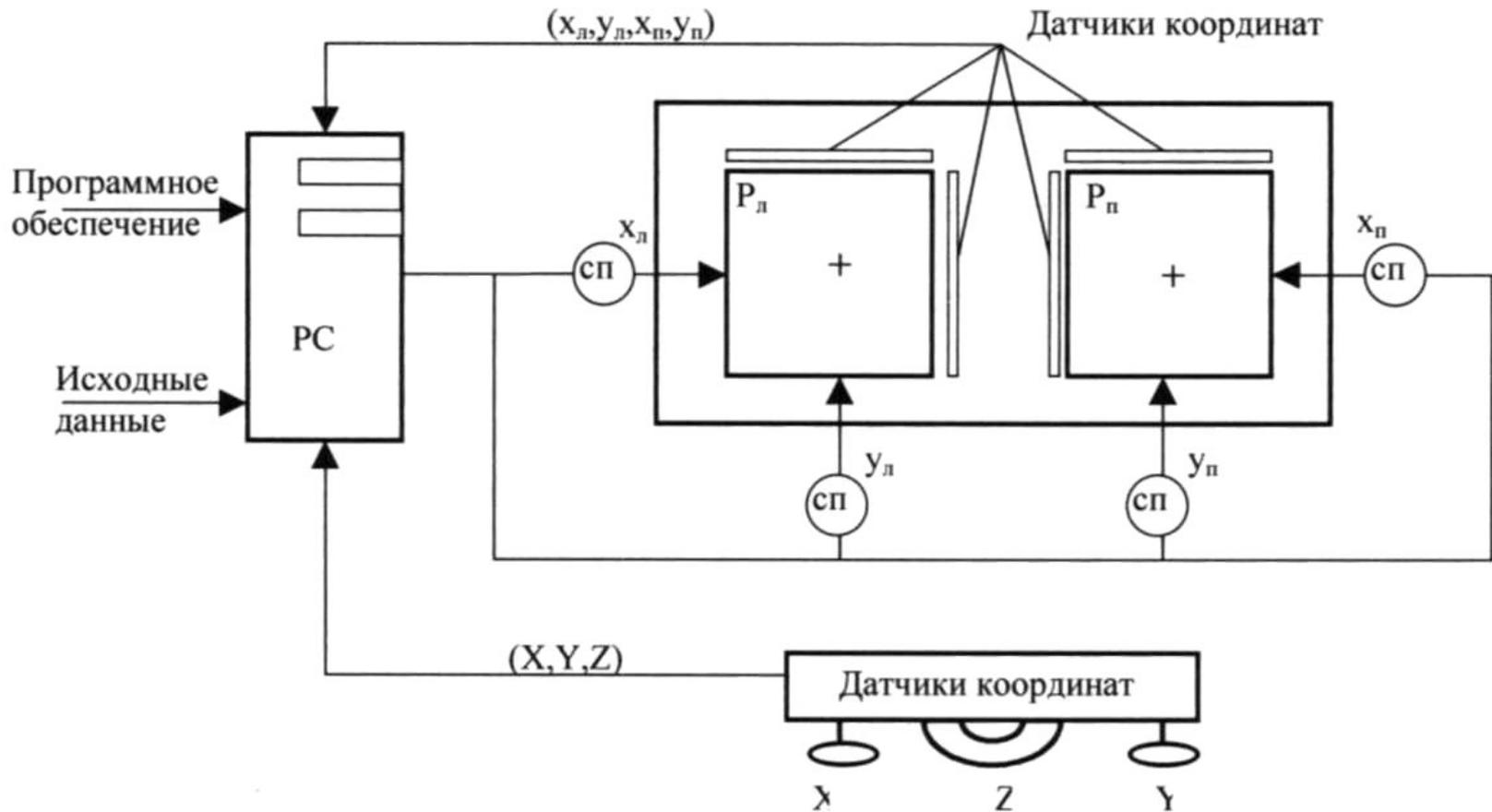


Рисунок 2 – Аналитическая стереофотограмметрическая система

Аналитическая стереофотограмметрическая система может работать в двух режимах: стереокомпараторный и измерения модели.

