

# Измерение ВНГО

Тема лекции: Измерение ВНГО.

*Цель лекции:* изучить физические основы методов измерения нижней границы облачности, а также конструкцию приборов для измерения нижней границы облачности.

Вопросы лекции:

1. Самолетный, шаропилотный, визуальный методы измерения высоты нижней границы облаков.
2. Светолокационный метод измерения высоты нижней границы облаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Гончаров И.В., Коковин Н.С.* Методы и средства гидрометеорологических измерений. Конспект лекций. — СПб.: ВКА имени А.Ф.Можайского, 2016.
2. *Селивеев Н.Н.* Теоретические основы геофизических измерений: учебник. — М.:МО СССР, 1988.

# Измерение ВНГО

## 1. Самолетный, шаропилотный, визуальный методы измерения высоты нижней границы облаков.

Под термином «**высота нижней границы облачности**» принято понимать уровень конденсации водяного пара или трехмерный слой переменной оптической плотности с постепенным ухудшением видимости от легкого затуманивания до полной ее потери.

Высоту НГО можно определить:

- визуально,
- с помощью шара-пилота,
- с самолета (вертолета),
- путем выпуска облакомера (восходящего или сбрасываемого),
- регистратора,
- светолокатора.

## Измерение ВНГО

- ❑ !!!!!!!Визуальное определение высоты НГО разрешается лишь при отсутствии других возможностей и требует от наблюдателя большого опыта и определенных навыков.
- ❑ Высота НГО по шару-пилоту определяется как произведение вертикальной скорости шара-пилота на время его полета от момента выпуска до момента, когда шар-пилот начал "туманиться". Метод применим при бальности облачности не менее 70%. Точность низкая (не превышает 20%).
- ❑ Высоту НГО с самолета (вертолета) летчик отсчитывает по высотомеру в момент потери четкой видимости естественного горизонта (при этом наземные ориентиры просматриваются сквозь дымку). В темное время суток высота НГО на борту самолета (вертолета) определяется по моменту появления ореола вокруг аэронавигационных огней либо по исчезновению видимости световых ориентиров.
- ❑ При использовании облакомера высота НГО определяется по интервалу времени, прошедшего от момента выпуска облакомера до момента изменения сигнала при условии постоянства вертикальной скорости движения. Точность этого метода практически не превышает точность определения высоты НГО по шару-пилоту.

