

Лазерные и телевизионные системы траекторных измерений

Лекция 9

Принципы измерения дальности в лазерной локации

2016 г.

9 семестр, кафедра РТП иАС, лектор:
доцент, к.т.н. **Бугаев Юрий Николаевич**

Классический лазерный канал измерения дальности

- * Классический для лазерной локации принцип измерения дальности, с помощью заполнения счетными импульсами временного интервала между зондирующим и отраженным сигналов используется во многих отечественных и зарубежных лазерных дальномерах и дальномерных каналах лазерных станций траекторных измерений (Аток-В, Аток-ВК, «Виола» «Контрейс» (США, Швейцария, Япония).
- * Дальность до цели в лазерных импульсных дальномерах измереется в соответствии с известной формулой радиолокации
- *
$$D = (C * T) / 2$$
- *
- * Где:
- * D – наклонная дальность до цели;
- * T – время распространения сигнала до цели и обратно;
- * C – скорость света в вакууме.
- * Дальномер должен обеспечить обнаружение объекта в режиме ручного (либо полуавтоматического) наведения с предварительным целеуказанием по азимуту и углу места
- *

Дальномерный канал станции Аток

- * Среднеквадратическую инструментальную погрешность (СКП) измерений дальности станции «Аток» -0,5 м.
- * Станция Аток относится по нашей классификации к станциям среднего радиуса действия 50 км днем и 70 км ночью.
- * Станция имеет два отдельных канала – дальномерный с объективом МТО-1000 (Диаметр 10 см) и угломерный с объективом «Слюссар-230» - 23 см.

«АТОК-ВК»

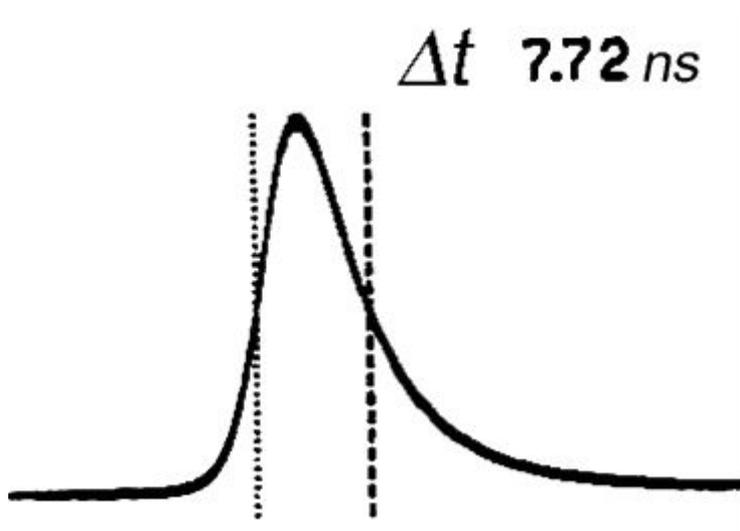


Лазерная станция Аток

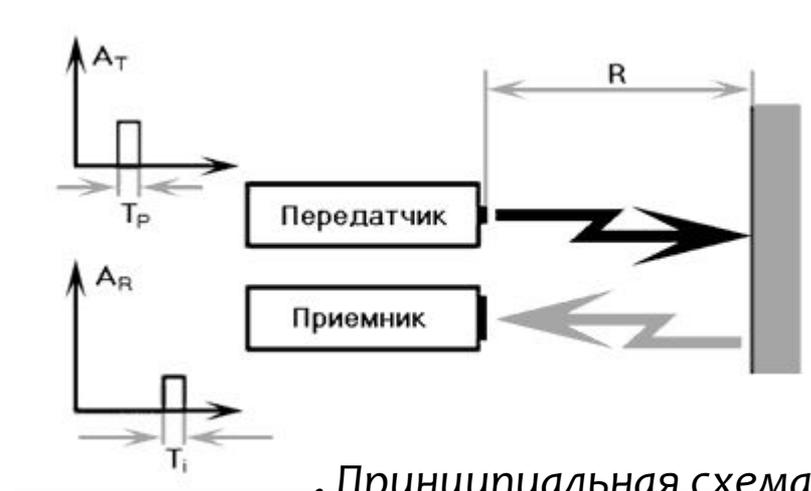
- * Станция делалась в ОКБ МЭИ на основе кинотеодолита производства БЕЛОМО. Было выпущено три модификации «Аток-П» (1978г.), «Аток-В» (1984-1987 гг.) и «Аток-ВК» (1992-1994 гг.).
- * Станция «Аток-ВК» выпускалась специально для Китая в стационарном варианте.
- * Лазерный передатчик- твердотельный с ламповой накачкой- 50 МДж, частотой 50 Гц и длительностью импульса 15 нсек.
- *

