

# Измерение МДВ

Тема лекции: Измерение МДВ.

*Цель лекции:* изучить физические основы методов измерения метеорологической дальности видимости (далее МДВ), а также конструкцию приборов для измерения МДВ.

Вопросы лекции:

1. Инструментально-визуальный метод измерения метеорологической дальности видимости.
2. Метод уравнивания электрических сигналов и метод обратного светорассеяния.

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. и др.* Теоретические основы геофизических измерений. М.: МО, 1988, с.213–216;
3. *Качурин Л. Г.* Методы метеорологических измерений. Л.: Гидрометиздат, 1985, с.306-313.

# Измерение МДВ

Тема лекции: Измерение МДВ.

Видимость наряду с высотой облаков является тем важнейшим элементом, по которому устанавливается минимум метеоусловий, позволяющих производить взлет и посадку.

Видимость в атмосфере представляет собой сложное психофизическое явление, обусловленное, главным образом, ослаблением светового потока частицами воздуха, а также жидкими и твердыми частицами, находящимися в атмосфере во взвешенном состоянии.

## Измерение МДВ

# Внимание!!!

Понятие «**видимость**» широко применяется в метеорологии в **двух** совершенно определенных значениях.

Во-первых, это одна из метеовеличин, характеризующая оптическое состояние атмосферы. *Используется при инструментальных измерениях.*

Во вторых, это оперативный параметр, соответствующий определенным критериям или специальным применениям. В этом случае видимость выражается в виде расстояния, на котором видны конкретные маркеры или огни. *Используется при визуальных измерениях.*

Существуют следующие характеристики, определяющие дальность видимости:

- метеорологическая дальность видимости (МДВ),
- метеорологическая оптическая дальность (МОД),
- дальность видимости на взлетной посадочной полосе ВПП.



# Измерение МДВ

Тема лекции: Измерение МДВ.

Руководство по авиационной метеорологии. (Изд-во: ИС



2.3.9.1 Видимость может быть определена в результате наблюдения человеком или измерена с помощью приборов. К понятию видимости для авиационных целей применимо следующее определение:

Видимость для авиационных целей представляет собой наибольшую из следующих величин:

- a) наибольшее расстояние, на котором можно различить и опознать черный объект приемлемых размеров, расположенный вблизи земли, при его наблюдении на светлом фоне;
- b) наибольшее расстояние, на котором можно различить и опознать огни силой света около 1000 кд на неосвещенном фоне.

# Измерение МДВ

## *Определения.*

**РУКОВОДСТВО ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ НА ВПП (RVR).** Изд-во: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ)

2.1 метеорологическая дальность видимости МДВ:

В дневное время определяется как наибольшее расстояние, на котором черный объект, имеющий подходящие размеры и находящийся у поверхности земли, можно увидеть и распознать при наблюдении на фоне рассеивающей среды: тумана, неба и т.д. ....

Метеорологическая дальность видимости в ночное время определяется как:

- а) наибольшее расстояние, на котором можно видеть и распознать черный объект необходимых размеров, повысив общую освещенность до уровня дневной освещенности, или
- б) наибольшее расстояние, на котором можно увидеть и распознать источники света умеренной силы.

2.11 метеорологическая оптическая дальность MOR: Длина пути в атмосфере, создающая ослабление светового потока от лампы накаливания при дневной температуре 2700 К до 0,05 его первоначального значения; при этом световой поток оценивается по функции фотометрической яркости, которая определена Международной светотехнической комиссией (метр [м] или километр [км]).

# Измерение МДВ

## 1. Инструментально-визуальный метод измерения метеорологической дальности видимости.

**Метеорологическая дальность видимости является одной из важнейших метеорологических величин, оказывающих существенное влияние на решение многих военно-прикладных задач.**

Методы измерения метеорологической дальности видимости подразделяются на:

- визуальные (с использованием схем дневных или ночных ориентиров видимости);
- визуально-инструментальные;
- инструментальные.

**Визуально** видимость можно оценивать при отсутствии соответствующих приборов, когда наблюдатель достаточно опытный.

**Инструментально** видимость измеряется с помощью приборов, которые в своем составе имеют источник света и его приемник.



## Измерение МДВ

В инструментальных методах используется понятие **прозрачность атмосферы**.

