

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 ω 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.

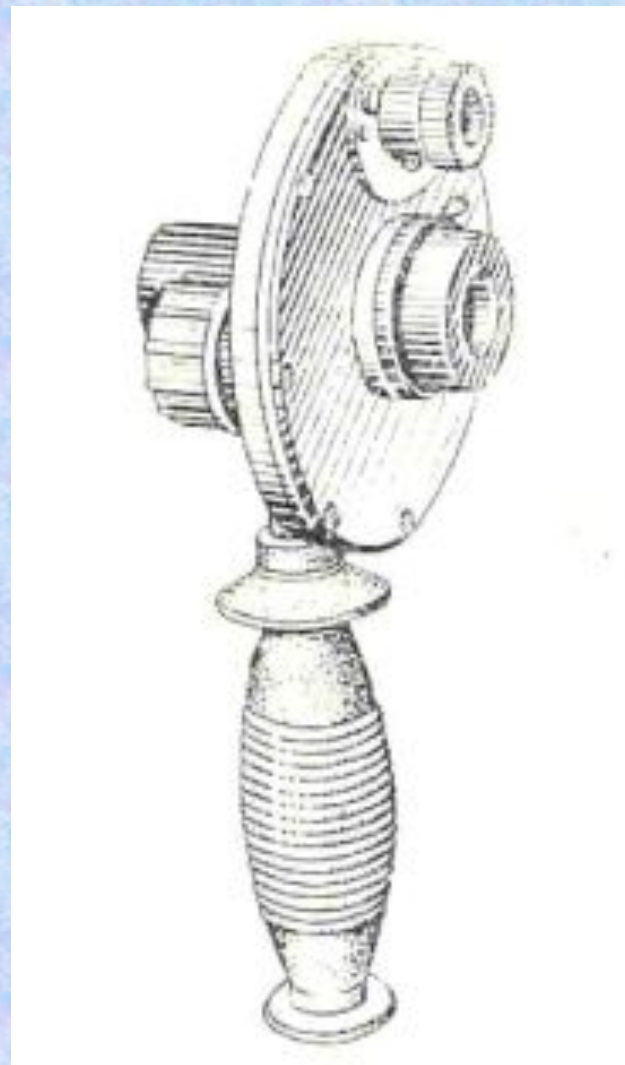
Измерение МДВ

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 $l = 0$;

σ – 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 τ 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 σ :

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

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 τ 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 (τ) или показателя ослабления (σ).

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).

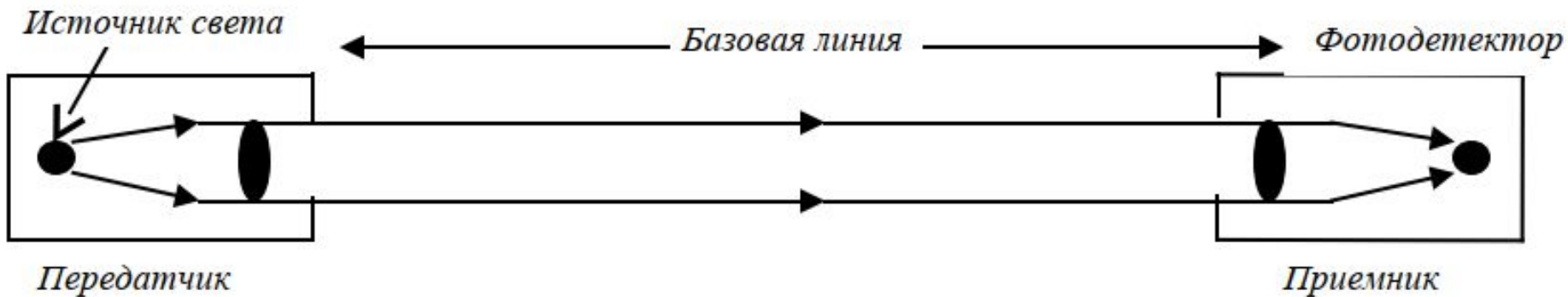
Модулирование источника света увеличивает устойчивость к помехам, создаваемым солнечным светом.

Существуют два типа трансмиссометров:

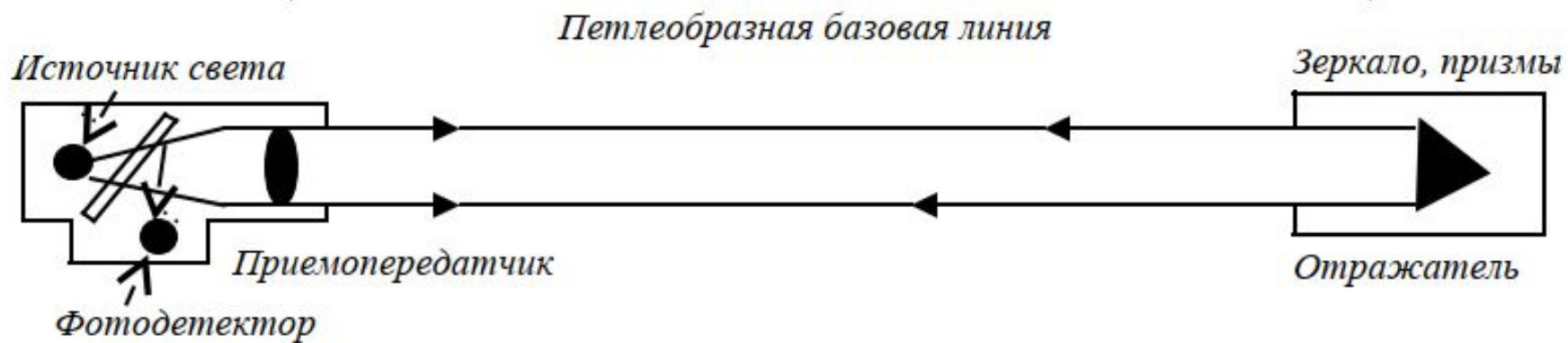
а) трансмиссометры двухконечные, которые состоят из передатчика и приемника, установленные в разных блоках на расстоянии, равном длине измерительной базы l .

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



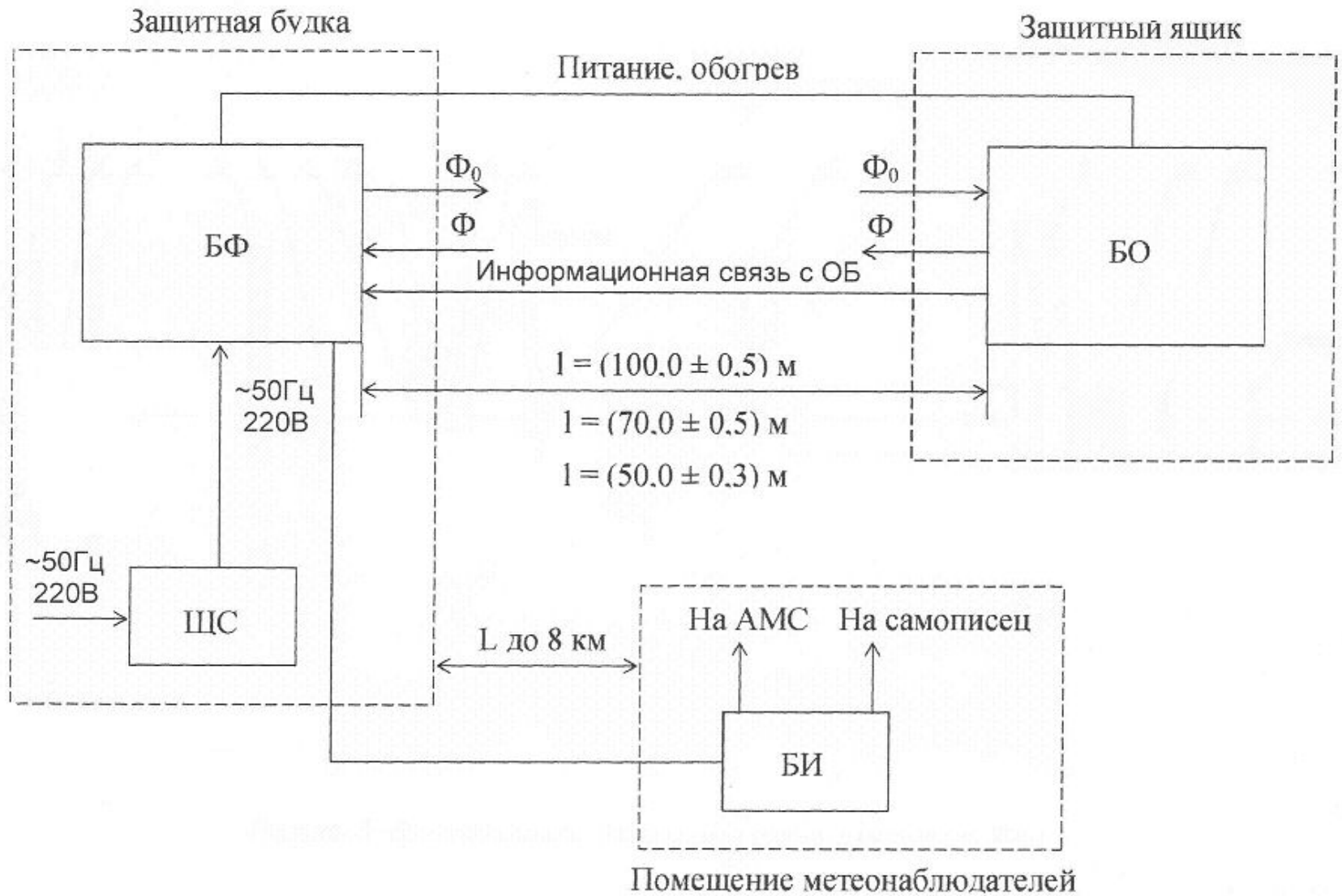
трансмиссометр
одноконечный

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 φ .



Внешний вид нефелометра
FD12P

Измерение МДВ