Форма зондирующего импульса

- На рисунке представлена типовая форма зондирующего лазерного импульса в дальномерах типа ALTM канадской компании Optech Inc., а на рисунке 9.3. показана принципиальная схема приемопередатчика при реализации данной схемы измерения.



Типовая форма зондирующего импульса при импульсном методе локации

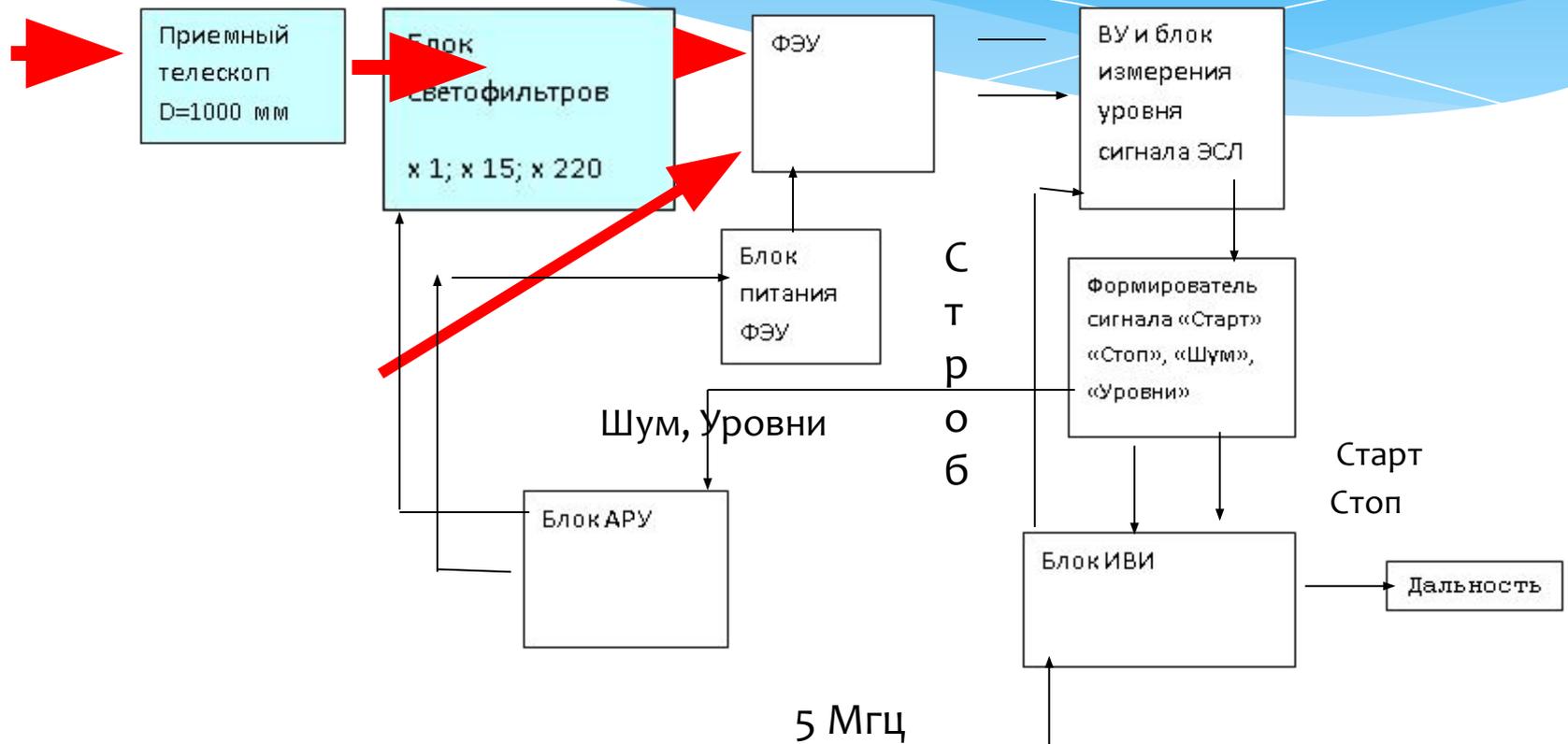


Принципиальная схема приемопередатчика при импульсном методе

БЛОК СХЕМА КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ

дальности

Приемный телескоп D=1000 мм



. Погрешность временной фиксации

- * Для старт-импульса задача фиксации решается достаточно легко, поскольку сигнал характеризуется амплитудной и временной стабильностью. Хотя это справедливо только для сравнительно невысоких точностей (до 0,3 – 0,5 м)
- * Решить же аналогичную задачу для принимаемого от цели импульса значительно сложнее. В зависимости от дальности, состояния локационной трассы и типа цели амплитуда сигнала может меняться на 4–6 порядков. При этом существенно меняется форма сигнала из-за его ограничения в приемном тракте. Кроме того, сигнал может искажаться шумами и помехами аддитивного и мультипликативного характера.

- 