В *стереокомпараторном* режиме выполняются:

- измерения координат  $x_{л'}$ ,  $y_{л'}$ ,  $x_{п'}$ ,  $y_{п'}$  координатных меток, точек снимков необходимых для взаимного ориентирования и опорных точек
- координаты регистрируются датчиками координат  $x_{л'}$ ,  $y_{л'}$ ,  $x_{п'}$ ,  $y_{п'}$  и через интерфейс поступают в компьютер;
- с помощью соответствующего программного обеспечения выполняется внутреннее и взаимное ориентирование, построение фотограмметрической модели и внешнее ее ориентирование, а также вычисляются значения элементов внешнего ориентирования снимков.

В режиме *измерения модели* прибор работает следующим образом:

- вращая штурвалы  $X, Y, Z$  оператор вводит значения координат точек местности в компьютер;
- по этим координатам и элементам внешнего ориентирования снимков вычисляются соответствующие координаты точек левого и правого снимков  $x_{л}, y_{л}, x_{п}, y_{п}$  стереопары;
- компьютер дает команду на сервоприводы кареток для перемещения последних в положение, при котором марки наблюдательной системы будут наведены на точки снимков стереопары с вычисленными координатами.

Таким образом, при стереоскопическом наведении марки на любую точку модели датчики координат  $X, Y, Z$  выдают в компьютер геодезические координаты соответствующей точки местности. Причем, координаты  $X, Y, Z$  вырабатываются с высокой частотой при вращении соответствующих штурвалов.

### 3. Цифровые стереофотограмметрические системы

На рис.3 представлена обобщенная принципиальная схема цифровой фотограмметрической системы.

Любая цифровая стереофотограмметрическая система состоит из трех основных частей: устройства ввода, фотограмметрической рабочей станции и устройств вывода.