---

*Чем прозрачнее атмосфера, тем меньше ослабляется проходящий сквозь нее световой поток за счет рассеяния и поглощения.*

---

Основной характеристикой прозрачности атмосферы является **коэффициент прозрачности** (отнесенный к единице расстояния), который показывает, какая доля направленного светового потока проходит через слой, толщиной  $l$ .

$$p^l = \frac{I_l}{I_0}$$

где  $I_l$  — начальная интенсивность светового потока;

$I_0$  — интенсивность светового потока после прохождения слоя толщиной  $l$ .

Ослабление светового потока в атмосфере характеризуется коэффициентом ослабления.

# Измерение МДВ

## Параметры влияющие на дальности

### видимости

Установлено, что дальность видимости зависит от большого числа факторов, основными из которых являются:

- 1) **оптические свойства атмосферы**, определяющие, с одной стороны, ослабление светового потока, идущего от объекта и фона к глазу наблюдателя, и, с другой стороны, интенсивность того рассеянного света, который поступает в глаз наблюдателя от слоев воздуха, расположенных между объектом и наблюдателем, и который создает так называемую воздушную дымку;
- 2) **свойства визируемого объекта** — его угловые размеры, форма, цвет и в особенности его фотометрические характеристики (коэффициент отражения и др.);
- 3) **свойства фона, на котором рассматривается объект** — его яркость, цвет, отражательная способность и др.;
- 4) **условия освещения объекта и фона;**
- 5) **свойства того аппарата, с помощью которого ведется наблюдение** — оптические характеристики прибора, а в особенности, свойства зрения наблюдателя (чувствительность глаза к восприятию яркости, цвета,



## Измерение МДВ

Основную роль в ухудшении видимости играет **атмосферная дымка** и естественный предел способности человеческого глаза видеть предметы. Эта способность глаза называется **порогом контрастной чувствительности**  $\underline{\varepsilon}$ . Он выражается числом, определяющим, насколько должен отличаться по яркости предмет от фона, чтобы перестать быть видимым.  $\varepsilon \approx 0,02 - 0,03$ .

Существенное значение для дальности видимости предметов имеют их **угловые размеры**  $\underline{\omega}$  и **характер контура**. Оптимальным является значение  $\omega = 0,5^\circ$ . Плавные контуры обнаруживаются лучше зазубренных.

# Измерение МДВ

Различают дальность видимости **обнаружения, узнавания** и **исчезновения**.

- в первом случае объект обнаруживается в виде пятна,
- во втором — узнается характер объекта,
- в третьем, сливаясь с фоном, объект перестает быть видимым.

Наибольшей является дальность исчезновения, наименьшей — дальность узнавания.

При метеорологическом обеспечении авиации большое значение имеет видимость как дальность узнавания.

## Измерение МДВ

**Метеорологическая дальность видимости  $S_M$**  равна расстоянию, на котором под воздействием атмосферной дымки в светлое время суток контраст абсолютно черной поверхности, проектирующейся на фоне дымки и имеющей угловые размеры  $\omega$  не менее  $0,5^\circ$ , принимает пороговое значение  $\varepsilon = 0,02$ .

$$S_M = \frac{\ln \varepsilon}{\ln p}$$

где  $p$  — коэффициент прозрачности, отнесенный к единице расстояния.



# Измерение МДВ

В темное время суток МДВ связана с видимостью точечных огней. В этом случае МДВ будет зависеть от

- прозрачности атмосферы,
- интенсивности источников света,
- характера источников (одиночные, групповые, постоянные или мигающие)
- световой чувствительности глаза.

При метеорологическом обеспечении полетов авиации требуется определение *горизонтальной, наклонной и вертикальной* дальности видимости.

***Горизонтальная дальность видимости*** — дальность видимости в горизонтальном направлении.

***Наклонная дальность видимости*** — дальность видимости земли с высоты полета под углом  $3 - 5^\circ$  к горизонту. Знание наклонной дальности видимости особенно важно на этапе захода воздушного судна на посадку при полете по глиссаде снижения.