- * Наиболее распространен метод временной привязки сигнала путем фиксации его по уровню, когда момент фиксации определяется моментом пересечения сигналом порога срабатывания формирователя (рис.9.4.). Этот момент фиксируется генерацией стандартного стоп-импульса. видно, что его положение нестабильно и зависит от амплитуды импульса. Максимальный разброс момента фиксации равен длительности фронта импульса. Существуют способы устранения этой нестабильности, однако они довольно сложны в схемной реализации.

$\Delta R = 1i$, $\Delta R = 1i$ Дисперсия и среднеквадратичная ошибка оценки дальности

При тактовой частоте Измерителя временных интервалов (ИВИ) = 300 МГц

$$W(r) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{r}{(\Delta R)^2} + \frac{1}{\Delta R} n_{пу} - \Delta R \leq r \leq 0 \\ -r/(\Delta R)^2 + \frac{1}{\Delta R} n_{пу} \quad 0 \leq r \leq \Delta R \end{array} \right\}$$

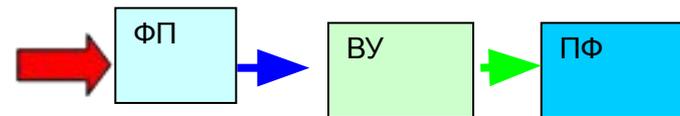
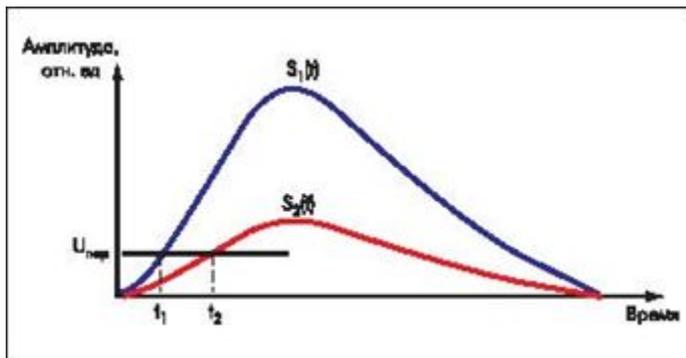
$$D_{изм} = \int r^2 W(r) dr \text{ при } R_2/6$$

$$\sigma_{изм} = \sqrt{D} = 0,408 \Delta R$$

При тактовой частоте Измерителя временных интервалов (ИВИ) = 300 МГц а СКОиви ~ 1 м.

Временная фиксация по фиксированному порогу

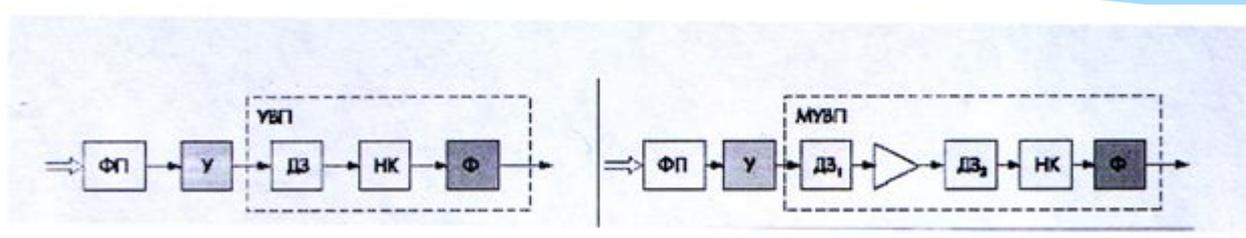
- * Временная фиксация отраженного импульса по фиксированному порогу $U_{пор}$. Максимальный и минимальный сигналы; $U_{пор}$ – порог срабатывания