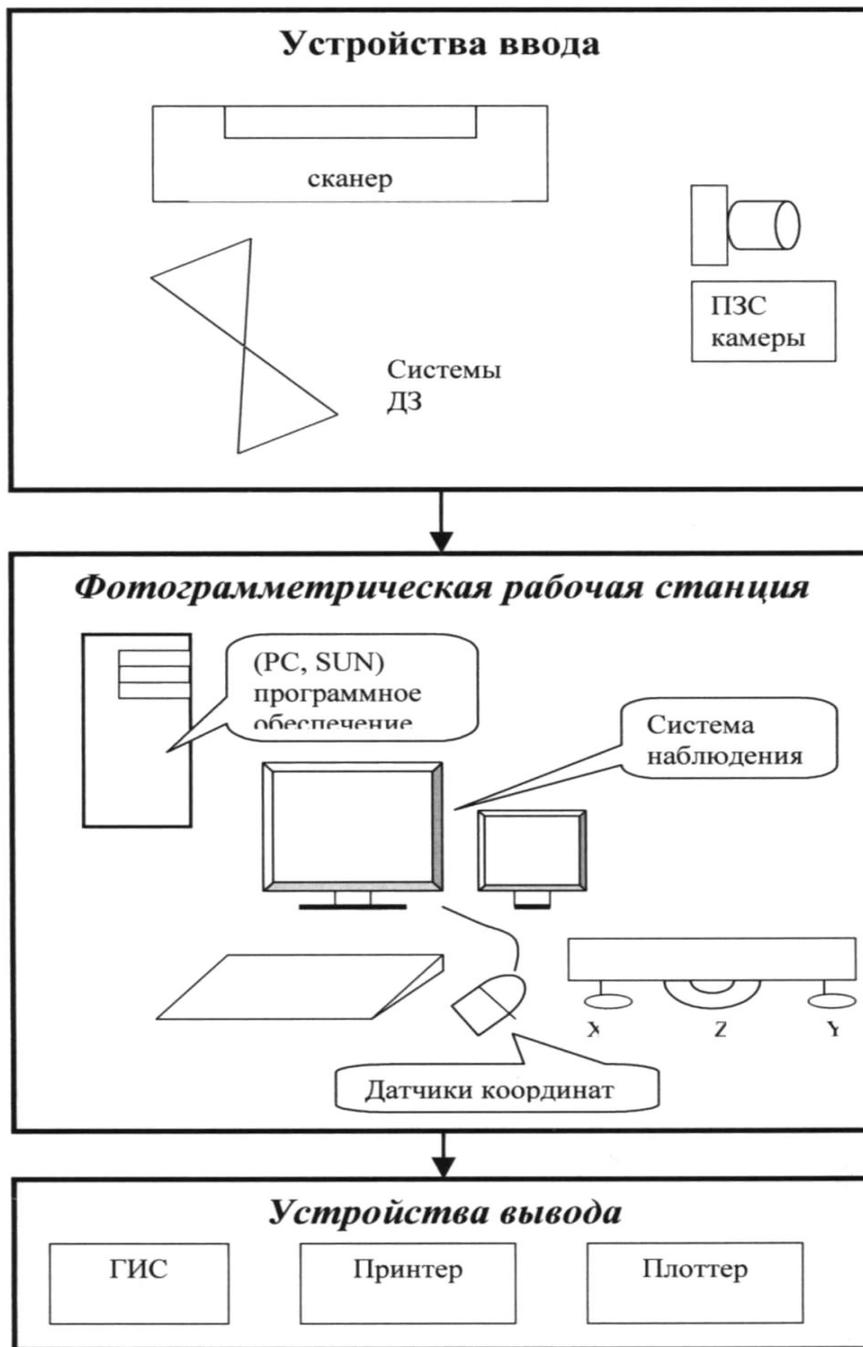


Рисунок 3 –  
Принципиальная схема  
ЦФС

*Устройства ввода* предназначены для получения и ввода цифровых изображений в фотограмметрическую рабочую станцию. В качестве таких устройств могут быть цифровые камеры, съемочные системы дистанционного зондирования (ДЗ) или сканеры.

*Фотограмметрическая рабочая станция* – основной элемент ЦФС, состоит из программного обеспечения, системы наблюдения, датчиков координат.

*Устройства вывода* предназначены для хранения и вывода результатов фотограмметрической обработки стереопар снимков. В качестве таких устройств могут служить:

- 1) геоинформационные системы (ГИС), в которых выполняется окончательное редактирование, хранение и использование цифровых карт и планов;
- 2) принтер служит для вывода на печать алфавитно-цифровой информации (результатов уравнивания фототриангуляции, каталогов координат и т.д.) и графической в виде рабочих фрагментов карт и планов;
- 3) плоттер предназначен для получения твердой копии карт и планов.

Программное обеспечение позволяет решать все фотограмметрические задачи по цифровым изображениям (внутреннее ориентирование снимков, взаимное ориентирование пары снимков, построение модели, внешнее ориентирование модели, прямая и обратная засечки, фототриангуляция, трансформирование снимков, создание ортофотопланов, создание цифровых моделей местности и рельефа).

Система наблюдения состоит из одного или двух мониторов. Один предназначен для стереоскопического наблюдения стереопары снимков, а второй для управления процессами фотограмметрической обработки снимков. В случае одного монитора все задачи решаются на нем.

Существует 4 метода стереоскопического наблюдения снимков, применяемых в цифровых фотограмметрических системах (ЦФС):

- бинокулярный (рисунок 4);
- анаглифический (рисунок 5);
- поляроидный (рисунок 6);
- затворные (активные) очки (рисунок 7).