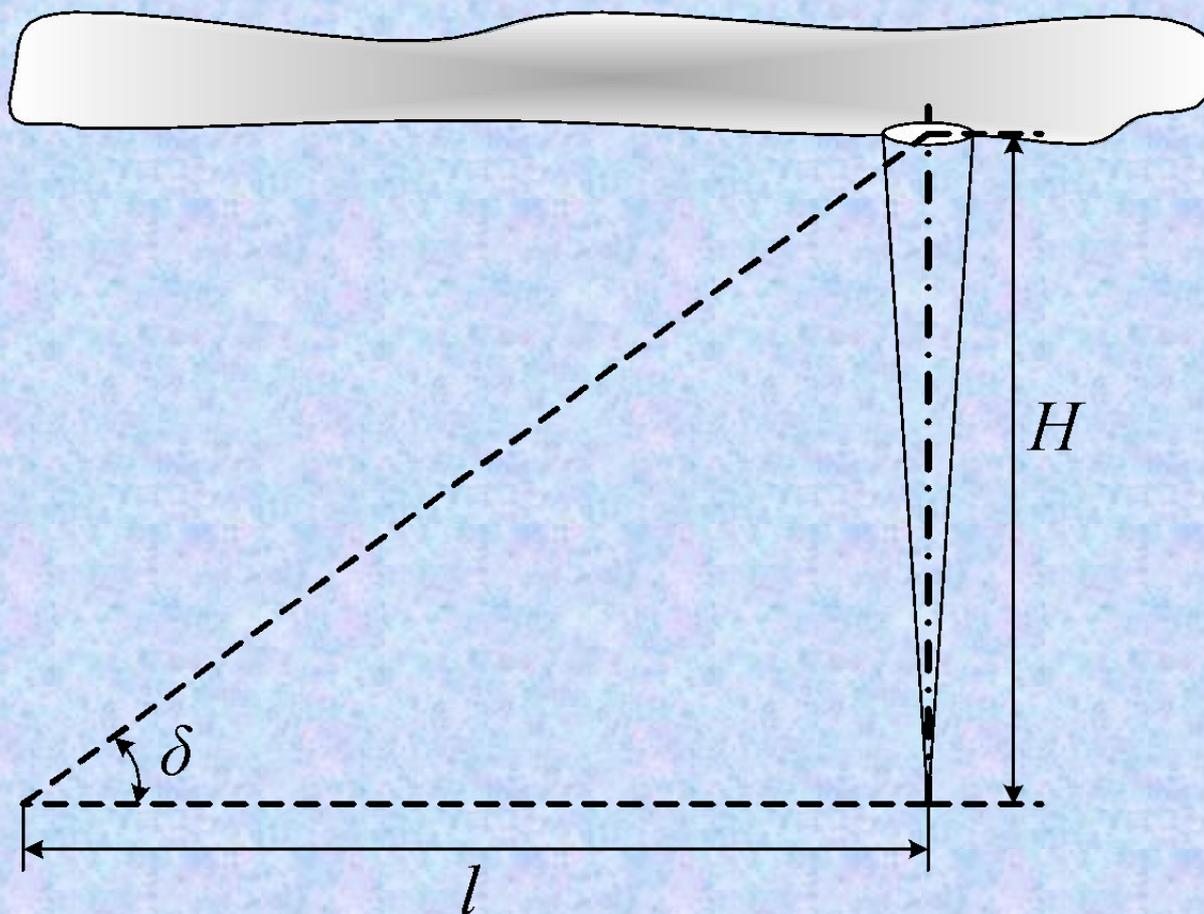
## Измерение ВНГО

Измерение высоты НГО в темное время суток может осуществляться потолочным прожектором и угломерным визиром (теодолитом). В этом случае вычисление высоты НГО сводится к решению геометрической задачи

$$H=l \operatorname{tg} \delta$$

где  $l$  – база между прожектором и теодолитом;

$\delta$  – угол места, под которым наблюдается пятно прожектора на нижней границе облака.