К ИВИ

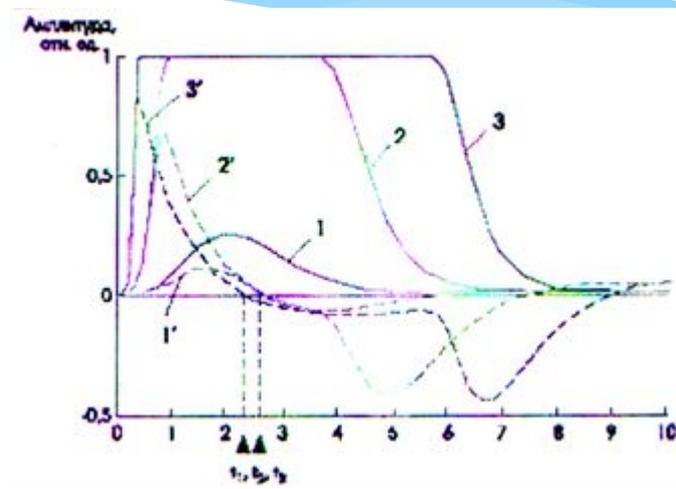
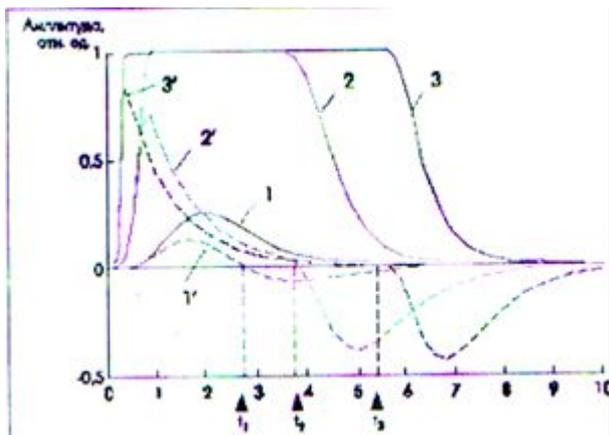
Методы коррекции

- * Если требования к точности измерения дальности и соответственно фиксации положения импульса высоки применяют различные схемные методы коррекции:
 - * - метод работы по центру тяжести или по максимуму импульса;
 - * - метод работы методом схемы детектора половинной мощности (шестидецибельный детектор);
 - * - метод измерения амплитуды отраженного сигнала и введение поправки на величину задержки сигнала из-за измерения амплитуды;
 - * - вариант многопороговая схема.



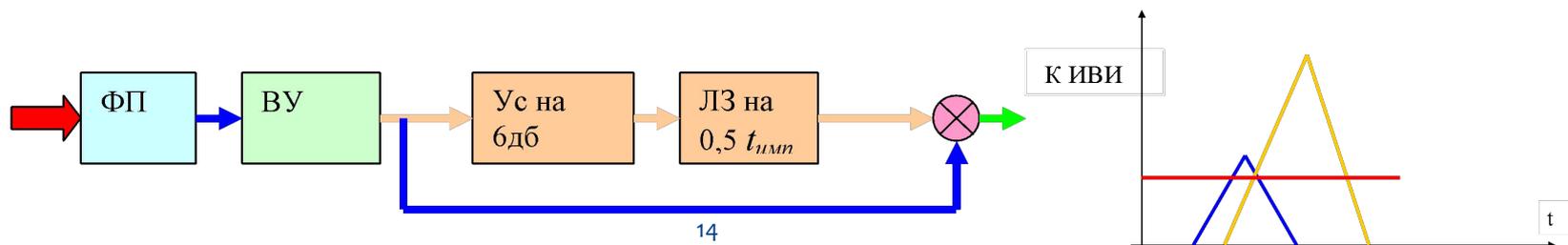
Структура приемного тракта с устройством временной привязки по методу фиксации нуля производной (а) и устройство временной привязки с двумя производными (б).