***Вертикальная дальность видимости*** — дальность видимости в вертикальном направлении.

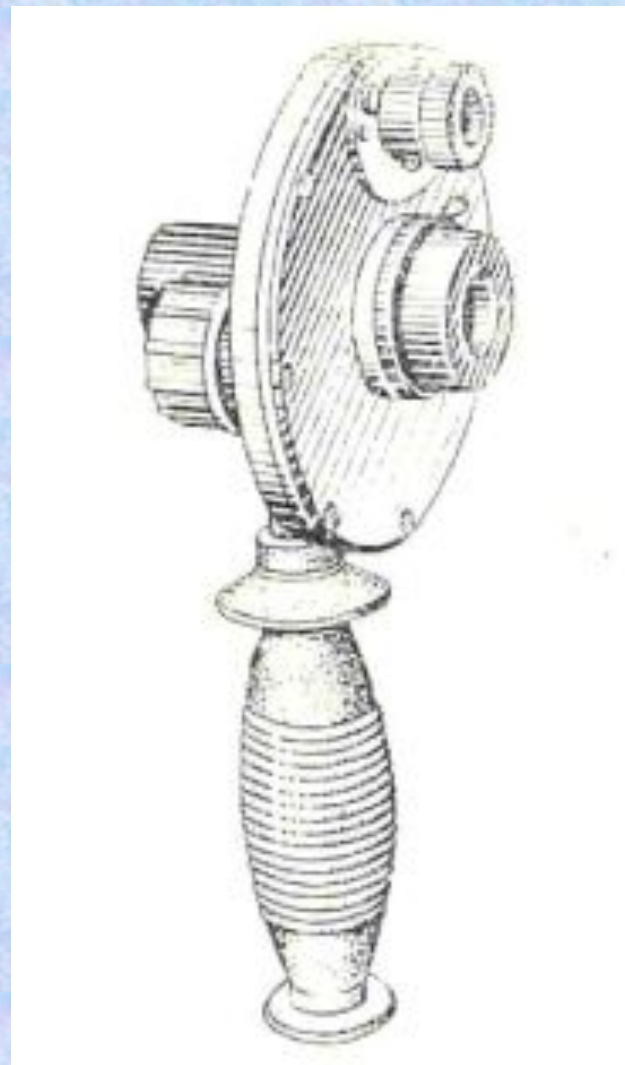
# Измерение МДВ

## Инструментально-визуальный метод

Инструментально-визуальный метод практически реализован в поляризационном измерителе М-53А, предназначенном для определения МДВ в полевых условиях

Прибор входит в состав подвижных метеорологических станций ПМС-70 и ПМС-72.

Действие прибора основано на оптическом раздвоении изображения наблюдаемых объектов с последующим приведением к равенству яркости этих изображений (метод фотометрирования) или с последующим гашением одного из них поворотом поляроида (метод гашения). Зная угол поворота поляроида и расстояние до наблюдаемого объекта, по таблицам или по формуле, которая приведена в описании прибора, определяют значение МДВ.



# Измерение МДВ

**Вопрос 2. Метод уравнивания электрических сигналов и метод обратного светорассеяния.**

**Основное уравнение для определения MOR**

**Закон Кошмидера** для определения метеорологической оптической дальности (MOR) основан на уравнении, вытекающем из **закона Бугера–Ламберта**

$$F = F_0 \cdot e^{-\sigma l} \quad (1)$$

где  $F$  – световой поток, принимаемый после прохождения в атмосфере пути длиной  $l$ ,

$F_0$  – поток при длине  $l = 0$ ;

$\sigma$  – показатель ослабления.

Следует учитывать, что этот закон действителен только для монохроматического света, однако может приниматься с хорошей аппроксимацией и для некогерентного потока света.

Из определения коэффициента пропускания  $\tau$  следует

$$\tau = F / F_0 \quad (2)$$

Из (1) и (2):

$$\tau = e^{-\sigma l} \quad (3)$$



## Измерение МДВ

Поскольку за метеорологическую оптическую дальность принимается длина пути светового луча в атмосфере, на котором световой поток ослабляется до 0,05, уравнение (3) преобразуется в математическое соотношение MOR и показателя ослабления  $\sigma$ :

$$\mathbf{MOR = (1/\sigma) \ln(1/0,05) = 1/\sigma} \quad (4)$$

Полученная из уравнений (1) и (4) формула Кошмидера является основной для вычисления метеорологической оптической дальности (MOR) с учетом принятого значения порога контрастной чувствительности глаза, равного 0,05, по измеренному коэффициенту пропускания  $\tau$  для длины пути измерительного луча в атмосфере  $l$ .

$$\mathbf{MOR = l \cdot \ln(0,05)/\ln(\tau)} \quad (5)$$

Таким образом, определение метеорологической оптической дальности производится через непосредственное измерение коэффициента пропускания на измерительной базе ( $\tau$ ) или показателя ослабления ( $\sigma$ ).

## Измерение МДВ

При определении видимости (дальности видимости на ВПП) инструментально обычно применяются **трансмиссометры**, измеряющие коэффициент пропускания атмосферы, или **измерители прямого рассеяния (нефелометры)**, определяющие показатель ослабления атмосферы.