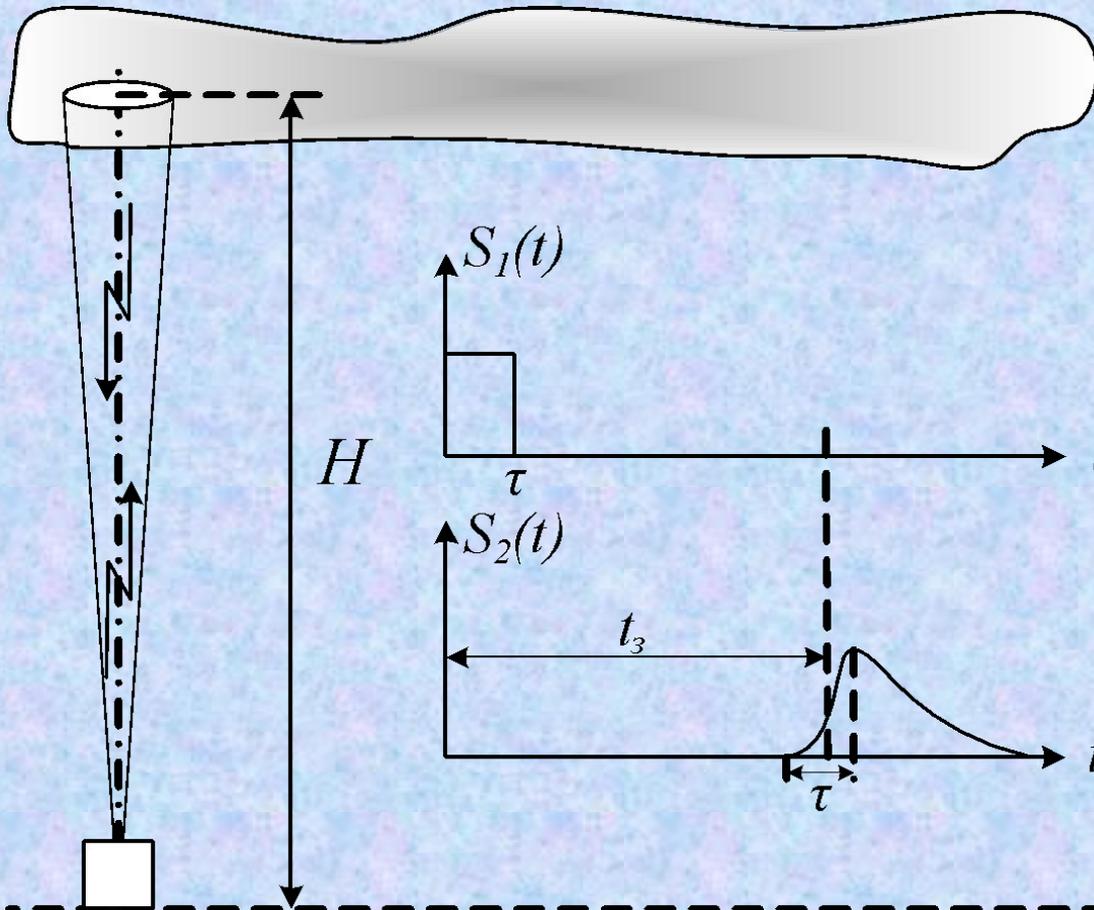
# Измерение ВНГО

## 2. Светолокационный метод измерения высоты НГО.

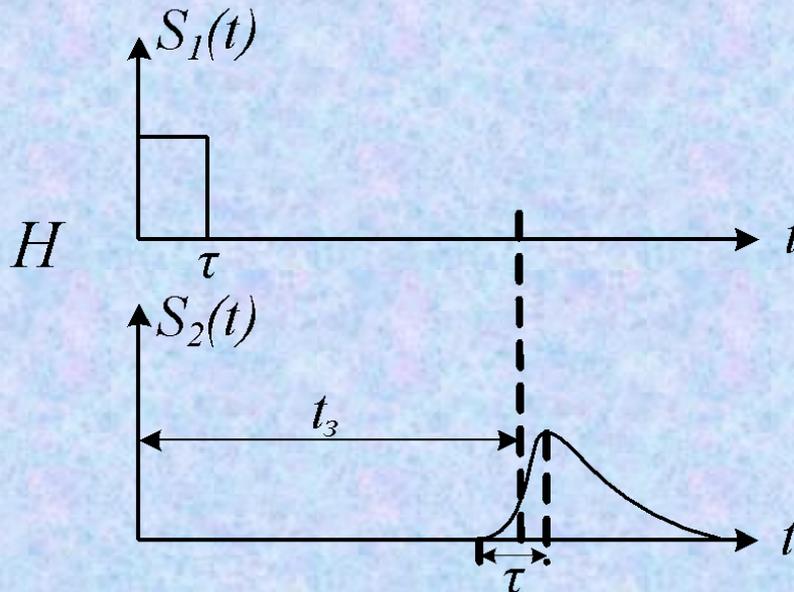
**Светолокационный метод** определения высоты НГО основан на измерении времени прохождения световым импульсом расстояния от излучателя до НГО и отраженного импульса света от НГО до приемника

$$H = ct_3 / 2$$

где  $c$  – скорость света;  $t_3$  – время прохождения светового импульса.



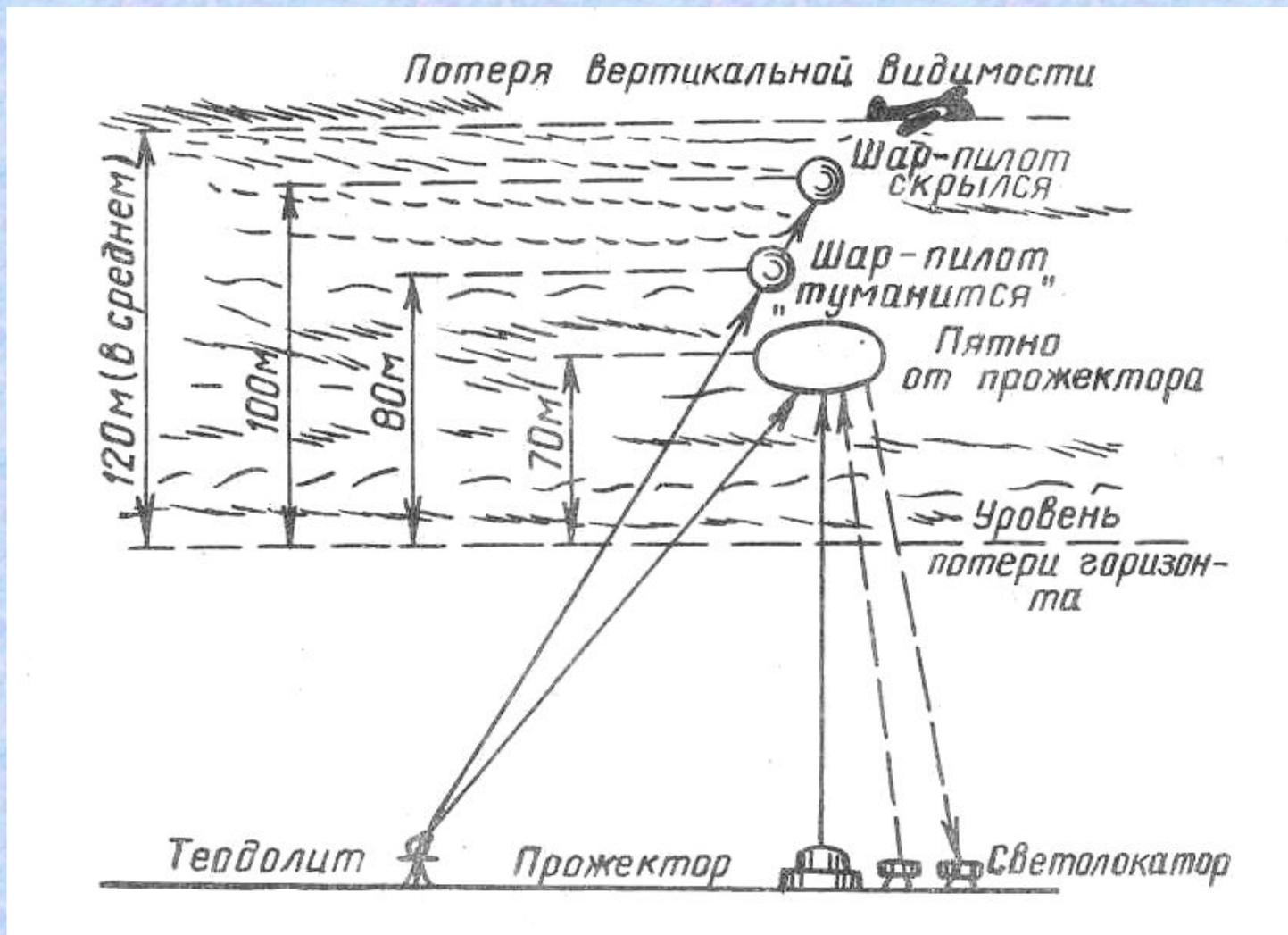
$S_1(t)$  – излученный световой импульс,  
 $S_2(t)$  – отраженный световой импульс