Детектор половинной мощности



Принцип метода детектора половинной мощности.

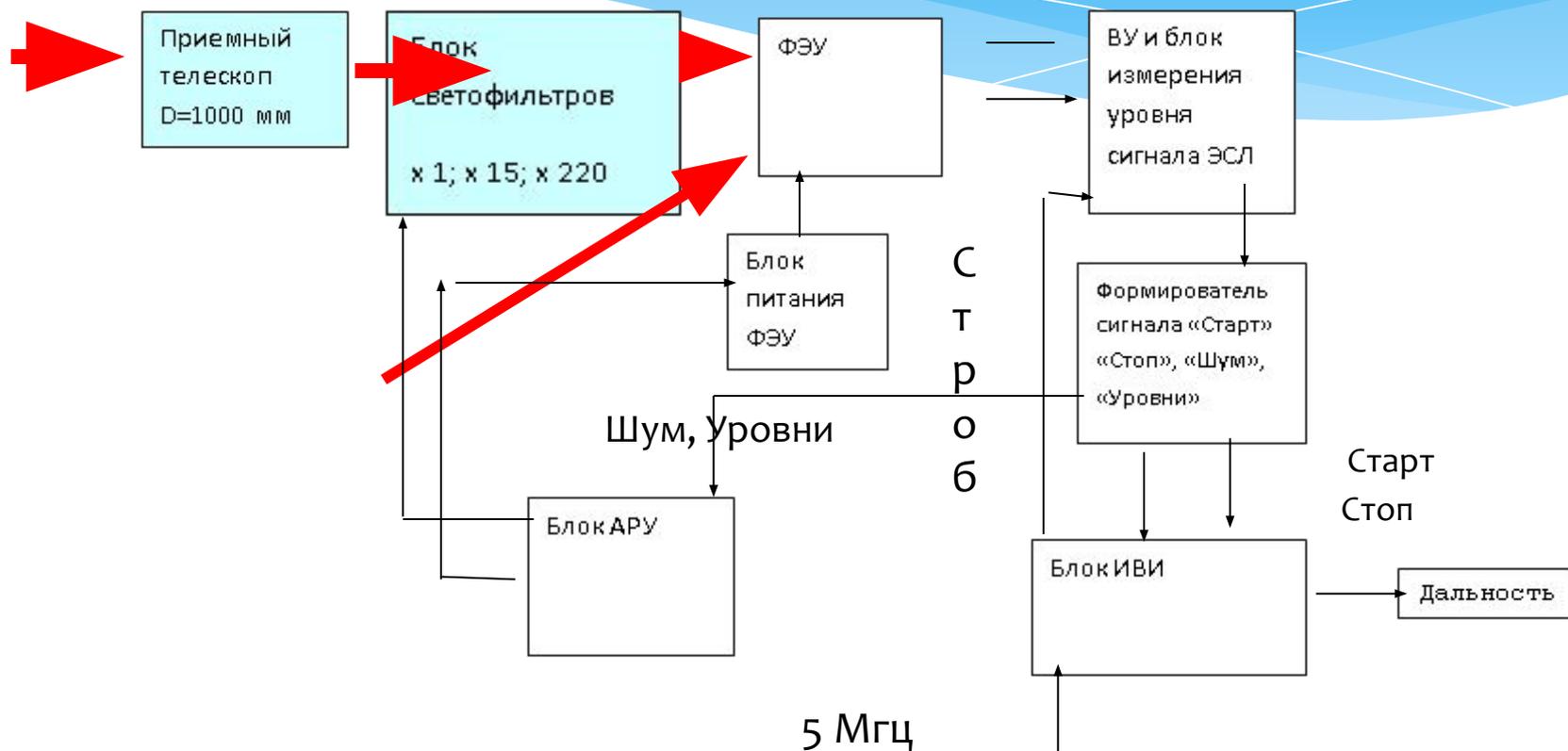
Временные диаграммы но.