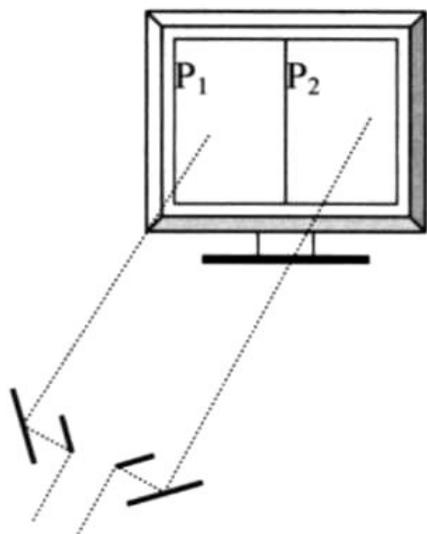


Рисунок 4 –  
Биноккулярный

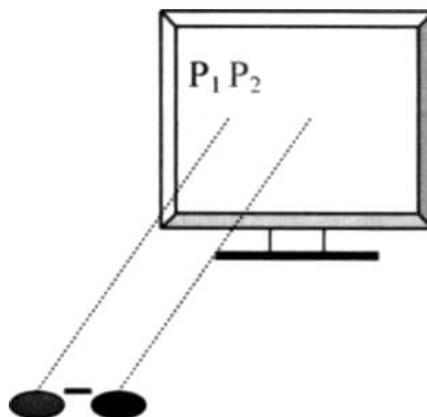


Рисунок 5 -  
Анаглифический

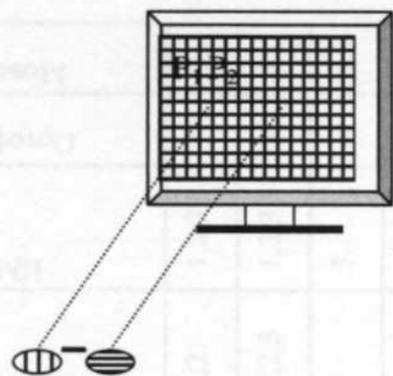


Рисунок 6 -  
Поляроидный

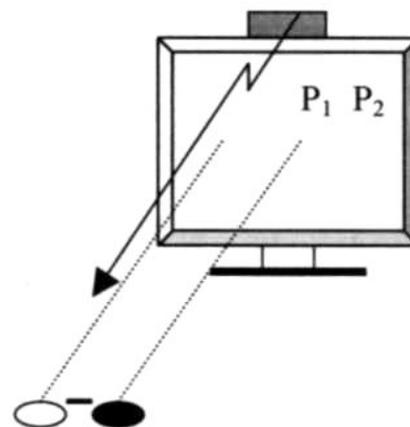


Рисунок 7 –  
Затворные очки

*Биноккулярный метод* позволяет наблюдать стереоэффект с помощью зеркального стереоскопа, установленного перед дисплеем компьютера. Для этого снимки  $P_1$  и  $P_2$  (рис.4), составляющие стереопару выводятся одновременно на разделенный экран дисплея.

*Анаглифический метод* (рис.5) основан на применении красного и синего фильтров, с помощью которых окрашиваются соответственно левый и правый снимки и в таком виде они выводятся одновременно на дисплей компьютера. Наблюдение осуществляется через очки с аналогичными фильтрами, что позволяет разделить изображения попадающие в левый и правый глаз.

*Поляроидный метод.* Этот метод имеет две реализации.

В первом случае используется специальный дисплей, имеющий две электронные пушки, с помощью которых формируются изображения левого и правого снимков стереопары. В ходе лучей, формирующих изображения устанавливаются поляризационные фильтры, оси поляризации которых развернуты относительно друг друга на  $90^\circ$ . Стереоскопическое наблюдение осуществляется с помощью очков с теми же фильтрами.

Второй вариант поляризационного метода (который получил в настоящее время наибольшее распространение) использует тот же принцип поляризации света, но с помощью специального поляризационного экрана, устанавливаемого перед дисплеем компьютера (рис. 6).

*Затворные (активные) очки.* Суть данного метода стереоскопического наблюдения заключается в том, что снимки, составляющие стереопару высвечиваются на дисплее компьютера поочередно с высокой частотой. С этой же частотой закрываются и открываются поочередно левое и правое жидкокристаллическое стекло затворных очков (рис. 7).

Датчики координат предназначены для задания координат точек местности X,Y,Z (как и в аналитической системе). В качестве таких датчиков могут быть использованы штурвалы, клавиатура компьютера, мышь и т.д.

## 4. Устройства ввода (сканеры)

*Сканеры* предназначены для преобразования аналоговых фотоизображений в цифровую форму.

Сканер состоит из: каретки снимкодержателя, источника света, объектива и светочувствительного приемника (рис. 8, 9).

В качестве светочувствительного приемника используют одноэлементные или многоэлементные (матрицы или линейки ПЗС (прибор с зарядовой связью)) приемники.