Наряду со светолокаторами применяются светолокационные регистраторы высоты НГО. Принцип работы этих регистраторов аналогичен принципу работы светолокаторов. Измерение и регистрация производится через 60, 30, 15, 3 мин или непрерывно. В них так же предусматривается

# Измерение ВНГО

Одновременное измерение высоты НГО разными методами приводит к неодинаковым результатам. Это объясняется спецификой методов и непрерывной эволюцией облачного слоя.



Для надежного измерения высоты НГО над аэродромом целесообразно применять сеть приборов, устанавливаемых на определенном расстоянии друг от друга.

# Измерение НГО

Облачный слой как объект отражения энергии электромагнитных колебаний (в данном случае светового диапазона) представляет собой объемную цель.

Попадая в освещенный объем, частицы облака начинают рассеивать электромагнитную энергию светового импульса интенсивностью  $I_0$  во все стороны. Согласно элементарной теории Релея, часть этой энергии отразится в обратном направлении, при этом интенсивность обратного рассеяния определяется выражением

$$I = \frac{BI_0}{H^2}$$

где  $B$  — функция рассеяния, зависящая от длины волны, диэлектрической проницаемости среды и числа частиц данного размера в единице объема;

$H$  — высота НГО.

В общем случае интенсивность обратного рассеяния световой энергии аэрозольной средой пропорциональна облученному объему.

# Измерение ВНГО

Точность измерения расстояния светолокационным методом определяется **разрешающей способностью** - минимальным расстоянием, на котором можно реально фиксировать два элементарно рассеивающих объекта вдоль трассы зондирования.

Если расстояние между объектами больше разрешающей способности по дальности, то они воспринимаются как разные, а если меньше, то они воспринимаются как одна цель

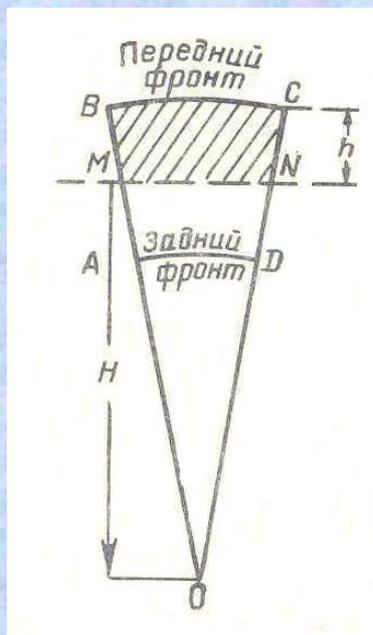
$$\delta R = ct/2$$

где  $t$  — длительность зондирующего импульса;

$\delta R$  — разрешающая способность по дальности.

При  $\delta R < ct/2$  объекты наблюдаются как одно целое, при  $\delta R > ct/2$  объекты наблюдаются раздельно.

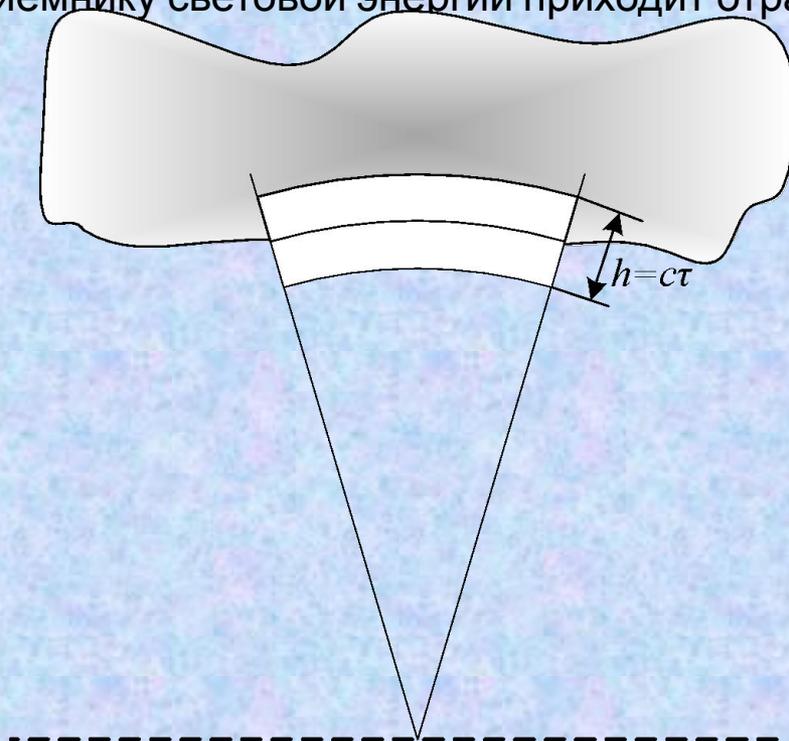
При каждом измерении будет допускаться погрешность, равная разрешающей способности по дальности.