БЛОК СХЕМА КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ

дальности

Приемный телескоп D=1000 мм



- * В ДП световой сигнал проходит через блок светофильтров и
- * попадает на фотоумножитель, расположенный в блоке фотоприемника,
- * где вместе с сигналом СТАРТ преобразуется в электрический сигнал
- * ИНТЕРВАЛ.
- * Кроме того, блок фотоприемника вырабатывает код амплитуды
- * сигнального импульса, используемый в дальнейшем для управления
- * режимом работы ДП Режим работы фотоприемника (задается
- * соответствующими органами управления, расположенными на пульте и
- * управления или автоматически Возможны два режима установки
- * чувствительности и положения светофильтров:
- * ручной и автоматический. Режим канала ДП обеспечивается блоком АРУ
- * ДП
- * Преобразование временного интервала в код дальности осуществ-
- * ляется блоком ИВИ На выходе блока ИВИ имеется 17-разрядный
- * параллельный двоичный код, поступающий в ЭВМ, а
- * также двоично-десятичный код, поступающий на индикацию дальности.
- * Индикатор конструктивно расположен на пульте наведения (ЦПН) и
- * включает 6 десятичных цифр.

- * В измерителе дальности предусмотрен ввод трех поправок:
 - * поправка, учитывающая состояние атмосферы; ручная поправка,
 - * позволяющая скорректировать начальное положение; амплитудная
 - * поправка, зависящая от амплитуды отраженного сигнала.
- * Синхронизатор станции обеспечивает синхрочастоты от 5 мГц
- * до 1 Гц, необходимые для работы всех устройств.
- * Синхронизатор включает в себя задающий кварцевый генератор (КГ) на
- * 5 мГц, формирователь, обеспечивающий согласование уровней сигнала
- * и последующего делителя частоты.

- * Одновременно с излучением сигнала в направлении цели, часть энергии этого сигнала поступает через светопровод и нейтральный светофильтр (поз. 4) на входе устройства Л4ППо1 на фотоумножитель и используется для формирования опорного сигнала СТАРТ (для тестовой проверки приемника и всего тракта используется тестовый светодиод
- * В фотоумножителе ФЭУ-83 происходит преобразование оптических импульсов сигналов опорного и отраженного в электрические сигналы для формирования сигналов СТАРТ и СТОП.
- * Конструктивно фотоумножитель с делителем питания, тестовый светодиод, узел полевой диафрагмы с интерференционным фильтром расположены в узле ФЭУ.
- * Сигналы СТАРТ и СТОП с фотокатода ФЭУ 83 усиливаются в диодной системе с анодной нагрузкой ФЭУ R 15 (см. ЯЮ5. 421.000 Э3), и поступают на вход усилителя-формирователя сигналов СТАРТ, СТОП.
- * Усилитель-формирователь собран на отдельной плате и помещен в тепловой и электрический экран.
- * Одновременно сигнал с ФЭУ поступает на четыре канала дискриминатора амплитуды отраженного сигнала. Сигналы с выхода формирователей каналов дискриминации амплитуды используются для ввода поправки в данные измерения дальности в зависимости от амплитуды отраженного сигнала.
- *

- * Работа канала по шумовым сигналам (Рл.тр.) В блоке АРУ установлен счетчик последовательности сигналов, который задает два интервала счета шумовых сигналов равных 400 мс и 1с.
- * Для подсчета шумовых сигналов в определенном интервале работы
- * вырабатывается Строб Рл.тр. в течении времени когда приход сигнала невозможен.
- * Далее работа канала по шумовым сигналам происходит следующим
- * образом. С дальномерного фотоприемника подаются шумовые сигналы на вход счетчика Рл.тр. в стробе Рл.тр.
- * Счетчик производит подсчет шумовых сигналов за установленный интервал времени 400 мс или 1с.

Введения коррекции

* - введения коррекции в
* двоичный код дальности по следующему алгоритму:
*

$$D = D_{\text{дизм.}} \cdot K - D_{\text{v}} + D_{\text{сист}} \quad (9.2.)$$

* Дизм. - 17 разрядный двоичный код дальности, поступающий в
* блок ВК из блока ФК;

* К - коэффициент поправки, задается соответствующим
* набором тумблеров и учитывающий состояние атмосферы т.е. скорость света.