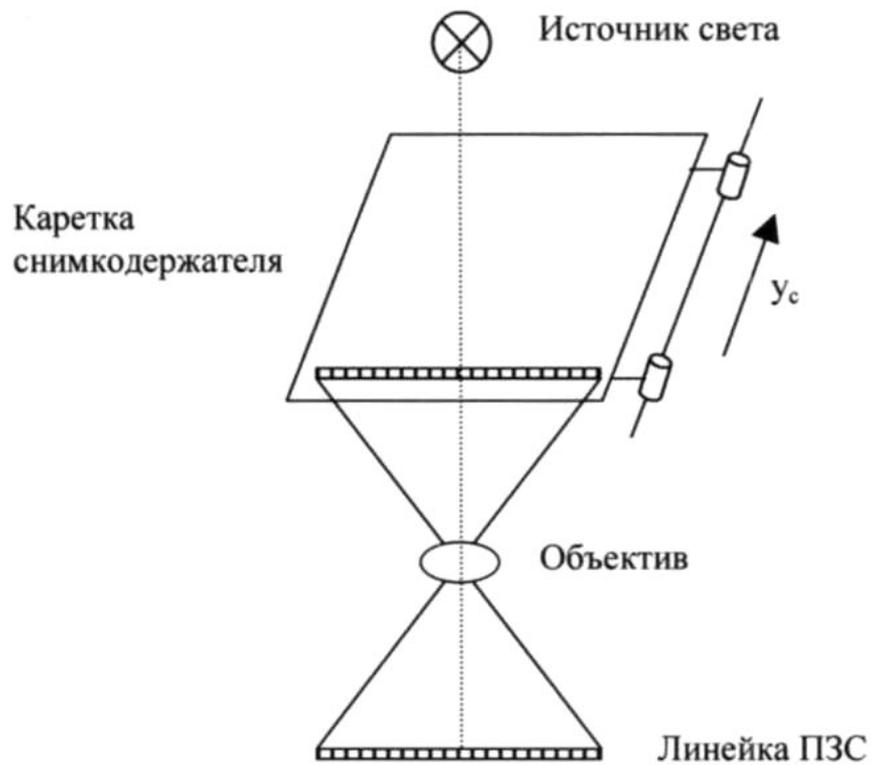


Рисунок 8

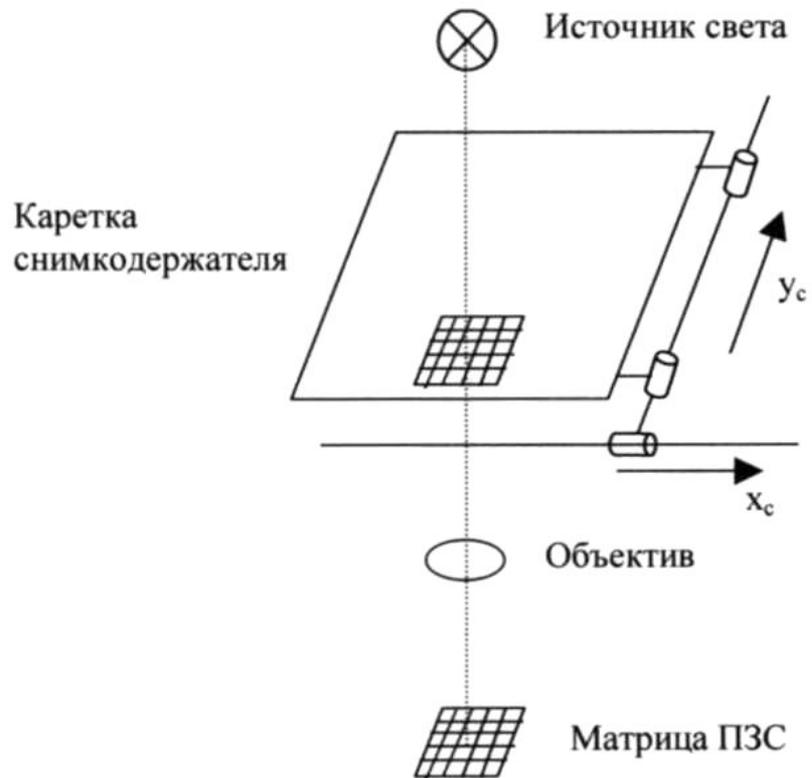


Рисунок 9

Принцип действия сканера :

- свет, проходя через снимок и объектив, попадает на ПЗС, где каждый элемент (конденсатор) заряжается в зависимости от количества света попавшего на него.
- далее электрические сигналы, поступающие от конденсаторов, квантуются, т.е. преобразуются в цифровую форму;
- затем происходит смещение снимка на ширину линейки или матрицы ПЗС и производится преобразование в цифровую форму следующего участка снимка и т.д.