# Измерение ВНГО

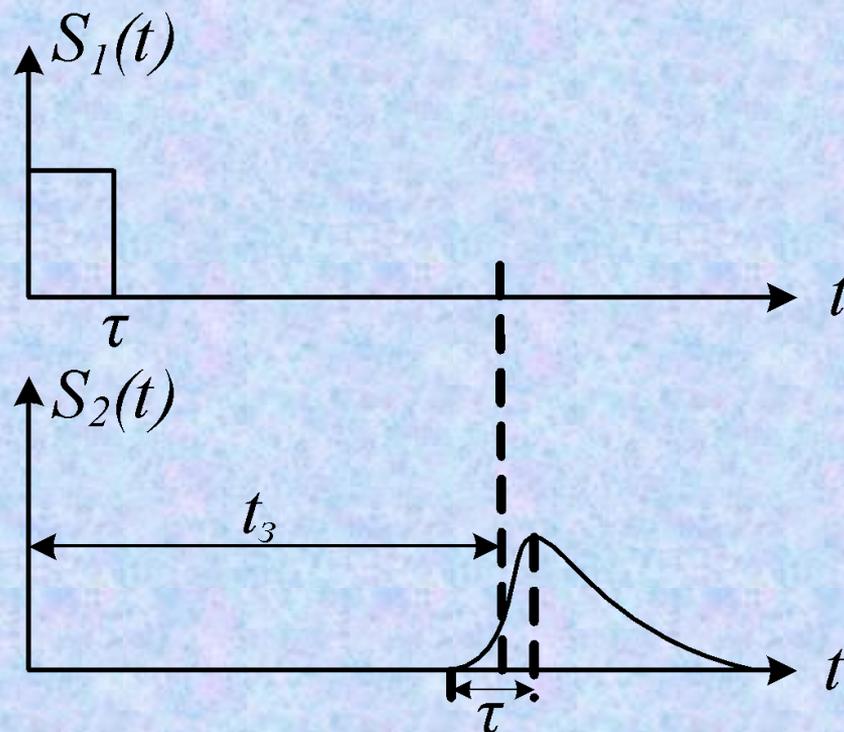
Пусть световой импульс, объем которого определяется диаграммой направленности и длительностью по расстоянию  $h=ct$ , погружен в облачную среду на половину своей длительности.

За время  $t/2$  задний фронт светового импульса, продолжая распространяться в заданном направлении, достигает облачных частиц на поверхности. За то же время передний фронт, отразившись от частиц, достигает раздела НГО. Таким образом, к приемнику световой энергии, т.е. к ФЭУ, задний фронт отраженного от линии раздела импульса придет одновременно с отражением от частиц, лежащих в глубине слоя на глубине  $h/2$ . На этом основании можно сделать заключение о том, что глубина облачного слоя, от которого к приемнику световой энергии приходит отраженное излучение, равна  $ct/2$