* D_{v} - поправка, зависящая от амплитуды сигнала СТОП,
*

* Запуск счетчика осуществляется импульсом СТАРТ
*

* $D_{\text{сист.}}$ - поправка систематической ошибки, задается набором
* тумблеров на наборном поле в виде 6 разрядов
* двоичного кода. Систематическая поправка может
* набираться от 0 до 32 м с дискретом 0,5 м.

* D - 17 разрядный двоичный код дальности на выходе блока
* ВК, соответствует дальности до цели в метрах. Макси-
* мально возможная дальность 65535 м с дискретом
* 0,5 м.

* Если имеются по меньшей мере 2 юстировочные вышки, с заранее известным расстоянием, то поправки
* можно вводить автоматически в ЭВМ.

* - преобразования информации о дальности до цели, из двоичного
* кода, в двоично-десятичный код для индикации дальности на пульте
* управления станции.
*

Дальномер ЛТЛС ближнего действия

Положение квадрантов фотодиодной матрицы лазерного приемника

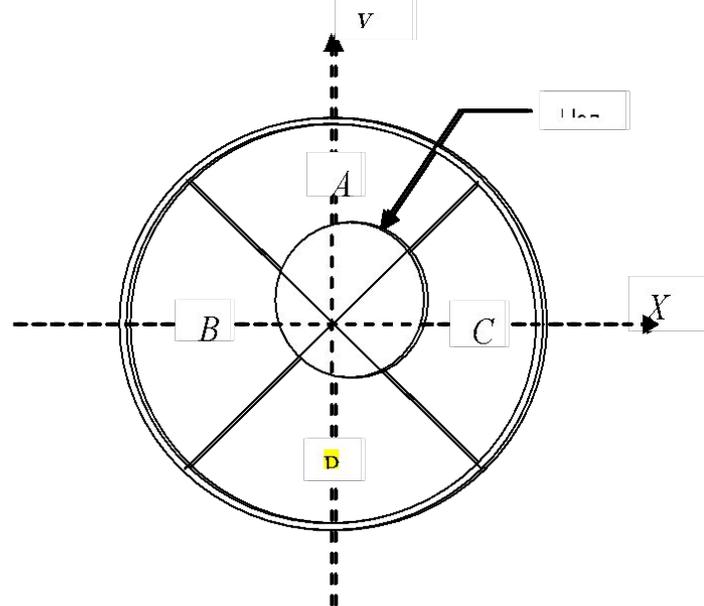


Рис. 8

Дальномер ЛТЛС дальнего действия

- * Особенности работы дальномерного канала ЛТЛС дальнего действия рассмотрим на примере станции траекторных измерений типа «Юкон-М».
- *
- * В качестве дальномерного приемника – ФЭУ Хамаматца

- * В приемнике дальномерного канала в приемнике дальномерного канала в каждый момент времени формируется в приемной матрице 16×16 изображение части общего поля зрения $1,7^\circ \times 1,7^\circ$ размером 3×3 угл.мин., центр которого в данный момент облучается лазерным передатчиком и из приходящего отраженного светового сигнала формируется электрический импульс “СТОП”. На основании измерения времени запаздывания между зондирующим сигналом “СТАРТ” и отраженным сигналом “СТОП” вычисляется наклонная дальность до цели с учетом атмосферной и инструментальной погрешностей. Сам процесс измерения и вычисления дальности производится в измерителе временных
- * интервалов (ИВИ), который входит в состав устройства первичной обработки дальномерного канала. Работой ИВИ управляет микропроцессор дальномерного приемника. Информация о дальности в последовательном коде через интерфейс поступает через устройство последовательной передачи информации на блок вторичной обработки станции.
- * из приходящего отраженного светового сигнала формируется электрический импульс “СТОП”. На основании измерения времени запаздывания между зондирующим сигналом “СТАРТ” и отраженным сигналом “СТОП” вычисляется наклонная дальность до цели с учетом атмосферной и инструментальной погрешностей. Сам процесс измерения и вычисления дальности производится в измерителе временных
- * интервалов (ИВИ), который входит в состав устройства первичной обработки дальномерного канала. Работой ИВИ управляет микропроцессор дальномерного приемника. Информация о дальности в последовательном коде через интерфейс поступает через устройство последовательной передачи информации на блок вторичной обработки станции.