Квантование может производиться в различных пределах, например, от 0 до 255. В этом случае 0 будет соответствовать черному цвету (нет электрического сигнала), а 255 -белому цвету (сигнал максимальный).

В результате получаем цифровое изображение всего снимка в виде матрицы, элементами которой являются пиксели. Числовое значение пикселя соответствует плотности изображения элементарного участка снимка, а номер строки и столбца в этой матрице являются его координатами.

Величина элементарного участка снимка (пикселя), который преобразуется в цифровую форму, может быть различной для конкретного сканера, эту величину называют *геометрическим разрешением* сканера.

У сканера существует и *фотометрическое (радиометрическое) разрешение*, которое характеризует степень передачи полутонов изображения.

При сканировании изображения возникают геометрические и фотометрические искажения.

*Калибровка сканера* это процесс, позволяющий определить величины геометрических и фотометрических искажений цифрового изображения, вносимых сканером в результате сканирования.

Все искажения вносимые сканером можно разделить на две составляющие: постоянные для данного сканера и переменные искажения.

Источниками постоянных искажений изображения являются:

- дисторсия (искривление прямых линий на краях изображения) объектива сканера;
- дефекты изготовления ПЗС (пикселей) и их взаимное расположение вдоль линейки ПЗС;
- неперпендикулярность оси линейки ПЗС ее перемещению;
- скорость перемещения и т. д.

К основным источникам переменных искажений можно отнести нестабильность перемещения линейки ПЗС, наличие пыли, электронный шум и т. д.

Калибровка сканера выполняется по контрольной сетке, представляющей собой плоскопараллельную пластинку с нанесенными на нее крестами.

Координаты этих крестов  $x_k, y_k$  известны с высокой точностью порядка 0,5 мкм. Эту сетку сканируют на исследуемом сканере, а затем по цифровому изображению измеряют координаты  $x_c, y_c$  сетки

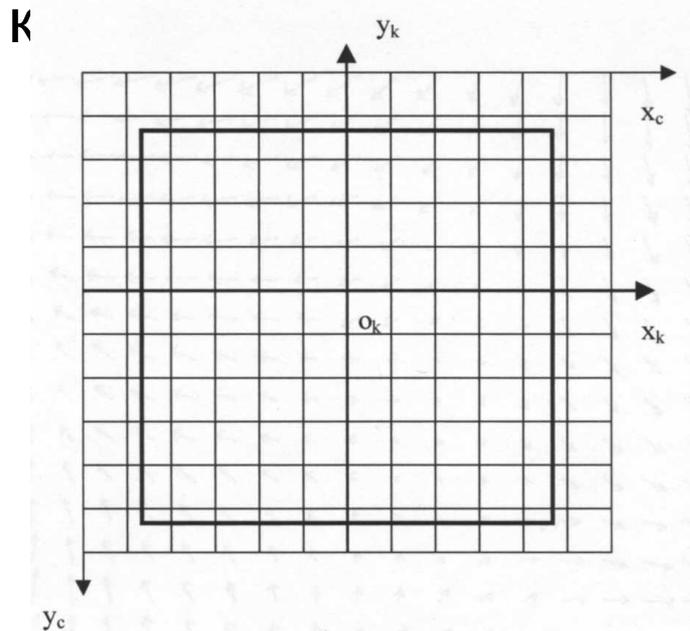


Рисунок 10 – Контрольная сетка для калибровки сканера

Затем обычно выполняют преобразования координат для перехода из системы координат сканера  $o_c, x_c, y_c$  в систему координат калиброванной сетки  $o_k, x_k, y_k$ . Разности  $d_x, d_y$  координат сетки и истинных координат крестов  $x_k, y_k$  характеризуют суммарные искажения, вносимые сканером в данной точке.

# 5. Алгоритм, обеспечивающий функционирование аналитических и цифровых стереофотограмметрических систем