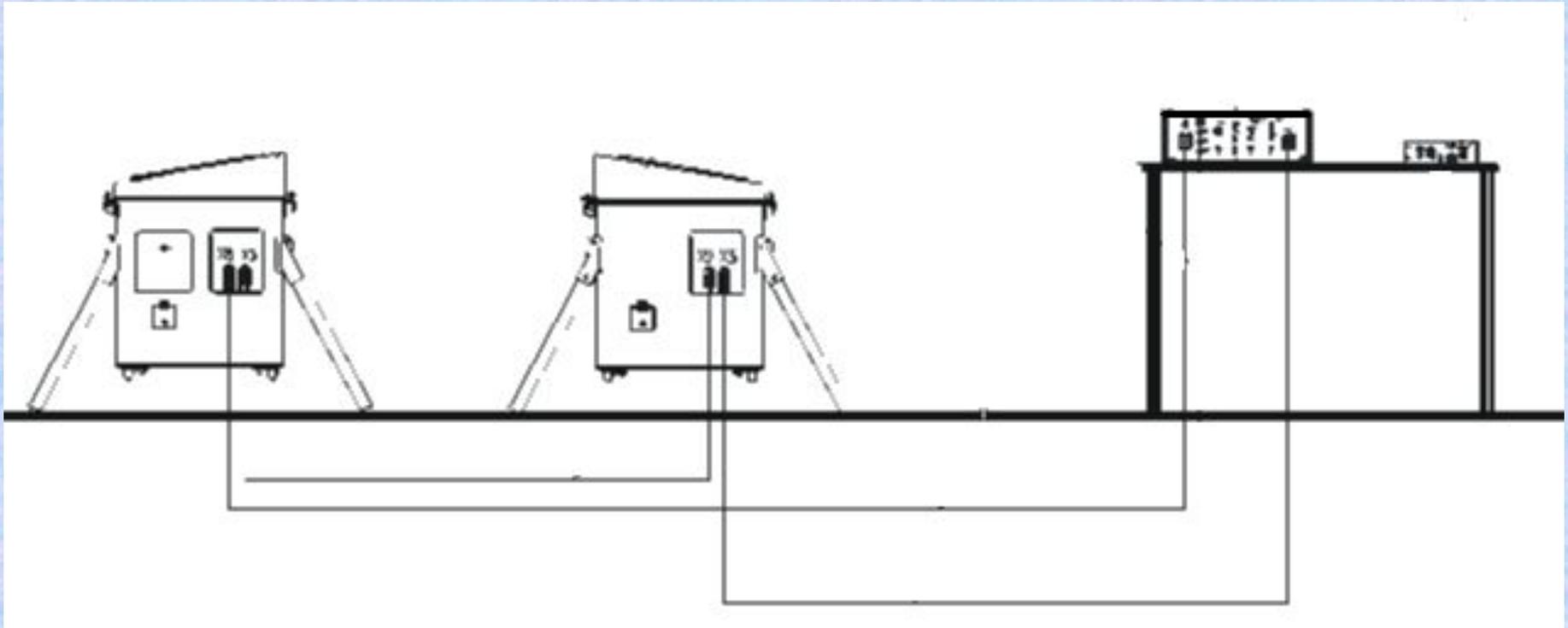
## Измерение ВНГО

Повысить точность измерения высоты НГО методом светолокации можно либо уменьшив длительность светового импульса и тем самым сократив разрешающую способность по дальности, либо произведя измерение расстояния не по максимуму отраженного сигнала, а по середине переднего фронта импульса, что соответствует погружению светового импульса в облачную среду на половину своей длительности.



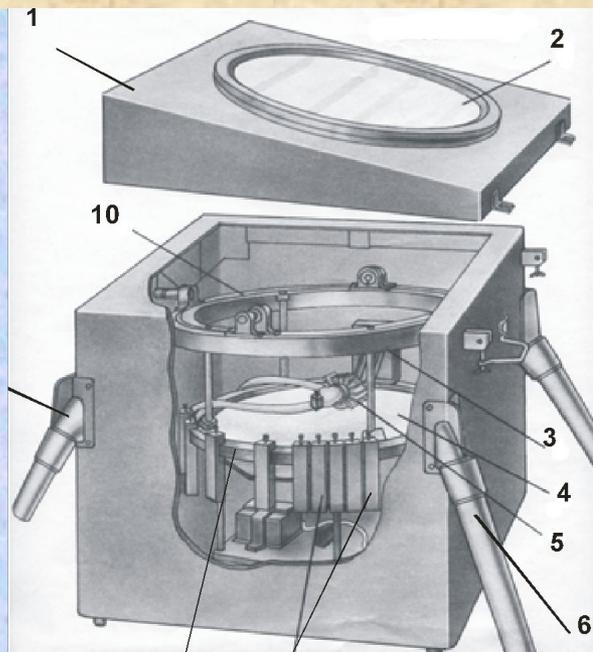
Первый способ реализован в датчиках высоты НГО, а также в измерителях, в которых используют оптические квантовые генераторы, вырабатывающие мощные световые импульсы малой длительности, второй — в светолокационных измерителях высоты НГО типа ИВО-1М и РВО-2.

# Измерение ВНГО



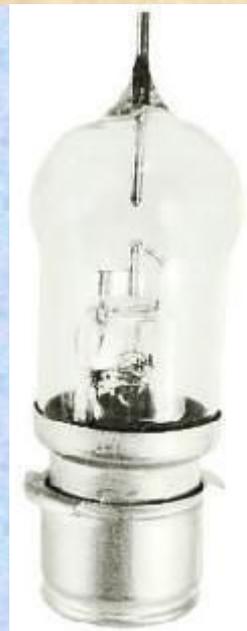
*Датчик высоты облаков ДВО-2*

# Измерение ВНГО

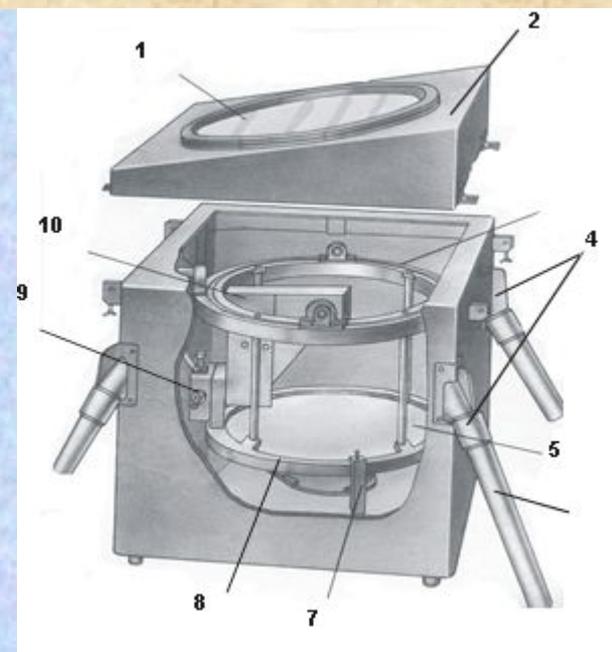


а) передатчик

- 1 – крышка передатчика
- 2 – защитное стекло
- 3 – юстировочно-фокусирующий механизм
- 4 – отражатель
- 5 – импульсная лампа
- 6 – трубчатая опора
- 7 – регулировочные грузики
- 8 – нижнее кольцо карданного подвеса
- 9 – гнездо под трубчатую опору
- 10 – карданный подвес
- 11 – блок накопления заряда