С помощью **трансмиссометра** производятся измерения среднего значения коэффициента пропускания в горизонтальном цилиндре воздуха между *передатчиком*, который является источником модулированного светового потока постоянной средней мощности, и *приемником*, включающим в себя фотодетектор (обычно это фотодиод, помещенный в фокальной точке параболического зеркала или линз).

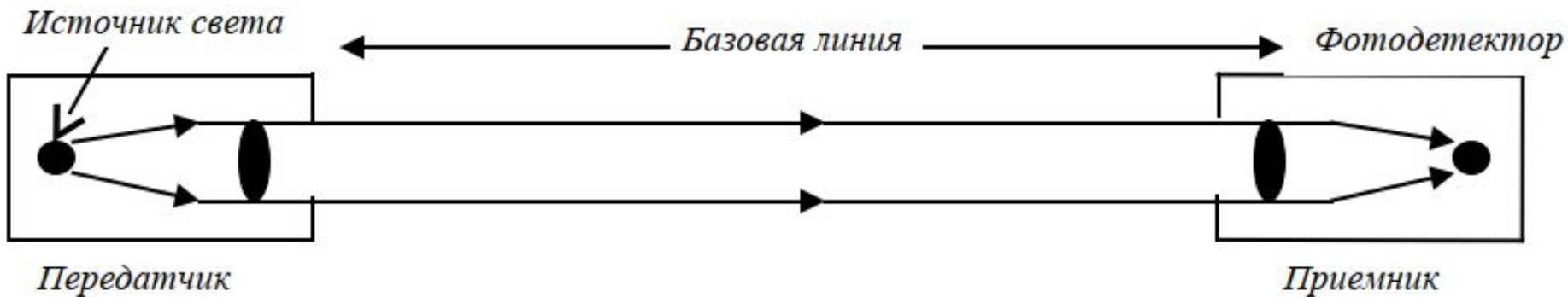
Модулирование источника света увеличивает устойчивость к помехам, создаваемым солнечным светом.

Существуют два типа трансмиссометров:

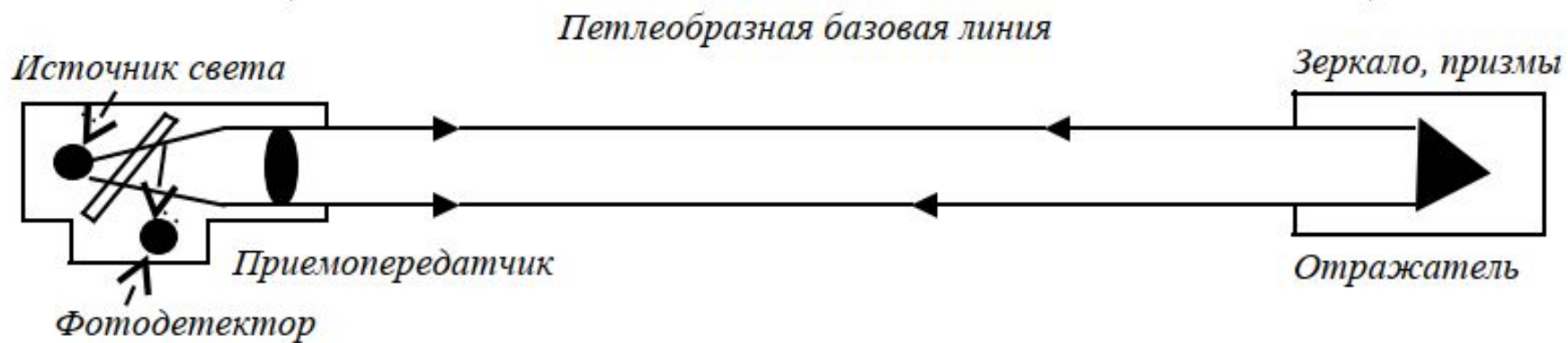
а) трансмиссометры двухконечные, которые состоят из передатчика и приемника, установленные в разных блоках на расстоянии, равном длине измерительной базы  $l$ .

б) трансмиссометры одноконечные, в которых передатчик и приемник совмещены в одном блоке, а излучаемый передатчиком луч отражается зеркалом или призмным отражателем, находящимся на определенном расстоянии, равном половине измерительной базы (световой измерительный луч проходит расстояние до отражателя и обратно).