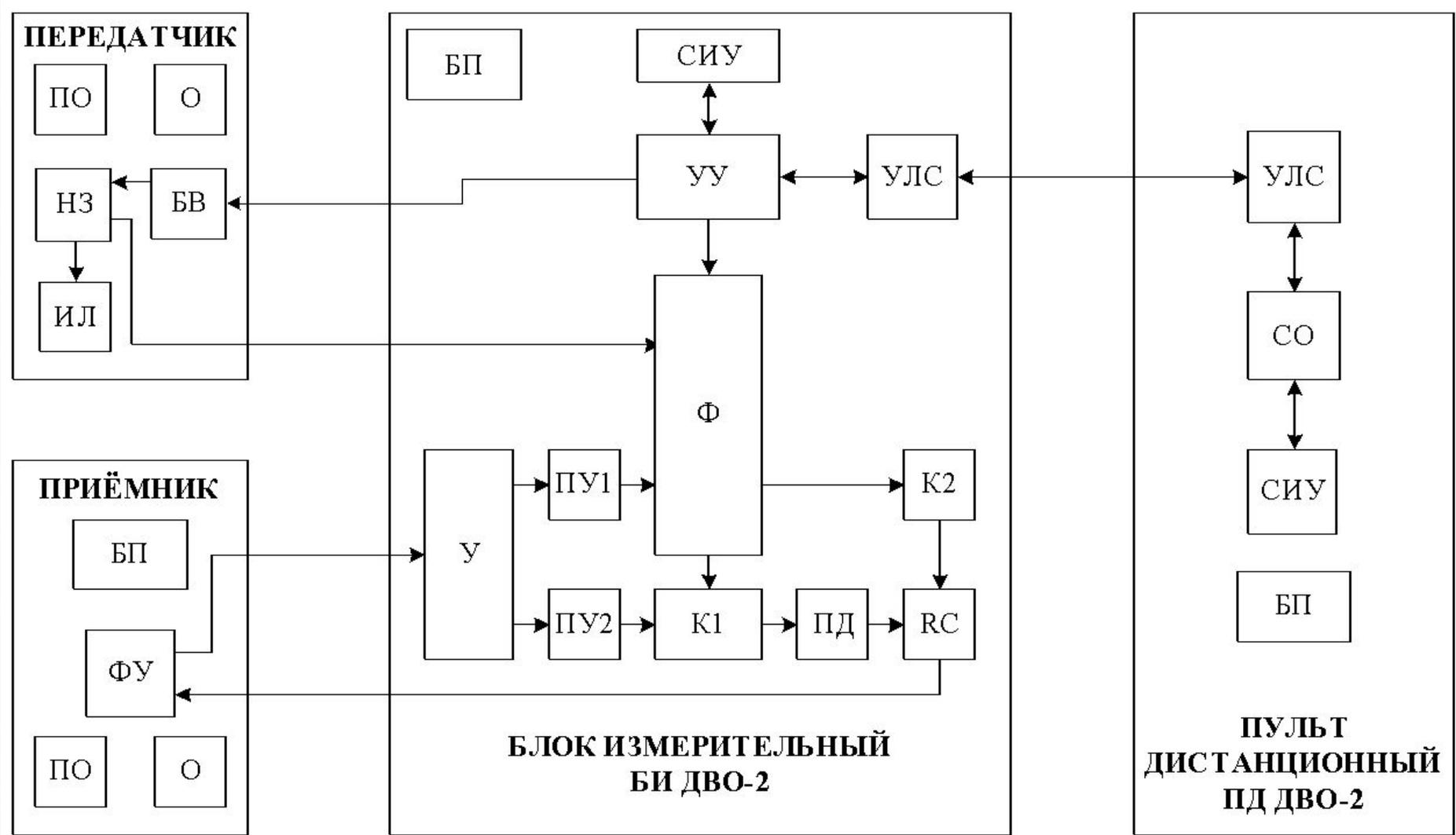


Импульсная лампа ИСШ-100-3  
б) приемник



- 1 – защитное стекло
- 2 – крышка передатчика
- 3 – карданный подвес
- 4 – гнездо под трубчатую опору
- 5 – отражатель
- 6 – трубчатая опора
- 7 – регулировочные грузики
- 8 – нижнее кольцо карданного подвеса
- 9 – юстировочно-фокусирующий механизм
- 10 – фотоусилитель