# Измерение МДВ



трансмиссометр  
двухконечный



трансмиссометр  
одноконечный

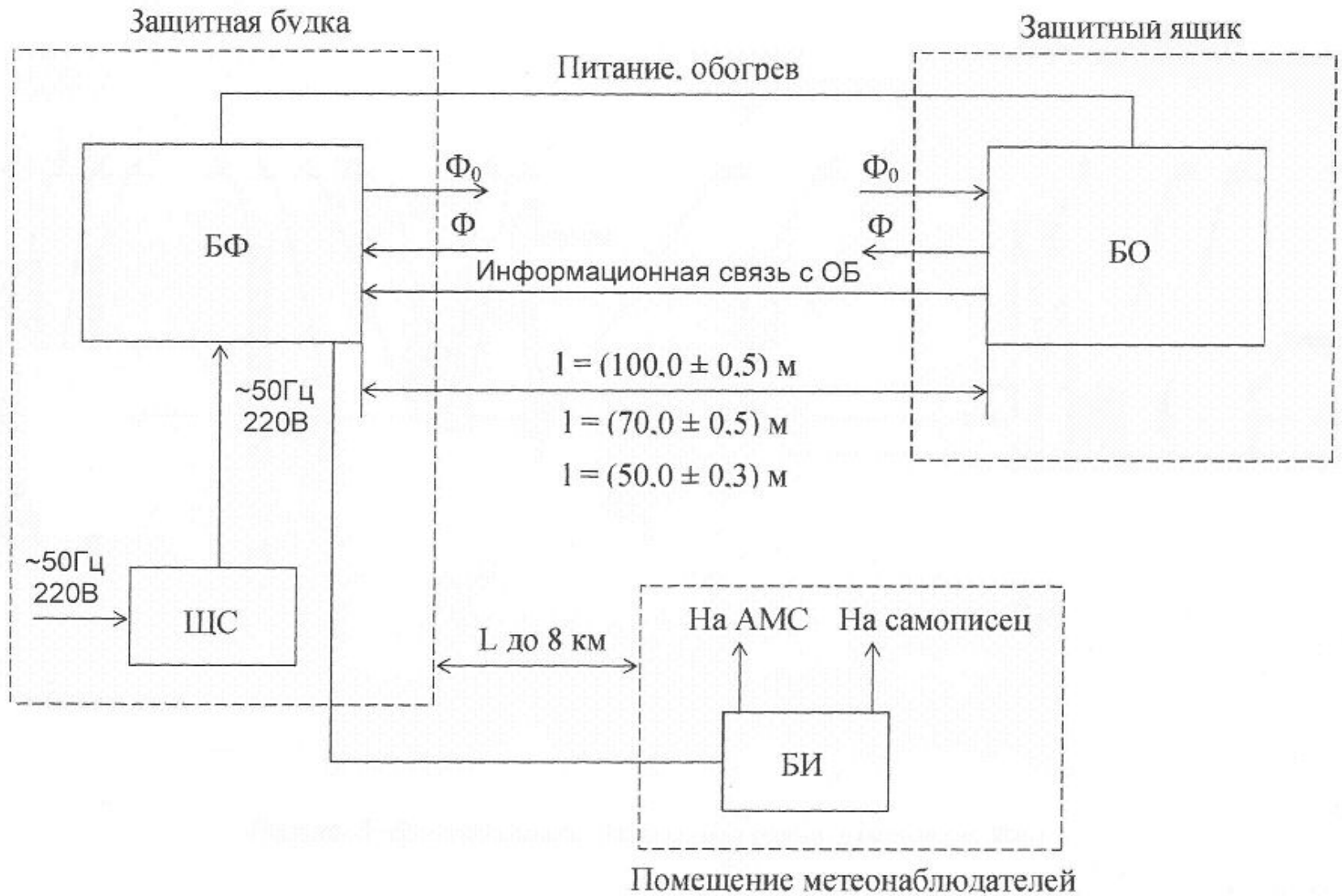


# Измерение МДВ



*Фотометр импульсный  
ФИ-3*

# Измерение МДВ



Структурная схема  
ФИ-3

# Измерение МДВ

## Метод обратного светорассеяния

При распространении электромагнитного излучения в атмосфере его ослабление происходит за счет поглощения и рассеяния. Однако в видимом диапазоне спектра доминирующую роль играет рассеяние. Коэффициент рассеяния при этом определяется под разными углами по отношению к направлению распространения излучения

$$\alpha_p = 2\pi \int_0^{\pi} f(\varphi) \sin \varphi d\varphi$$

где  $f(\varphi)$  — коэффициент рассеяния среды в направлении  $\varphi$ .



Внешний вид нефелометра  
FD12P



# Измерение МДВ