# Измерение ВНГО



Функциональная схема датчика высоты облаков ДВО-2

# Измерение ВНГО

БП – блок питания

БВ – высоковольтный блок

НЗ – накопитель заряда

УУ – управляющее устройство

ИЛ – импульсная лампа

Ф – формирователь временного интервала

ФУ – фото-усилитель

У – усилитель

ПУ1, ПУ2 – пороговые устройства

УЛС – усилитель линии связи

СИУ – схема индикации и управления

К1, К2 – ключи

РС – RC-фильтр

О – отражатель (зеркало)

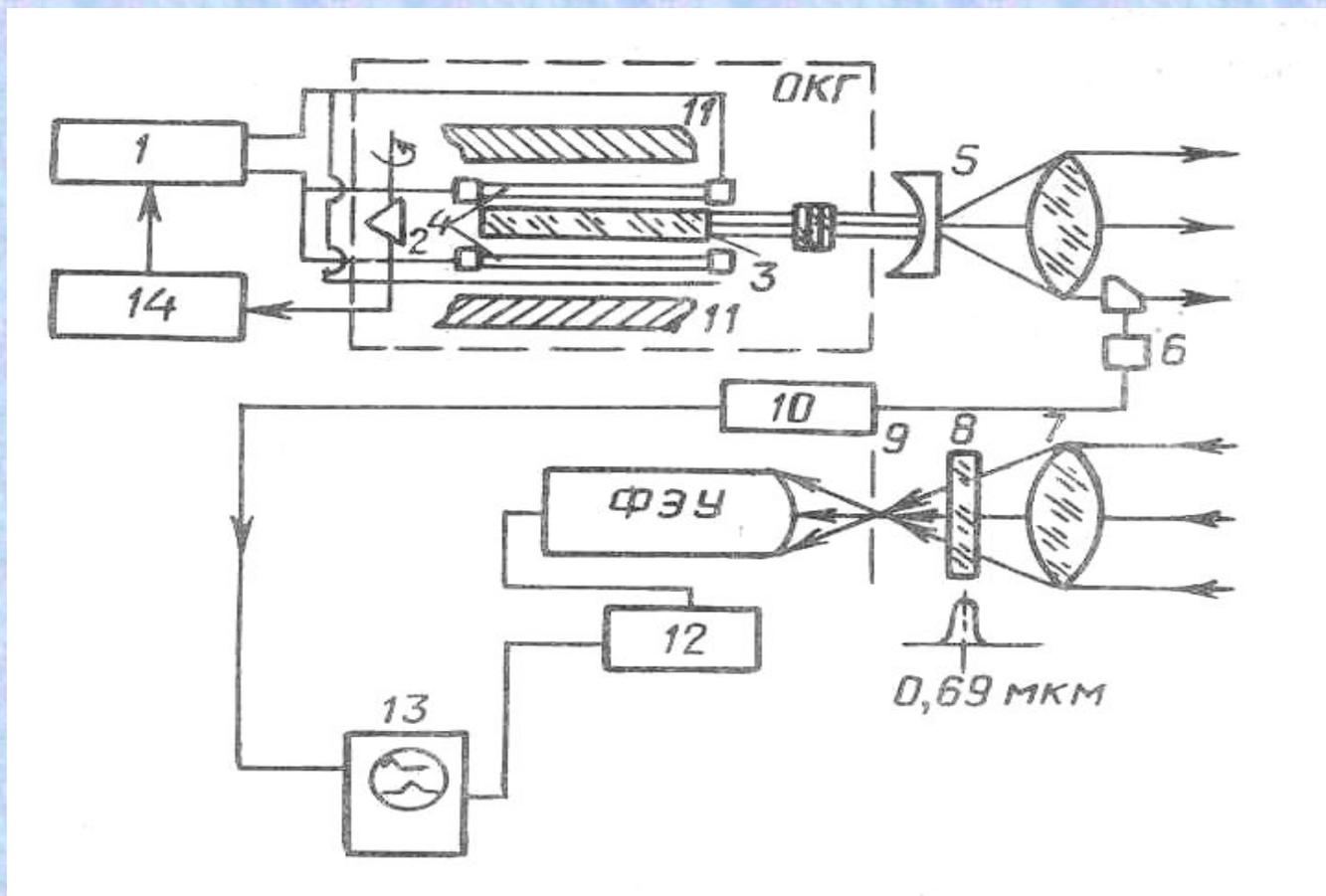
ПО – обогреватель

СО – согласующее устройство

# Измерение ВНГО

## Особенности измерения высоты НГО лазерными приборами

Для таких приборов источником мощного монохроматического узконаправленного импульса света служит оптический квантовый генератор (ОКГ).



**Структурная схема лазерного измерителя высоты НГО**

# Измерение ВНГО

## ***Вопросы для контроля:***

1. Какие факторы обуславливают ослабление излучения в атмосфере?
2. Что называется высотой нижней границы облачности?
3. Какие существуют методы измерения высоты нижней границы облачности?
4. Пояснить физические основы светолокационного метода измерения ВНГО.
5. Как определяется ВНГО при использовании шар-пилота?
6. Как определяется ВНГО при использовании светолокационного метода?
7. От чего зависит точность измерения ВНГО светолокационным методом?
8. Как можно повысить точность измерения ВНГО светолокационным методом?